Библиотека СОК

Институт устойчивого развития
Общественной палаты РФ
Центр экологической политики России
Российская инженерная академия

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА
ВЫМЫСЛЫ И ФАКТЫ
ОТВЕТЫ НА 100 ВОПРОСОВ

П.П. Безруких,
П.П. Безруких (младший)

Ответственный редактор
В.М. Захаров

Москва
2011

УДК 620.9
ББК 31
Б40

При реализации проекта используются средства государственной поддержки, выделенные в качестве гранта в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации от 8 мая 2010 года № 300-рп

Б40 Безруких П.П., Безруких П.П. (младший). Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. — М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. — 74 с.

ISBN 5-88305-060-3

УДК 620.9
ББК 31

ISBN 5-88305-060-3

© Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ, 2011
© Центр экологической политики России, 2011
© Безруких П.П., Безруких П.П. (младший), 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие **9**

Ветроэнергетика и энергетика **11**

1. Что такое ветер? 11
2. Какими приборами измеряется скорость и направление ветра? 12
3. Что такое ветроустановка и как она работает? 12
4. Какие характеристики ветра нужно знать, чтобы соорудить ветроустановку? 14
5. Откуда берется информация для ветроэнергетического кадастра? 14
6. Почему ветроустановки имеют разное количество лопастей? 14
7. Что такое «апвинд» и «даунвинд» ветроустановки? 15
8. Какова мощность ветроустановок? 15
9. От чего зависит мощность ветроустановок? 16
10. Можно ли регулировать мощность ветроустановок? 16
11. От чего зависит коэффициент использования энергии ветра? Каково его наибольшее значение? 17
12. В каком диапазоне скоростей ветра работает ветроустановка? 17
13. Почему при скорости ветра более 25 м/с ветроустановка останавливается? 18
14. Сколько электроэнергии может выработать ветроустановка? 18
15. Сколько домовладений может обеспечить электроэнергией ветроустановка мощностью 1000 кВт (1 МВт)? 19
16. Что такое ветростанция? 19
17. Какие бывают ветростанции? 19
18. Как долго строятся ветростанции? 20
19. Что такое коэффициент использования установленной мощности ($К_{иум}$)? Говорят, он очень мал у ветроустановок 20

20. Если коэффициент использования установленной мощности равен 0,25, значит ли это, что ветроустановка вращается лишь четвертую часть года? 21
21. Что такое коэффициент готовности ветроустановки? 21
22. Что такое «классы местности» в ветроэнергетике? 21
23. Какие в России построены ветростанции и как они работают? 22
24. Какая основная трудность в работе наших ветростанций? 22
25. Какой реальный вклад существующих ветростанций в России? 24
26. Какие реальные возможности ветроэнергетики России? 24
27. Какие субъекты РФ могли бы рассчитывать на существенное участие ветроэнергетики в покрытии своих энергетических нужд? 24
28. Что нужно сделать с технической точки зрения, чтобы облегчить интеграцию ветровой энергии в энергосистему? ..25
29. В чем главная трудность присоединения ветростанций к энергосистеме? 25
30. Как выбирается площадка для строительства ветростанций? 26
31. В каких наиболее подготовленных районах и, какие мощности ветростанции можно было бы построить в России до 2020 года? 26
32. Какова ситуация с ветроэнергетикой в мире? 28
33. Какие страны являются лидерами по установленной мощности ветростанций? 28
34. Что можно сказать о перспективе развития ветроэнергетики в мире? 29
35. Какова доля ветроэнергетики в потреблении электроэнергии в странах мира? 29
36. Какова доля ветроэнергетики в потреблении электроэнергии в Европейском Союзе (EU-27)? 30
37. Что такое срок энергетической окупаемости? 30
38. Если ветростанция не может выдать установленную на ней мощность в любое время, значит, ее надо резервировать на 100%. Тогда зачем же ее строить? 31

39. Что можно сказать о качестве электроэнергии от ветростанций? Говорят, оно не соответствует стандартам 32
40. Каков срок службы ветроустановки? 33
41. Какие фирмы лидируют в производстве ветроустановок? 33
42. Говорят, что ветроэнергетика является высокотехнологичной отраслью. Так ли это? 33
43. Сколько рабочих мест дает ветроэнергетика? 34
44. Какова единичная мощность ветроустановки? 34
45. Можно ли покупать ветростанции, бывшие в употреблении? 35
46. Какими темпами развивается ветроэнергетическая промышленность за рубежом? 35
47. Есть ли примеры длительной работы ветроустановок? 36
48. Как часто необходимо проводить техническое обслуживание ветроустановок? 36
49. Какова степень автоматизации ветроустановок? 37
50. Защищены ли ветроустановки от удара молнии? 37
51. Правда ли, что в Европе ввод мощностей ветроустановок опережает ввод мощностей других электростанций. Так ли это? 37
52. Как давно используется энергия ветра человеком? 38

Ветроэнергетика и окружающая среда 39

53. В чем заключаются экологические преимущества ветроэнергетики? 39
54. Как обстоят дела с предотвращением эмиссии CO_2 за счет ветроэнергетики в Европе? 40
55. Что означает термин «лайф-цикл эмиссии»? 41
56. Какие цели ставит ветроэнергетика Европы по снижению эмиссии CO_2? 41
57. Есть ли отрицательное воздействие ветростанций на окружающую среду? 42
58. Что такое вторжение в ландшафт? 42
59. Говорят, ветроэнергетика погубит птиц и летучих мышей. Так ли это? 42
60. Как оценивается опасность ветроустановок для человека? 43

61. Насколько шумны ветроустановки? 44
62. Говорят, что от шума ветростанций гибнут червяки и насекомые, а за ними грызуны и хищники. Через некоторое время территория ветростанций напоминает пустыню. Так ли это? О чем думают в Европе, развивая ветроэнергетику ускоренными темпами? 46
63. Как ветроустановки влияют на микроклимат местности, в частности на скорость ветра и его энергию? Не являются ли ветростанции еще одной причиной изменения климата? 48
64. Правда ли, что ветроустановки обладают электростатическим полем, угнетающе действующим на птиц и прочую живность? 49
65. Сколько нужно земли для ветростанции? 49
66. Сколько требуется воды для работы разных электростанций по сравнению с ветростанциями? 50
67. Существует мнение, что ветростанции не снижают объем вредных выбросов от топливных электростанций: тепловые электростанции продолжают работать из-за нестабильности поступления энергии от ветростанций. Так ли это? 51
68. Как влияют ветроустановки на качество воздуха? 51
69. Ветроустановки искажают сигналы радаров и радио? 51
70. Что делают производители, чтобы снизить уровень шума? 52
71. Что можно сказать о шумности малых ветроустановок? 53
72. Могут ли ветроустановки быть объектами туризма? 54
73. Как можно оценить вклад ветроустановок в защиту окружающей среды? 54

Экономика ветроэнергетики 55

74. Ветроэнергетика - обуза или благо для экономики Европы?...55
75. Про Европу ясно, но зачем ветроэнергетика экономике России при ее обеспеченности нефтью, газом и углем? 55
76. Какова себестоимость производства электроэнергии на ветростанции? 56
77. Как можно оценить конкурентоспособность ветроэнергетики? 57
78. В Европе практикуется торговля выбросами. Что это? 57

79. Говорят, в Европе для стимулирования ветроэнергетики используется способ, называемый «фид-ин-тариф» (feed-in-tariff). В чем его суть? ...58
80. Если ветроэнергетика конкурентоспособна, то почему она нуждается в государственной поддержке? 58
81. Что нужно сделать с производственной и экономической точки зрения, чтобы облегчить интеграцию ветростанций в энергосистему? 59
82. Как оценить возможный вклад ветроэнергетики в экономику страны? 60
83. Какие меры поддержки следовало бы принять в России для развития ветроэнергетики? 60
84. Сколько стоит ветроустановка большой мощности? 62
85. Какова структура затрат на сооружение ветростанции на суше? 62
86. Какова структура затрат по элементам конструкции ветроустановки на суше? 63
87. Какова структура затрат морской ветростанции? 64
88. Какова структура затрат по элементам конструкции морской ветроустановки? 65
89. Как выглядит удельная стоимость ветростанций по сравнению с традиционными электростанциями? 66
90. Правда ли, что благодаря ветроэнергетике снижаются тарифы на электроэнергию в энергосистемах? 66
91. Может ли себестоимость электроэнергии от ветростанции быть ниже себестоимости электроэнергии от теплостанции на угле и газе? 66

Ветроэнергетика – домохозяйству 68

92. Что может дать энергия ветра домохозяйству, сельскому жителю? 68
93. Какова мощность ветроустановки, которую можно использовать домовладельцу или фермеру? 68
94. Сколько земли необходимо для размещения малой ветроустановки? 68
95. Как близко можно располагать малую ветростанцию к жилому помещению? 69
96. Можно ли располагать ветроустановку на крыше дома или подсобного строения? 69

97. Какова стоимость малых ветроустановок, по сравнению с другими возможностями электроснабжения, удаленного от электрических сетей общего пользования дома или хозяйства? 69
98. Не являются ли малые ветроустановки слишком сложными для сельского жителя? 70
99. Кто в России изготавливает малые ветроустановки? 71
100. Как обстоят дела с производством малых ветроустановок в мире? 71

Заключение 73

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная брошюра – попытка разъяснить российскому читателю роль и значение ветроэнергетики в мире и России сейчас и в ближайшем будущем, достоинства и недостатки этого вида энергии, а, главное, попытаться развенчать мифы и заблуждения, которые окружают этот нарождающийся вид энергетики в России. Парадокс заключается в том, что в условиях успешно развивающейся отрасли в мире и в Европе за последние два года в России наблюдается недопонимание ее значимости и, прежде всего, со стороны властных структур.

А на самом деле у ветроэнергетики есть уже состоявшееся положение в настоящем и весьма уверенное положение в ближайшем будущем.

Посудите сами.

К концу 2010 года в Европе было установлено порядка 140 тыс. ветроустановок общей мощностью 84074 МВт, которые выработали в 2010 году 181 млрд кВт•ч электроэнергии, или около 5,3% общего потребления в странах Европы.

К 2020 году ожидается, что установленная мощность ветростанций (ВЭС) в Европе достигнет 230000 МВт и доля производимой энергии составит 14-17% от общего потребления. А к 2030 году мощность ВЭС увеличится до 400000 МВт и доля электроэнергии от них составит 26-35% от общего потребления.

Следует ли России, обладающей самым большим ветроэнергетическим потенциалом, игнорировать возможность его использования? Конечно, нет. Доказывают ли обозначенные выше темпы развития ветроэнергетики, что она обладает решающими экологическими преимуществами перед топливной энергетикой? Безусловно, да, потому как экологическим вопросам сегодня в Европе придается неизмеримо большее значение, чем в России.

И, тем не менее, мифы о «вредности» ветроэнергетики живут в Рос-

сии и даже крепнут.

Попробуем же разобраться в этом деле, обозначив собственно предмет - ветроэнергетику, включая вопросы производства, ее влияния на окружающую среду, экономические характеристики и их динамику.

Авторы старались написать брошюру языком, понятным любому человеку, независимо от уровня грамотности, возраста, занимаемой должности и вида деятельности.

Авторы будут счастливы, если разного рода заблуждения, мифы о недостаточной эффективности и экологической опасности ветростанций, исчезнут с российского горизонта.

П.П. БЕЗРУКИХ
д.т.н., зам. генерального директора
Института энергетической стратегии,
председатель Комитета по проблемам
использования ВИЭ РосСНИО,
академик-секретарь секции «Энергетика»
Российской инженерной академии (РИА)

П.П. БЕЗРУКИХ (МЛАДШИЙ)
начальник отдела возобновляемой
энергетики ОАО «ЛукОйл»

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИКА

1. ЧТО ТАКОЕ ВЕТЕР?

Ветер – циркуляционное перемещение воздушных масс, вызванное неравномерностью нагрева земной поверхности (непостоянной в течение суток, сезона и в пространстве), а также вращением земли вокруг своей оси, вызывающем так называемую кариолисовую силу инерции (от греческого karyon - орех, ядро ореха – вид земли из космоса). Это глобальные причины, вызывающие воздушные течения общей циркуляции атмосферы земли.

Однако существует множество причин местного масштаба вызывающих «местные ветры», то есть ветры свойственные определённым районам земного шара. Местные ветры возникают независимо от более мощных воздушных течений, лишь налагаясь на них или же представляют собой местные видоизменения общих течений.

По происхождению различаются следующие местные ветры, как правило, носящие свои названия:

А. Ветры, связанные с особенностями нагревания земной поверхности: бризы – в прибрежных районах морей и больших озер и водохранилищ, как разница в нагреве суши и воды; горно-долинные ветры в горах, меняющие направления дважды в сутки; ледниковые ветры, постоянно дующие вниз по склонам ледниковых долин.

Б. Ветры, связанные с течениями общей циркуляции атмосферы над горными массивами. При этом на подветренных склонах гор воздух получает нисходящую составляющую скорости и усиливается в надветренной части. В результате создаются местные ветра, получившие названия фёна, боры, сармы и тому подобные.

Такие ветры определяют характерные периодические изменения в погоде: потепление и падение влажности при фёне, похолодание при боре.

В. Ветры, связанные с течениями общей циркуляции атмосферы, но без нисходящей составляющей, а топографически усиленные в данном районе: афганец, урсатоевский ветер в Средней Азии, каньонный ветер в Северной Америке, косава на балканском полуострове и другие.

Г. Ветры, связанные с течениями общей циркуляции атмосферы, даже не усиленные в данном районе, но создающие в нем особый важный для хозяйственной деятельности режим погоды, приносящие потепление или похолодание, песчаную пыль или влагу: суховей в южных областях России и Украины, сирокко в Средиземноморье, хамсин в Египте, хармаштан в Западной Африке, блиццард в Северной Америке, пурга в Северной и Центральной Азии, памперо в Аргентине и другие.

Д. Многочисленные пыльные вихри, шквалы, пыльные и песчаные бури, связанные с неустойчивой стратификацией (распределение температуры воздуха по вертикали) атмосферы при сильном нагревании воздуха снизу или притоке холодного воздуха в высоких слоях.

Таким образом, ветер как явление природы сильнейшим образом влияет на жизнь и хозяйственную деятельность людей. Но оказалось возможным использовать его и для производства механической и электрической энергии.

2. КАКИМИ ПРИБОРАМИ ИЗМЕРЯЕТСЯ СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА?

В настоящее время почти повсеместно скорость ветра определяется прибором, называемым анемометром, обычно чашечного типа. Чашки вращаются вокруг вертикальной оси, на которой расположен маленький генератор, генерирующий импульсы, количество которых пропорционально скорости вращения. Эти данные пересчитываются (обычно автоматически) в скорость ветра.

Направление ветра определяется прибором типа «флюгер». Обычно оба прибора совмещаются в единую конструкцию.

3. ЧТО ТАКОЕ ВЕТРОУСТАНОВКА И КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Ветроустановка (ВЭУ) преобразует энергию ветра в электрическую или механическую энергию.

Схематично это выглядит так. Лопасти ветроколеса связаны с оголовком, к которому крепится вал, поток ветра набегает на лопасти ветроколеса и приводит их в движение. Этот вал через муфту соединяется с входным валом редуктора (мультипликаторы). Далее к выходному

валу редуктора присоединяется генератор, который и вырабатывает электрическую энергию. А редуктор нужен для того, чтобы повысить скорость вращения вала до величины необходимой генератору.

Ветроустановки бывают двух типов – с горизонтальной (рис. 1) и вертикальной (рис. 2) осью вращения (ротор Дарье). Первые составляют более 98% от всех ветроустановок. Ветроустановка включает следующие основные подсистемы: ветроколесо с лопастями, превращающее энергию ветра в механическую энергию вращения вала, кабину, в которой размещены основные устройства и механизмы, в том числе главный подшипник, редуктор и генератор; башню, поддерживающую кабину и ветроколесо на определенной высоте; электрические аппараты, электродвигатели, оборудование и приборы; электрические кабели и провода; заземляющие устройства и повышающий трансформатор.

Принятое за рубежом название – «ветротурбина» является не совсем точным, поскольку в составе ветроустановки имеется генератор и много другого оборудования, кроме ветроколеса, которое и ассоциируется с понятием «турбина».

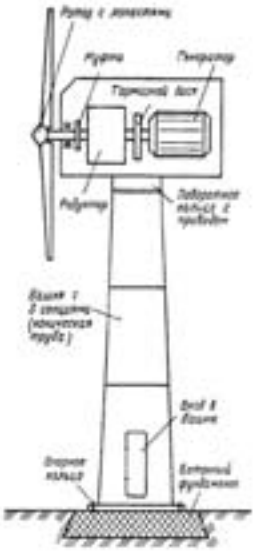


Рисунок 1. Ветроустановка с горизонтальной осью вращения.

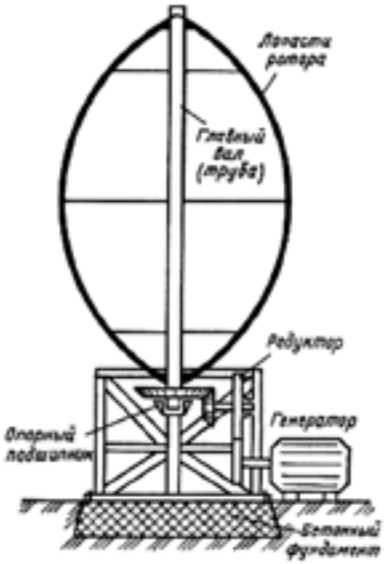


Рисунок 2. Ветроустановка с вертикальной осью вращения.

4. КАКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРА НУЖНО ЗНАТЬ, ЧТОБЫ СООРУДИТЬ ВЕТРОУСТАНОВКУ?

Совокупность характеристик ветра с точки зрения его использования для производства механической или электрической энергии называется ветроэнергетическим кадастром.

Основными составляющими кадастра являются:

- Среднегодовая скорость ветра. Годовой и суточный ход ветра, то есть его изменения по суткам месяца и месяцам года.
- Повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей, то есть сколько времени в течение года держится определенная скорость ветра.
- Максимальная скорость ветра.
- Распределение ветровых периодов и периодов штилей.
- Удельная мощность и удельная энергия ветра.
- Ветроэнергетические ресурсы региона, то есть сколько энергии можно выработать с определенной площади.

5. ОТКУДА БЕРЕТСЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КАДАСТРА?

Источниками получения исходной информации являются:

- Метеостанции, на которых осуществляются измерения всех климатических параметров, в том числе скорости ветра, обычно четыре раза в сутки. На современных метеостанциях измерения проводятся по 8 румбам, то есть направлениям относительно частей света: север, юг, восток, запад (4 направления) и между ними: северо-восток и так далее (4 направления).
- Метеостанции непрерывного наблюдения, как правило, сооружаемые на предполагаемых площадках установки ВЭУ.
- Зонды и шары, запускаемые периодически на разные высоты с определенных станций, называемых аэрологическими.

6. ПОЧЕМУ ВЕТРОУСТАНОВКИ ИМЕЮТ РАЗНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЛОПАСТЕЙ?

Оптимальное количество лопастей ветротурбины зависит от направления ее использования. Ветротурбина, предназначенная для выработ-

ки электроэнергии, то есть соединенная с генератором, не нуждается в большом начальном моменте вращения (моменте трогания) поскольку генератор пускается на холостом ходу, то есть без нагрузки. В этом варианте достаточно двух или трех лопастей. ВЭУ с двумя лопастями существенно проще и дешевле, однако она более шумная и подвержена вибрации.

Исследования, проведенные учеными Дании в 1970-х годах показали, что оптимальным решением для ветроэлектрических ВЭУ является три лопасти. И это решение было признано всеми изготовителями ВЭУ.

Для ветромеханических ветроустановок, у которых вал соединен непосредственно с насосом или другим механическим устройством очень важно иметь большой начальный момент трогания, поэтому такие установки имеют много лопастей и вращаются гораздо медленнее электрических.

7. ЧТО ТАКОЕ «АПВИНД» И «ДАУНВИНД» ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Эти слова относятся к тому, как ветроустановка встречает ветер. Если она направлена лопастями (ветроколесом) к ветру, то по-английски это называется «upwind», то есть «на ветер». Если ветер сначала набегает на гондолу, а затем на ветроколесо – «downwind» то есть «под ветер». В первом случае ветроустановка должна иметь специальный привод для поворота на ветер и это ее удорожает. Во втором случае «под ветер» установка становится сама, роль привода поворота играет само ветроколесо. Но оказалось, что в этом случае ВЭУ генерирует инфразвуковые колебания отрицательно влияющие на людей и животных. Поэтому от установок «downwind» практически отказались все изготовители.

8. КАКОВА МОЩНОСТЬ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Мощность измеряется в единицах, называемых «ватт», «киловатт» (1 кВт = 1000 Вт), «мегаватт» (1 МВт = 1000 кВт).

Всем известно, что есть электрические лампочки 100 Вт. От установки в 1 кВт можно следовательно «зажечь» 10 лампочек по 100 Вт.

Ветроустановки изготавливаются мощностью от нескольких ватт до нескольких мегаватт (до 6 МВт).

За рубежом существует классификация ВЭУ основные параметры, которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Классификация ветроустановок

Класс ВЭУ	Диапазон мощностей, кВт	Диапазон диаметров ветроколеса, м	Диапазон скоростей вращения ветроколеса, об/мин
Очень малые	0,025-1	0,5-2,5	500-2000
	1,5-10	3,0-9,0	200-500
Малые	20-60	10-15	92-140
	75-150	18-24	40-60
Средние	200-300	26-30	40
	400-500	35-40	30-35
Большие	600-750	43-48	30
	900-1300	50-64	20-32
Очень большие	1500-3000	70-90	15-20
	4000-6000	105-124	13-15

9. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ МОЩНОСТЬ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Мощность ВЭУ ($P_{ВЭУ}$) зависит от скорости ветра в кубе (V^3), измеряемого в м/сек, диаметра ветроколеса в квадрате ($Д^2$), плотности воздуха (ρ=1,22кг/м^3), коэффициента использования энергии ветра ($C_р$), коэффициентов полезного действия редуктора ($\eta_{ред}$) и электрогенератора ($\eta_{ген}$) или точнее коэффициента преобразования механической энергии в электрическую.

Формула выглядит следующим образом:

$$\mathbf{P_{виэ} = 0{,}3925 \cdot \rho \cdot C_р \cdot Д^2 \cdot V^3 \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген}\ [Вт]}$$

10. МОЖНО ЛИ РЕГУЛИРОВАТЬ МОЩНОСТЬ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Да, можно. Существуют два способа регулирования мощности.

Первый способ – поворотом лопасти относительно направления ветра, изменяя так называемый «угол атаки», то есть угол под которым ветер набегает на лопасть и от которого зависит «подъемная» сила лопасти, которая преобразуется в ее вращение. Этот способ по-английски называется «питч-регулирование» (pitch - «ставить», то есть лопасть принудительно ставится в определенное положение). Ветроустановки с поворотом лопастей можно использовать для регулирования мощности как в зависимости от скорости ветра, так и по заданию диспетчера.

При этом наибольшая возможная мощность определяется скоростью ветра.

Второй способ заключается в том, что профиль лопасти выполняется различным по длине. В результате при увеличении скорости ветра на отдельных частях лопасти наступает срыв потока и ее «подъемная» сила уменьшается. Таким образом, при скорости ветра выше номинальной удается держать мощность ветроустановки равную номинальной. Способ называется «стол» (stall – «застревать», то есть часть потока ветра как бы застревает и не производит работу. В ветроустановках такого типа принудительно регулировать мощность нельзя. И это их недостаток. Но их достоинство состоит в том, что не нужен сложный механизм поворота лопастей. Тем не менее, практически во всех мощных ВЭУ используется первый способ.

11. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА? КАКОВО ЕГО НАИБОЛЬШЕЕ ЗНАЧЕНИЕ?

Коэффициент использования энергии ветра (C_p) зависит от многих конструктивных особенностей, но, в конечном счете, от профиля лопасти и от степени ее шероховатости, а также от соотношения между скоростью вращения лопастей и скоростью ветра, называемом коэффициентом быстроходности. Этот коэффициент определяет, в конечном счете, экономичность ветроустановки.

Независимо друг от друга зарубежный ученый А. Бетц и наш Н.Е. Жуковский в начале 20 века определили максимальное значение коэффициента C_p равное 0,593, то есть даже идеальная ветроустановка должна пропускать мимо себя примерно 40% энергии набегающего потока.

12. В КАКОМ ДИАПАЗОНЕ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА РАБОТАЕТ ВЕТРОУСТАНОВКА?

Ветроустановку характеризуют следующие параметры ветра:

- стартовая скорость ветра, обычно в диапазоне от 2,5 до 4,0 м/с, при которой ВЭУ начинает вращение;
- номинальная скорость ветра, обычно от 10 до 14 м/с, при которой мощность ветроустановки достигает номинального значения;
- максимальная скорость ветра, при которой ветроустановка отключается от сети и останавливается, обычно в диапазоне 20-25 м/с.

Существует еще так называемая «буревая скорость ветра». Это

скорость, при которой остановленная ветроустановка не должна разрушаться (обычно от 60 до 80 м/с).

13. ПОЧЕМУ ПРИ СКОРОСТИ ВЕТРА БОЛЕЕ 25 М/С ВЕТРОУСТАНОВКА ОСТАНАВЛИВАЕТСЯ?

Ветроустановка рассчитывается на определенную мощность, например 1 МВт. При скорости 12-13 м/с мощность генератора достигает номинального значения 1 МВт и в диапазоне 13-25 м/с остается постоянной, то есть уже значительная мощность ветропотока не используется, так как нельзя перегружать генератор выше его номинальной мощности.

Дальнейшее увеличение рабочего диапазона нецелесообразно, т.к. скорости ветра более 25 м/с маловероятны, а давление ветра на ветроколесо при его вращении пропорционально площади ометаемой поверхности. Эта сила давления пытается опрокинуть ВЭУ и приходится усиливать фундамент и его крепление к башне. Тогда как при остановленном ветряке площадь, на которую давит ветер, равна сумме площадей лопастей. Эта сумма в десятки раз меньше площади ометаемой поверхности (площади круга). Поэтому установленные ВЭУ спокойно переносят штормовые ветры.

14. СКОЛЬКО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МОЖЕТ ВЫРАБОТАТЬ ВЕТРОУСТАНОВКА?

Электрическая энергия измеряется в ватт-часах или киловатт-часах (1 кВт•ч = 1000 Вт•ч).

Одна электрическая лампочка мощностью 100 Вт за десять часов потребляет 1 кВт•ч электроэнергии.

Когда мы говорим, что мощность ветроустановки равна 10 кВт, это не значит, что она может отдавать такую мощность всё время. Она может отдавать эту мощность, если скорость ветра будет равна или больше номинальной. В другое время установка работает с мощностью меньше номинальной. Поэтому в год ветроустановка мощностью 10 кВт в среднем может выработать 15,0-20,0 тыс. кВт•ч в зависимости от среднегодовой скорости ветра.

15. СКОЛЬКО ДОМОВЛАДЕНИЙ МОЖЕТ ОБЕСПЕЧИТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ВЕТРОУСТАНОВКА МОЩНОСТЬЮ 1000 КВТ (1 МВТ)?

По той же причине, о которой говорилось выше ветроустановка развивает разную мощность из-за изменения скорости ветра. Поэтому в год, а в году мы имеем 8760 часов, установка мощностью 1 МВт вырабатывает от 2 до 3 млн кВт•ч. В наших деревнях в самом лучшем случае одна семья (дом) в год потребляет 1,5-2,5 тыс. кВт•ч электроэнергии. Берем среднюю цифру (2 тыс. кВт•ч в год) и получаем, что ВЭУ мощностью 1 МВт может обеспечить электричеством от 1000 до 1500 семей (домов) в год.

16. ЧТО ТАКОЕ ВЕТРОСТАНЦИЯ?

В энергетике станции любого типа стремятся укрупнять, чтобы снизить удельные затраты на их обслуживание. Ветроустановки не составляют исключения, с этой же целью их объединяют в группы, называемые «ветростанциями» (ВЭС) или «ветропарками» и «ветрофермами» (в зарубежной литературе). Так что ВЭС – это группа ВЭУ объединенная электрическими связями и общим обслуживанием.

Увеличение мощности (расширения) станции осуществляется чрезвычайно просто. Но главное отличие ВЭС от традиционных электростанций состоит в другом.

Мощность на ВЭС как бы рассредоточена. Например, ВЭС мощностью 100 МВт может состоять из 50 ветроустановок единичной мощностью 2 МВт. В случае возникновения неисправности отключается одна ВЭУ, то есть теряется лишь двадцать пятая часть установленной мощности. На традиционной же электростанции мощность 100 МВт сосредоточена в одном агрегате и в случае возникновения неисправности теряется 100% генерирующей мощности.

17. КАКИЕ БЫВАЮТ ВЕТРОСТАНЦИИ?

Ветроэнергетика разделилась на два существенно отличающихся направления. Ветростанции на суше по-английски называемые «onshore» и ветростанции в море на небольших пока глубинах «offshore».

Основное отличие по конструкции состоит в фундаментах. На море это более дорогое и более массивное сооружение. Второе существенное отличие - передача энергии от ВЭУ к подстанции осуществляется кабелем, проложенным по морскому дну. Есть морские ВЭС у которых

подстанция также расположена в море и к ней подходят кабели от ВЭУ, а затем уже по кабелям более высокого напряжения энергия передается на сушу.

18. КАК ДОЛГО СТРОЯТСЯ ВЕТРОСТАНЦИИ?

По данным Европейской ветроэнергетической ассоциации ветростанция на суше мощностью 10 МВт может быть построена за 2 месяца. Причем основное время уходит на сооружение фундамента и «выдержку» бетона. Собственно монтаж ВЭУ длится 2-3 дня.

Ветростанция 50 МВт может быть построена за 18 или 24 месяца. В это время входит измерение скорости ветра на площадке в течение минимум полугода. Собственно же сооружение ВЭС занимает около 6 месяцев.

Сооружение морских ВЭС требует несколько большего времени, т.к. их строительство началось сравнительно недавно.

19. ЧТО ТАКОЕ КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ($К_{иум}$)? ГОВОРЯТ, ОН ОЧЕНЬ МАЛ У ВЕТРОУСТАНОВОК.

Коэффициент использования установленной мощности ($К_{иум}$) есть отношение фактически выработанной электроэнергии в течение года, к энергии в предположении, что установка работает на полную мощность в течение года. Другими словами это отношение действительной выработки электроэнергии к максимально возможной, т.е. максимальное значение коэффициента равно единице или 100%. Но в жизни и для традиционных электростанций он колеблется от 0,4 до 0,8.

Наибольший $К_{иум}$ у атомных и геотермальных электростанций (0,7-0,8), наименьший у гидроэлектростанций, поскольку на них возлагается снятие пиков нагрузки. А эти пики длятся всего 4-5 часов в сутки.

Средний $К_{иум}$ всех электростанций России в 2009 году составил 0,5. А средний $К_{иум}$ для дизельных электростанций в России – 0,18. Такое низкое использование установленной мощности дизельных электростанций объясняется двумя обстоятельствами. Первое - дизельные электростанции, как правило, работают в автономной энергосистеме, а таких системах нагрузка ночью падает почти до нуля, а вечером имеет максимум. Вот и приходится мощность дизеля выбирать по максимуму нагрузки, по этому остальное время дизель-генератор работает с недогрузкой. Второе – дизель-генератор в автономных энергосистемах

должен иметь резерв, на случай выхода из строя основного дизель-генератора. Вот и простаивает резервный дизель-генератор большую часть календарного времени, а $К_{иум}$ считается на всю установленную мощность, поэтому у дизельных электростанций он чрезвычайно низок.

Что касается ветростанций, то их $К_{иум}$ в Европе в среднем составляет 0,2-0,3. Но зависит он в основном от ветровых условий. Есть примеры ВЭС, где он равняется 0,4 и выше.

20. ЕСЛИ КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ РАВЕН 0,25, ЗНАЧИТ ЛИ ЭТО, ЧТО ВЕТРОУСТАНОВКА ВРАЩАЕТСЯ ЛИШЬ ЧЕТВЕРТУЮ ЧАСТЬ ГОДА?

Нет, конечно. Ветроустановка большую часть времени работает с мощностью, меньшей номинальной. А время, когда она вращается, составляет 70-90% от времени года.

21. ЧТО ТАКОЕ КОЭФФИЦИЕНТ ГОТОВНОСТИ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Коэффициент готовности или «готовность» отражает надежность ветроустановки и любой энергетической установки. Он отражает в процентах время, в течение которого ветроустановка готова вступить в работу за календарный отрезок времени. То есть исключается время, необходимое на обслуживание и ремонт. Для ветроустановок коэффициент готовности составляет 98% и выше. Это самый высокий коэффициент среди генерирующих источников.

22. ЧТО ТАКОЕ «КЛАССЫ МЕСТНОСТИ» В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ?

По величине энергии проходящей на один кв. метр ометаемой поверхности[1] существует подразделение местности на семь классов. Фактически это подразделение местности по среднегодовой скорости ветра на высоте 50 м над поверхностью. Названия классов и их характеристика приводятся в таблице 2.

[1] Ометаемая поверхность - это площадь, которую очерчивают лопости ветроустановки при вращении. Для горизонтально-осевых ВЭУ - это площадь круга с диаметром (Д), для вертикально-осевых ВЭУ - это площадь прямоугольника со сторонами Н - высота ветроколеса, и Д - диаметр ветроколеса.

Таблица 2. Характеристика классов местности по ветроэнергетике

Номер класса	Характеристика класса	Удельная мощность, Вт/м² на высоте 50 м	Среднегодовая скорость, м/с на высоте 50 м
1	Poor (бедный)	0-200	0,0-5,6
2	Marginal (малорентабельный)	200-300	5,6-6,4
3	Fair (средний)	300-400	6,4-7,0
4	Good (хороший)	400-500	7,0-7,5
5	Exellent (отличный)	500-600	7,5-8,0
6	Outstanding (выдающийся)	600-800	8,0-8,8
7	Superb (великолепный)	> 800	> 8,8

Эти данные являются ориентиром для выбора площадки сооружения ВЭС большой мощности. Для ВЭУ малых мощностей это не является решающим фактором.

23. КАКИЕ В РОССИИ ПОСТРОЕНЫ ВЕТРОСТАНЦИИ И КАК ОНИ РАБОТАЮТ?

Ниже в таблице 3 поименованы ветростанции, построенные в России. Причем, по неизвестным причинам отчеты о работе некоторых из них не входят в статистическую отчетность.

Как видим, коэффициент использования установленной мощности большинства ВЭС не превышает 10%, то есть в два и более раза ниже, чем в среднем у зарубежных ВЭС. Откровенно говоря, наши ВЭС работают плохо.

24. КАКАЯ ОСНОВНАЯ ТРУДНОСТЬ В РАБОТЕ НАШИХ ВЕТРОСТАНЦИЙ?

У каждой ВЭС могут быть свои особенности. Например, Чукотская ВЭС до урагана была способна нести полную нагрузку, однако ее мощность ограничивалась диспетчерами угольной станции в Анадыре, параллельно с которой работала ВЭС. Ураганом был разрушен механизм поворота башни, так называемый видрозный механизм. И восстановить его оказалось некому. На Воркутинской ВЭС вышли из строя отдельные механизмы и заменить их оказалось не под силу владельцам ВЭС. И подобное можно сказать о всех ВЭС.

Общий недостаток – отсутствие сервисного обслуживания, равно как и внимания владельцев станции к их работе.

Таблица 3. Динамика технико-экономических показателей работы ВЭС в России в 2001-2008 годах

Ветростанции	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %	Уст. мощн., кВт / Пр-во эл. энергии, тыс. кВт•ч / Киум, %
ОАО "Янтарьэнерго", Зеленоградская ВЭС	1500 / 2160 / 16,5	5100 / 6604 / 14,8	5100 / 5527 / 12,4	5100 / 5198 / 11,6	5100 / 4612 / 10,3	5100 / 5817 / 13,1	5100 / 4689 / 10,5
ОАО "Комиэнерго" ВЭС, Воркутинские электросети	1500 / 212 / 1,6	1250 / 371 / 3,4	1250 / 290 / 2,7	1250 / 151 / 1,4	1000 / 11 / 0,1	Выведена из эксплуатации	
ОАО Чувашэнерго", Марпосадская ВЭС	-	200 / - / -	Нет данных				
ОАО "Башкирэнерго", ВЭС Тюпкельды, г. Октябрьский	2200 / 790 / 4,1	2200 / 1013 / 5,3	2200 / 870 / 4,5	2200 / 1210 / 6,3	2200 / 267 / 1,4	2200 / 562 / 3,1	2200 / 422 / 2,2
ОАО "Камчатскэнерго", ВЭС Южных сетей	500 / 729 / 16,6	500 / 559 / 12,8	500 / 304 / 6,9	500 / 270 / 6,2	500 / 294 / 6,7	500 / 224 / 5,2	500 / 12 / 0,3
ОАО "Калмэнерго", ВЭС Элиста	1000 / 185 / 2,1	Выведена из эксплуатации					
ОАО "Ростовэнерго", ВЭС-300	300 / 37 / 1,4	300 / 37 / 1,4	300 / 37 / 1,4	300 / 37 / 1,4	На консервации		
ЗАО "Ветроэнерго", Мурманская ВЭУ-200	-	200 / 270 / 15,4	200 / 20 / 1,1	200 / 20 / 1,1	200 / 80 / 4,6	200 / 80 / 4,6	200 / 52 / 3,0
Чукотская ВЭС, г. Анадырь	-	2500 / 1477 / 6,7	2500 / 2766 / 12,6	2500 / 2733 / 12,5	2500 / 2091 / 9,6	2500 / 914 / 4,2	2500 / 60 / 2,7
ВЭС ООО "Красное"	-	75 / 50 / 7,6	75 / 50 / 7,6	75 / 40 / 6,1	170 / 110 / 7,4	170 / 120 / 8,1	170 / - / -
Всего	**7000 / 2169 / 3,5**	**12325 / 10344 / 9,5**	**12125 / 9864 / 9,1**	**12125 / 9864 / 9,1**	**11670 / 7465 / 7,3**	**10670 / 7717 / 8,2**	**10670 / 5235 / 5,6**

25. КАКОЙ РЕАЛЬНЫЙ ВКЛАД СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЕТРОСТАНЦИЙ В РОССИИ?

Как видите из таблицы 3 в 2008 году все ВЭС выработали 5,235 млн кВт•ч. Этого едва ли хватает для энергоснабжения 2,6 тысяч семей в сельской местности.

26. КАКИЕ РЕАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ?

Согласно исследованию, проведенному группой ученых и специалистов, экономический потенциал ветроэнергетики составил 33 млрд кВт•ч в год, то есть такое количество электроэнергии экономически выгодно вырабатывать на ВЭС уже в настоящее время.

В 2010 году в России всеми электростанциями произведено 1036,8 млрд кВт•ч, следовательно возможности ветроэнергетики составляют около 3,2% от общего производства. Даже если экономический потенциал и уменьшить в два раза, то и в этом случае возможности ветроэнергетики нельзя недооценивать.

27. КАКИЕ СУБЪЕКТЫ РФ МОГЛИ БЫ РАССЧИТЫВАТЬ НА СУЩЕСТВЕННОЕ УЧАСТИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ПОКРЫТИИ СВОИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НУЖД?

Одним из основных параметров, отражающих возможности использования ветра, является его среднегодовая скорость. Если эта скорость составляет 5 м/с на высоте измерения 10 м (высота флюгера), то более, чем вероятно, что применение ВЭУ будет эффективным. Это является условием применения ВЭУ с единичной мощностью 100 и выше кВт. С увеличением среднегодовой скорости ветра эффективность ВЭУ сильно увеличивается, поскольку количество вырабатываемой электроэнергии пропорционально кубу скорости ветра, ВЭУ малой мощности могут быть эффективны и при меньшей среднегодовой скорости ветра.

Расчеты, проведенные для всей территории России, показывают, что эффективными для использования ВЭУ является всё Арктическое побережье от Кольского полуострова до Чукотки, а также побережья Берингово и Охотского морей.

Зонами эффективного применения ветроустановок являются по субъектам Российской Федерации области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская,

Магаданская, Мурманская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Тюменская; края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский; республики: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Хакасия, Саха (Якутия); автономные округа: Коми-Пермятский, Ненецкий, Чукотский, Ямало-Ненецкий.

28. ЧТО НУЖНО СДЕЛАТЬ С ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ, ЧТОБЫ ОБЛЕГЧИТЬ ИНТЕГРАЦИЮ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ?

С этой точки зрения на первом этапе никаких серьезных изменений не требуется. И даже наоборот в ряде случаев ветроустановка облегчает условия работы электрической сети.

В самом деле. Если ветростанция или ветроустановка подключается со стороны низкого напряжения к трансформатору, от которого питается город (район, деревня, завод и так далее), то режим работы облегчается, поскольку снижается мощность, потребляемая из сети. По этой же причине снижаются потери энергии и напряжения в линии электропередачи, соединяющей трансформатор с основной сетью.

Кроме того, появляется возможность регулирования напряжения, поскольку новейшие конструкции ветроустановок позволяют это осуществлять.

В дальнейшем, когда доля мощности ветростанции в системе достигает 10% и более от потребляемой мощности, могут возникнуть проблемы с обеспечением устойчивости. Но нам до этого времени очень далеко.

На первом этапе видимо потребуется пересмотреть условия работы релейной защиты и автоматики, а также проверить отключающую способность выключателей на подстанции.

29. В ЧЕМ ГЛАВНАЯ ТРУДНОСТЬ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВЕТРОСТАНЦИЙ К ЭНЕРГОСИСТЕМЕ?

Причина экономическая. Собственники ВЭС не могут договориться с энергетиками о тарифе на электроэнергию, по которому энергосистема будет принимать ее от ВЭС. Хотя существующие нормативные документы позволяют назначить тариф, обеспечивающий окупаемость ВЭС в приемлемые сроки – 5-10 лет. Срок окупаемости в основном зависит от скорости ветра, то есть сколько энергии ВЭС будет производить в год.

30. КАК ВЫБИРАЕТСЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕТРОСТАНЦИЙ?

Процесс выбора площадок довольно прост.

По возможности размещения ветроустановок определяется площадка. Затем на первом этапе по данным метеостанции определяется ветроэнергетический кадастр в предварительно выбранном месте. Определяются предварительно основные технико-экономические показатели ВЭС. Далее на месте будущей ВЭС монтируется метеомачта и минимум полгода ведется непрерывные наблюдения за скоростью ветра по направлениям частей света. По данным этих измерений определяются технико-экономические показатели ВЭС и принимается решение о ее строительстве. На этот простой алгоритм накладывается колоссальное количество согласований (отвод земли, возможность подключения к подстанции, экологическая экспертиза, возможности транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, возможный тариф и так далее). Так что даже зарубежные ветроэнергетики стонут от процедуры согласования.

31. В КАКИХ НАИБОЛЕЕ ПОДГОТОВЛЕННЫХ РАЙОНАХ И, КАКИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОСТАНЦИИ МОЖНО БЫЛО БЫ ПОСТРОИТЬ В РОССИИ ДО 2020 ГОДА?

Степень подготовки указанных ниже районов весьма различна. На каких-то из них уже длительное время установлены метеомачты и разработаны технико-экономические обоснования. Какие-то площади названы на основании знания о ветрах в этой местности. Итак, можно говорить о возможности и необходимости строительства ВЭС в следующих районах (Таблица 4).

Таблица 4. Наиболее подготовленные районы и мощности, где можно было бы построить ВЭС до 2020 года (данные В.Г. Николаева)

№	Субъекты Российской Федерации	Установленная мощность ВЭС, МВт
Центральный федеральный округ		
1	Брянская область	100
2	Воронежская область	50
3	Калужская область	200
4	Курская область	100

№	Субъекты Российской Федерации	Установленная мощность ВЭС, МВт
5	Московская область	100
6	Смоленская область	200
7	Тверская область	150
	Итого	**900**
Северо-Западный федеральный округ		
1	Архангельская область	150
2	Калининградская область	200
3	Республика Коми	100
4	Ленинградская область	300
5	Мурманская область	600
6	Ненецкий АО	50
7	Республика Карелия	100
	Итого	**1500**
Южный федеральный округ		
1	Астраханская область	200
2	Волгоградская область	600
3	Республика Кабардино-Балкария	50
4	Республика Калмыкия	200
5	Республика Карачаево-Черкесия	50
6	Краснодарский край	600
7	Ростовская область	200
8	Ставропольский край	150
	Итого	**2050**
Приволжский федеральный округ		
1	Оренбургская область	100
2	Пермский край	150
3	Самарская область	100
4	Саратовская область	150
5	Ульяновская область	100
	Итого	**600**
Уральский федеральный округ		
1	Курганская область	200

№	Субъекты Российской Федерации	Установленная мощность ВЭС, МВт
2	Ямало-Ненецкий АО	400
	Итого	**600**
Сибирский федеральный округ		
1	Новосибирская (Барабинскаястепь	300
2	Омская область	400
	Итого	**700**
Дальневосточный федеральный округ		
1	Камчатская область	200
2	Магаданская область	100
3	Приморский край	150
4	Сахалинская область	300
	Итого	**750**
	Всего	**7000**

32. КАКОВА СИТУАЦИЯ С ВЕТРОЭНЕРГЕТИКОЙ В МИРЕ?

По итогам 2010 года общая мощность ветростанций превысила 194,4 ГВт, которые выработали около 425 млрд кВт•ч в год, $К_{иум}$ составил 24,9%.

Это количество энергии вырабатывают около 160000 ветроустановок, расположенных более, чем 50 странах мира. Такое же количество энергии вырабатывают 60 энергоблоков атомных электростанций единичной мощностью 1000 МВт.

33. КАКИЕ СТРАНЫ ЯВЛЯЮТСЯ ЛИДЕРАМИ ПО УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОСТАНЦИЙ?

По итогам 2010 года в двадцати странах мира общая установленная мощность ВЭУ превысила 1000 МВт. Вот как располагаются страны по установленной мощности: Китай (установленная мощность 42287 МВт), США (40180 МВт), Германия (27214 МВт), Испания (20676 МВт), Индия (13065 МВт), Италия (5797 МВт), Франция (5660 МВт), Великобритания (5203 МВт), Канада (4008 МВт), Дания (3752 МВт), Португалия (3702 МВт), Япония (2304 МВт) Нидерланды (2237 МВт), Швеция (2163 МВт), Австралия (2020 МВт), Ирландия (1428 МВт), Турция (1329 МВт), Греция (1208 МВт), Польша (1107 МВт) и Австрия (1011 МВт).

Впечатляющий перечень. В него входят самые богатые и развитые страны, самые бедные страны, отнесенные к развивающимся. Но самое главное, что в него входят страны, не зависящие от импорта энергоресурсов (Великобритания, Канада).

34. ЧТО МОЖНО СКАЗАТЬ О ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ?

Можно утверждать, что перспективы до 2020 года определились и начиная с 2000 года вводы новой мощности превосходят прогнозы.

Программа развития ветроэнергетики, принятая Мировым Советом по ветроэнергетике в 1998 году предусматривает, что к 2020 году доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии должна составить 10% (Программа «Wind Force-10»). В связи с успешным её выполнением, программой предусматривается достижение к 2020 году уже не 10, а 12%. И есть реальные основы полагать, что этот прогноз сбудется. Так по программе «Wind Force-10» в 2010 году установленная мощность ВЭУ в мире должна составить 181252 МВт, а фактически составила 194390 МВт. Более 30 стран мира имеют планы ввода мощностей ВЭУ на разные временные отрезки: 2015 г., 2020 г., 2030 г., что является гарантией достижения указанной доли.

35. КАКОВА ДОЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СТРАНАХ МИРА?

Общая картина изменения доли ВЭС в 2006-2010 годах представлена в таблице 5. Как видно всюду наблюдается рост. И если в Дании, перевыполнившей директиву ЕС о достижении доли ВИЭ 20% к 2020 году, можно сказать, что это не трудно для страны с населением в 5,5 млн человек и потреблением электроэнергии примерно 35,5 млрд кВт•ч в год. То для Германии, достигшей доли 9,4%, этого не скажешь. Население в ней 82,1 млн человек, а потребление составляет 587 млрд кВт•ч в год.

Таблица 5. Доля ВЭС в потреблении электроэнергии в 2006, 2007, 2009 и 2010 годах в странах мира

	2006	2007	2009	2010
Дания	21,4	21,22	24	24
Португалия	7	9,26	14	14,8
Испания	8,8	11,76	14,5	14,4
Германия	7	7	7	9,4
Индия	1,7	1,7	1,7	1,8
Англия	1,5	1,82	-	3,2
Италия	1,3	1,7	-	3,4
США	0,8	0,8	2	2,5
Франция	0,7	1,21	1,6	2,3
Китай	0,2	0,2	-	0,4
Всего	0,9	1	-	1,3

36. КАКОВА ДОЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ (EU-27)?

В странах Евросоюза (EU-27) установленная мощность ВЭС в 2010 году составляла 84,074 ГВт, Производство электроэнергии на них оценивается в 181 млрд кВт•ч, что составляет около 5,3% общего потребления электроэнергии в Евросоюзе.

37. ЧТО ТАКОЕ СРОК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОКУПАЕМОСТИ?

Срок энергетической окупаемости ветроустановки (или любой другой электростанции) – это термин, обозначающий за какое время ветроустановка (или электростанция другого типа) выработает количество энергии, равное количеству, затраченному на её производство, монтаж (строительство), обслуживание и утилизацию. По оценкам Британской и Американской ветроэнергетических ассоциаций этот срок для ВЭУ составляет от трёх до восьми месяцев (в зависимости от среднегодовой скорости ветра) – это один из самых коротких сроков всех видов электроустановок тогда как для угольных и атомных электростанций он составляет шесть и более месяцев.

Другая оценка этого явления – «коэффициент энергетической эффективности» – это отношение энергии выработанной ветроустановкой (или любой электростанцией) за срок службы к энергии, затраченной на

производство установки, строительство, обслуживание и утилизацию ветроустановки (или любой другой электростанции).

По исследованиям университетов США, коэффициент энергетической эффективности ветростанций Среднего Запада Америки составил от 17 до 39 (в зависимости от среднегодовой скорости ветра. В то время как для атомных электростанций он оказался равным – 16, а для угольных – 11.

38. ЕСЛИ ВЕТРОСТАНЦИЯ НЕ МОЖЕТ ВЫДАТЬ УСТАНОВЛЕННУЮ НА НЕЙ МОЩНОСТЬ В ЛЮБОЕ ВРЕМЯ, ЗНАЧИТ, ЕЕ НАДО РЕЗЕРВИРОВАТЬ НА 100%. ТОГДА ЗАЧЕМ ЖЕ ЕЕ СТРОИТЬ?

Это самое распространенное заблуждение, живущее среди энергетиков, которые не имели дело с ветростанциями. Во-первых, при любой ситуации ветростанции сокращают выработку на органическом топливе, т.е. его экономят. А, во-вторых, сеть общего пользования проектируется таким образом, что нет необходимости резервировать каждый мегаватт ветровой энергии мегаваттом от ископаемого топлива или от передаваемой мощности.

В электрической сети генерирующая мощность всегда больше, чем потребляемая, поскольку ни одна станция не имеет 100% надежности и нагрузка в сети не постоянна. В сложной энергосистеме предусмотрено резервировать многие толчки нагрузки, от внезапного отключения генерирующей мощности до включения энергоемкого оборудования в промышленном секторе. Автоматические устройства и операторы сети выравнивают генерирующую и потребляемую мощность и изменяющаяся мощность от ветростанций просто еще одно изменение среди многих. В США по данной проблеме проведено много исследований, Вот как звучит вывод Utility Wind Interest Group (организация включающая 55 электрических компаний США, имеющих в своих энергосистемах ветростанции).

«Устаревшее и непрофессиональное мнение, одно из главных беспокойств, часто выражаемое в энергетике состоит в том, что ветростанции будут нуждаться в резервировании или передаваемой мощности в равном объеме. Сейчас ясно, что как раз при умеренной доле ветроэнергетики, необходимость иметь дополнительную генерирующую мощность для компенсации нестабильности ветростанции, значительно меньше, чем один к одному и часто близка к нулю».

Одно из авторитетнейших исследований проведенное в 2004 году для департамента коммерции штата Миннесота, подтвердило, что дополнительное включение ВЭС мощностью 1500 МВт в энергосистему наибольшего объединения Xeel Energy в штате Миннесота США, будет нуждаться в дополнительном вводе мощности всего лишь 8 МВт на традиционном топливе, для того, чтобы погасить дополнительные вариации мощности.

Многие источники генерации, имеющие высокую надежность, допускают неожиданный перерыв в энергоснабжении: например, атомные и угольные станции отключаются для непредвиденного внепланового ремонта или технологического обслуживания и очень часто с коротким промежутком времени между уведомлением и отключением. При этом никто не ставит вопрос о резервировании отключения этих станций от других станций равной мощности. Реальность состоит в том, что ветроэнергия естественно изменяемая, но не ненадежна.

Ветростанция сооружается в местах интенсивных ветров и модель сезонной и дневной выработки электроэнергии можно предвидеть с приемлемой точностью.

Дания и многие региональные энергосистемы в других странах Европы работают с 10-15% и более ветровой энергии от общей мощности, без дополнительных проблем надежности или необходимости сооружения резервных электростанций. В отличие от электростанций на органическом топливе, ветроустановки не нуждаются в отключении всех ветротурбин для обслуживания и ремонта одной из них. Одна турбина может находится в ремонте, когда другие работают.

39. ЧТО МОЖНО СКАЗАТЬ О КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ВЕТРОСТАНЦИЙ? ГОВОРЯТ, ОНО НЕ СООТВЕТСТВУЕТ СТАНДАРТАМ.

Качество электроэнергии по частоте, соответствует частоте сети автоматически, так как частоту тока на ВЭУ задает сеть, точнее электростанции «ведущей» частоту в энергосистеме.

Качество по напряжению обеспечивается как системой возбуждения генераторов, так и источником реактивной мощности на подстанции в соответствии с требованием стандартов. Современные ВЭУ позволяют осуществлять регулирование напряжения и поддержание его на уровне требований стандарта.

40. КАКОВ СРОК СЛУЖБЫ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Ветроустановки рассчитываются на срок службы 20-25 лет. В течение этого срока из основных механизмов возможна замена лопастей. Во всяком случае, этот вопрос (что подлежит замене в течение этого срока) должен оговариваться при заказе ВЭУ. За срок службы ВЭУ непрерывно вращается около 120 тыс. часов, в отличие от двигателя автомобиля, длительность непрерывной работы которого составляет 4-6 тыс. часов.

41. КАКИЕ ФИРМЫ ЛИДИРУЮТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Перечень фирм лидеров и их доли в общем объеме производства ветроустановок представлены в таблице 6.

Таблица 6. Десять ведущих фирм по производству ветроустановок в 2009 году

№ п/п	Наименование фирмы	Доля в общем производстве
1.	Vestas	12,5
2.	GE Wind Energy	12,4
3.	Sinovel	9,2
4.	Enercon	8,5
5.	Gold wind	7,2
6.	Gameza	6,7
7.	Dongfang Electric	6,5
8.	Suzlon	6,4
9.	Simens Wind Power	5,9
10.	REpower	3,4
	Всего	**78,7**

42. ГОВОРЯТ, ЧТО ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА ЯВЛЯЕТСЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ОТРАСЛЬЮ. ТАК ЛИ ЭТО?

Это действительно так. Вот лишь беглый перечень применения новейших материалов и оборудования:

- генераторы современной конструкции (асинхронные, синхронные, асинхронизированные) с принудительным воздушным и жидкостным охлаждением;
- тихоходные, многополюсные генераторы;

- трансформаторы сухие и с современной изоляцией;
- выпрямители, инверторы, преобразователи на базе последних достижений преобразовательной техники;
- автоматические системы управления на современной элементной базе с применением персональных компьютеров и возможностями выхода на сеть Internet;
- новые материалы для лопастей, полученные с применением нанотехнологий, различные виды пластика, обеспечивающие прочность в течение всего срока службы;
- компактная и надежная коммутационная и защитная аппаратура.

43. СКОЛЬКО РАБОЧИХ МЕСТ ДАЕТ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА?

По оценкам Американской ветроэнергетической ассоциации каждый мегаватт установленной мощности ветроустановок эквивалентен 2,5 человеко-годам непосредственно работающих (монтажники, эксплуатационный и обслуживающий персонал ВЭС) и около 8 человеко-лет, считая занятых в смежных отраслях промышленности: производство ВЭУ и комплектующих изделий; лопастей генераторов; электротехнических и электронных компонентов: а также широкого ассортимента других изделий.

Так, что ВЭС мощностью 100 МВт дает работу на 250 человеколет непосредственно в энергетике и 800 человеко-лет общих рабочих мест, включая другие отрасли.

Ветроэнергетика Европы дает в настоящее время (прямая и косвенная занятость) 192000 рабочих мест. В 2020 году ожидается, что занятость достигнет 450000 рабочих мест.

44. КАКОВА ЕДИНИЧНАЯ МОЩНОСТЬ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Единичная мощность ветроустановок имеет широчайший диапазон от 40 Вт до 6000 кВт. За последние три года ветростанции комплектуются, в основном, ветроустановками единичной мощности от 1 до 3 МВт. Ветроустановка мощностью 5 МВт – это грандиозное сооружение: диаметр ротора 120 метров. Высота башни около 100-120 метров. Представьте себе футбольное поле, поставленное вертикально на высоту 100 метров и вы получите представление, что это за сооружение и каковы должны быть технологии и материалы, чтобы это сооружение непрерывно вращалось в течение десятилетий и вырабатывало энергию

нужного качества. Данные по самым крупным ВЭУ даются в таблице 7.

Таблица 7. Наиболее крупные ветроустановки в мире

	Enercon E-112	Enercon E-126	Repower 5M	Repower 6M	Bard 5.0
Мощность, МВт	4,5-6	6-7,5	5,075	6,15	5,0
Высота башни, м	124	135	117	100	90
Диаметр ротора, м	112	126	126	126	122
Скорость вращения ротора, об/мин	8-13	8-13	6,9-12,1	6,9-12,1	-

45. МОЖНО ЛИ ПОКУПАТЬ ВЕТРОСТАНЦИИ, БЫВШИЕ В УПОТРЕБЛЕНИИ?

Вопрос не простой. Все зависит от цели, которые ставит покупатель бывшей в эксплуатации ветроустановки.

Действительно, в Европе идет процесс снятия с эксплуатации ВЭУ мощностью 100-200-300-400 кВт. Там их заменяют на ВЭУ мегаваттного класса. Если Вы хотите построить ВЭС серьезной мощности (5 МВт и выше), то следует ориентироваться на новейшие разработки с последующей покупкой лицензии или организацией совместного производства в России. Если покупатель хочет приобщиться к проблеме использования энергии ветра, и его амбиции не идут дальше обладания одним-двумя ветряками, то имеет смысл приобрести за умеренную (в два раза дешевле новой) цену бывшую в употреблении установку. При этом следует обзавестись знающим консультантом, способным оценить текущее состояние приобретаемой ВЭУ и сформулировать условия модернизации ВЭУ при демонтаже и повторном монтаже. Особенно внимательно следует осмотреть лопасти и основные элементы системы управления

46. КАКИМИ ТЕМПАМИ РАЗВИВАЕТСЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗА РУБЕЖОМ?

Темпы очень высоки. Как показано в таблице 8 за последние 10 лет средний рост установленной мощности к предыдущему году составлял от 20,8% в 2004 году до 37% в 2001 году.

За 10 лет мощность ВЭУ увеличилась на 176990 МВт, то есть в 10 раз по отношению к 2000 году.

Таблица 8. Темпы роста ветроэнергической промышленности мира (Источник: GWEC, 2011)

	Установленная мощность ВЭУ, МВт	Годовой ввод мощности, МВТ	в % к предыдущему году
2000	17400	3800	27,9
2001	23900	6500	37,3
2002	31100	2700	30,1
2003	39431	8331	26,8
2004	47620	8189	20,8
2005	59091	11471	24,1
2006	74052	14961	25,3
2007	93820	19768	26,7
2008	120291	26471	28,2
2009	158738	38477	32,0
2010	194390	35692	22,4
2010 к 2000		176990	1017 (в 10 раз)

47. ЕСТЬ ЛИ ПРИМЕРЫ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Срок службы ветроустановок 20-25 лет, за это время допускается замена некоторых комплектующих изделий. В Канаде в 2000 году был отмечен 20-ый «день рождения» ветроустановки мощностью 30 кВт первого массового производства ВЭУ исправно и постоянно проработавшей без замены основных компонентов. В 2010 году в Европе насчитывается несколько десятков ВЭУ, наработавших срок службы.

48. КАК ЧАСТО НЕОБХОДИМО ПРОВОДИТЬ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Как правило, проверки отдельных систем ветроустановки предупредительного характера проводятся два – три раза в год. Особенно это касается смазки редуктора и механизма поворота башни. По мере увеличения времени эксплуатации добавляется необходимость замены отдельных комплектующих. Все операции по обслуживанию указываются изготовителем в инструкции по эксплуатации.

49. КАКОВА СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Компьютерная система перед каждым пуском ветротурбины проводит диагностику всех систем и при возникновении неисправности «не разрешает» стартовать или дает команду на остановку при возникновении определенного класса неисправностей. По английски система называется SCADA (system control and date acquaisition – система управления и сбора параметров), с ее помощью через сеть Интернет эти данные могут передаваться в любую точку Земли.

Таким образом, каждая ветроустановка автоматизирована на 100%. Пуск, набор мощности и остановка осуществляются от датчика скорости ветра, установленного на гондоле. Учет выработанной электроэнергии осуществляет в текущем году по дням и месяцам, а в прошедших годах по месяцам.

50. ЗАЩИЩЕНЫ ЛИ ВЕТРОУСТАНОВКИ ОТ УДАРА МОЛНИИ?

Современные ВЭУ имеют эффективную молниезащиту. В лопасти ветроколеса закладывается проводник, и по всей конструкции сооружаются проводники, обеспечивающие уход тока молнии в Землю. Около каждой ВЭУ сооружается система заземления, к которой подсоединяется башня.

51. ПРАВДА ЛИ, ЧТО В ЕВРОПЕ ВВОД МОЩНОСТЕЙ ВЕТРОУСТАНОВОК ОПЕРЕЖАЕТ ВВОД МОЩНОСТЕЙ ДРУГИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ. ТАК ЛИ ЭТО?

В 2006-2010 годах лидером по вводу энергетических мощностей были электростанции на газе. Вторыми по вводу были ветростанции. Вот как выглядит картина в 2010 году.

Ввод электростанций на газе составлял 28280 МВт, фотоэлектрических станций – 12000 МВт, ветростанций – 9259 МВт, (впервые ввод ФЭС превысил ввод ВЭС), электростанции на угле: ввод 4056 МВт, вывод из работы – 1550 МВт (впервые «ввод» опередил «вывод»), электростанции на биомассе – 573 МВт, солнечные термодинамические станции – 405 МВт, большие ГЭС – 208 МВт, станции на торфе – 200 МВт, на твердых бытовых отходах – 149 МВт, АЭС – ввод 145 МВт, вывод – 535 МВт, малые ГЭС – 25 МВт, геотермальные электростанции – 25 МВт, электростанции на мазуте ввод – 0, вывод – 245 МВт.

52. КАК ДАВНО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ЭНЕРГИЯ ВЕТРА ЧЕЛОВЕКОМ?

Ветровая энергия использовалась человеком, по крайней мере, 4000 лет тому назад. Достоверно доказано, что 1400 лет назад в Персии (теперь Иран) ветровая энергия использовалась для размалывания зерна. В 1900 году в Европе и Китае насчитывалось около 500000 ветровых мельниц. В 1930 году более 600000 ветряных мельниц работало в США и Канаде на водоподъеме и производстве электроэнергии.

В России к началу XX века в крестьянских хозяйствах насчитывалось 250 тысяч ветряных мельниц, которые ежегодно перемалывали половину урожая зерна.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

53. В ЧЕМ ЗАКЛЮЧАЮТСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ?

Ветростанции не загрязняют ни воздух, ни воду, ни почву и не производят твердые отходы. Ветроэнергетика замещает (экономит) органическое топливо, такое как уголь, нефть, газ, а также сокращает вероятность потерь топливных ресурсов при добыче и транспортировке. Экологически чистая ветровая энергия может существенно снизить негативное влияние на природу от энергетики. Отсутствие эмиссии парниковых газов CO_2 – основное экологическое преимущество ветроэнергетики.

Электростанции России ежегодно выбрасывают в окружающую среду, главным образом в воздух, двуокись серы, углекислый газ, окислы азота, твердые частицы золы, а также токсичные тяжелые металлы. Двуокись серы и окислы азота являются причиной кислотных дождей. Они наносят ущерб лесам и животным в них обитающим. Некоторые озера становятся биологически вымершими из-за многолетнего воздействия кислотных дождей. Кислотные дожди вызывают коррозию зданий и сооружений, таких как мосты и опоры линий электропередач. Окислы азота, выброс которых имеется при сжигании газа (относительно экологически чистого топлива) являются первичным компонентом при образовании смога.

Углекислый газ, называемый парниковым газом, являющийся продуктом сжигания любого топлива, является также виновником глобального потепления климата и изменения климата в локальных районах.

Особое беспокойство вызывает влияние вредных выбросов на здоровье населения. В мировой практике зафиксирована устойчивая связь между вредными выбросами и заболеваниями астмой, малым весом новорожденных, преждевременными родами, мёртворождени-

ем и детской смертностью. Необходимо помнить, что тяжелые металлы имеют свойство накапливаться в биологической цепи продуктов питания человека. К этому стоит добавить потерю среды обитания животных и птиц из-за разработки месторождений органического топлива и урана, не говоря уже об их гибели во время вскрышных и взрывных работ. Особую опасность представляет ртуть, содержащаяся в угле и выбрасываемая затем в воздух с горючими газами.

В таблице 9 представлено качественное сопоставление влияния на среду обитания различных электростанций.

Таблица 9. Воздействие электростанции на среду обитания

Виды воздействия	Ветер	Атом	Уголь	Газ
Глобальное потепление	нет	нет	да	да
Загрязнение воды – тепловое или вредными выбросами	нет	да	да	да
Загрязнение воздуха	нет	нет	да	ограничено
Выброс ртути	нет	нет	да	нет
Разработка месторождения, добыча топлива	нет	да	да	да
Твердые отходы	нет	да	да	нет
Среда обитания в целом	ограничено	ограничено	да	да

Пять млрд кВт•ч, которые вырабатываются на ветростанциях России, ежегодно предотвращают выбросы около 3,5 млн тонн углекислого газа, 19 тыс. тонн двуокиси серы и 12,5 тыс. тонн окиси азота.

54. КАК ОБСТОЯТ ДЕЛА С ПРЕДОТВРАЩЕНИЕМ ЭМИССИИ CO_2 ЗА СЧЕТ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ЕВРОПЕ?

Исходя из структуры производства электроэнергии в Европе, Европейская ветроэнергетическая ассоциация [EWEA] оценивает, что каждый выработанный на ветростанциях кВт•ч электроэнергии предотвращает выброс около 666 гр CO_2. Судите сами, какую роль играет топливная энергетика в изменении климата.

По оценке EWEA за счет ветроэнергетики в странах ЕС в 2009 году была предотвращена эмиссия CO_2 в 106 млн тонн. Такое количество CO_2 вырабатывают 53 млн автомобилей на дорогах Европы. При стоимости выброса одной тонны CO_2 €22,6 за тонну, ветроэнергетика «заработала» около €2,4 млрд.

55. КАКИЕ ЦЕЛИ СТАВИТ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА ЕВРОПЫ ПО СНИЖЕНИЮ ЭМИССИИ CO_2?

В таблице 10 представлены цели ветроэнергетики Европы по снижению выбросов углекислого газа.

Таблица 10. Цели ветроэнергетиков Европы по снижению выбросов CO_2
(Источник: EWEA – Pure Power, 2008)
* цена €25/т. CO_2,
** цена €90/баррель нефти

	2010	2012	2020	2030
Предотвращение выбросов CO_2, млн т	108	165	328	575
В % от обязательств EU-27 по Киотскому протоколу	24	37	44	-
Годовая стоимость* предотвращения эмиссии CO_2, млрд евро	2,7	4,1	8,2	14,4
Годовая стоимость предотвращения эмиссии CO_2, млрд евро**	6,1	10,4	20,5	34,6

56. ЧТО ОЗНАЧАЕТ ТЕРМИН «ЛАЙФ-ЦИКЛ ЭМИССИИ»?

Этот термин означает, что для энергоустановок, у которых нет эмиссии парниковых газов в процессе их работы, как, например, ветроустановок, следует учитывать эмиссию парниковых газов от энергии, затраченной на их производство на предприятии-изготовителе, транспортировку, монтаж, сервисное обслуживание и утилизацию. Это и называется «лайф-цикл эмиссии» («lifecycle emissions»). Другими словами, нужно учитывать весь жизненный цикл изделия и принимать в расчет процессы, которые связаны с эмиссией CO_2.

По данным EWEA для ветроустановок достаточно проработать от трех до шести месяцев, чтобы они выработали столько электроэнергии, сколько было затрачено на производство, строительство, монтаж и утилизацию. За это время будет предотвращен объем эмиссии равный эмиссии на предварительных этапах.

В течение срока службы 20-25 лет ветроустановка вырабатывает электроэнергии в 80 раз больше, чем на нее затрачено во время жизненного цикла, начиная от производства комплектующих изделий.

Ветроэнергетика имеет наиболее низкую «лайф-цикл эмиссию» из всех энергетических технологий.

57. ЕСТЬ ЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕТРОСТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ?

Да, есть, как и влияние любой энергетической или промышленной технологии. Но имеется принципиальное отличие: негативное влияние от ВЭС носит локальный характер и может быть смягчено людьми. В то время как негативное влияние топливных электростанций имеет глобальное влияние и его локализация очень затруднительна. Итак, имеем следующие виды негативного влияния ВЭС на среду обитания человека:

- вторжение в ландшафт;
- эрозия почвы;
- гибель птиц и летучих мышей;
- опасность гибели людей;
- искажение телевизионных и коммуникационных сигналов;
- шум.

Однако давайте рассмотрим каждый вид влияния отдельно.

58. ЧТО ТАКОЕ ВТОРЖЕНИЕ В ЛАНДШАФТ?

Кому-то нравится, кому-то нет появление в пределах видимости ветроустановки. Огромное большинство людей со временем привыкают к наличию ВЭУ в привычном виде окрестностей. Вопрос для жителей России не очень-то понятен. Мы привыкли, что нас никогда не спрашивали и не спрашивают о сооружении, например, ретрансляторной мачты или опоры ЛЭП. Однако в Европе принято об этом спрашивать жителей.

В 2007 году Eurobarometer провел исследования и подтвердил, что к ветроустановкам относятся положительно 71% граждан Евросоюза, в то время как в Дании – 93%, в Греции – 88%, на Кипре – 83%. Только солнечную энергетику поддерживает в среднем 80%, тогда как газовые станции – 42%, угольные – 26%, атомные – 20%.

59. ГОВОРЯТ, ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА ПОГУБИТ ПТИЦ И ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ. ТАК ЛИ ЭТО?

Если не располагать ветростанции на путях миграции птиц и около пещер, где зимуют летучие мыши, то случаи гибели птиц от столкновения с ветроустановками будут составлять сейчас и в будущем не более

1% от общего количества гибели птиц от результатов человеческой деятельности. Это резюме исследований, проведенных в США и Канаде совместно ветроэнергетиками и биологами.

Основными причинами гибели птиц в результате человеческой деятельности в США согласно этим исследованиям являются:

- гибель от кошек (около 1 млрд в год);
- столкновение с высотными зданиями (от 100 млн до 1 млрд в год);
- гибель от охотников (100 млн в год);
- столкновение с автотранспортом (от 60 до 80 млн в год);
- столкновение с телевизионными и ретрансляционными башнями (от 10 до 40 млн в год);
- гибель от пестицидов (67 млн в год);
- столкновение с линиями электропередач (от 10 тыс. до 174 млн в год).

В Европе в 2003 году в Испании проведено исследование гибели птиц от 692 ветроустановок на 18 ВЭС. Получено, что гибель больших и средних птиц составила 0,13 на ветротурбину в год.

Королевское общество защиты птиц Великобритании (RSPB) заявило, что у них с ветростанциями не ассоциируется какие-либо значительные случаи гибели птиц. Было констатировано, что от ветроустановок гибель птиц составляет 0,01-0,02% от гибели птиц, связанных с человеческой деятельностью.

60. КАК ОЦЕНИВАЕТСЯ ОПАСНОСТЬ ВЕТРОУСТАНОВОК ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА?

Эту опасность связывают с возможностью поражения людей в результате отрыва лопасти или кусками льда отлетевшего от лопасти при обледенении.

Однако практика говорит о том, что в настоящее время, достигнут очень высокий уровень механической надежности лопастей. Ветроустановки зачастую располагаются рядом с местами возможного появления людей. В мире работает около 200 тысяч ветроустановок и не зафиксировано ни одного случая гибели или ранения людей в результате отрыва лопасти или отлетевшими от лопасти кусочком льда. Зафиксирован один случай в Германии гибели парашютиста, которого занесло ветром на работающую ветроустановку. Вряд ли можно себе представить электростанцию более безопасную для обслуживающего персонала и

окружающих людей, чем ветростанция.

Напомним, что ветростанция полностью автоматизирована и на ВЭУ ведется контроль вибрации. При возрастании вибрации выше нормы, что возможно при обледенении, ВЭУ немедленно останавливается.

Добавим еще одно немаловажное преимущество. Никакая мыслимая и немыслимая авария на ВЭС не может привести к технической катастрофе типа аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, не говоря уже о Чернобыльской АЭС.

61. НАСКОЛЬКО ШУМНЫ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Не так уж очень. Давайте разберемся с фактами в руках.

Источником шума на ВЭУ является механическая передача от ветроколеса к генератору, в основном шум редуктора (механический шум) и шум при работе ветроколеса (аэродинамический шум). Для снижения механического шума используются гасители различной конструкции, а также применяется звукоизолирующее покрытие кабины.

В результате противошумных конструктивных решений в безредукторных ветроустановках, например фирмы Enercon можно спокойно разговаривать в кабине не повышая голоса при работающей установки.

Аэродинамический шум стараются снизить соответствующим изменением профиля лопастей и выбором оптимальной скорости вращения ветроколеса. Вот как реально выглядит шумность ВЭУ по сравнению с другими источниками шума (Таблица 11) по данным Американской ветроэнергетической ассоциации.

Таблица 11. Шумность ветроустановки по сравнению с другими источниками шума по данным Американской ветроэнергетической ассоциации

Источник шума	Величина шума, децибелы
Турбина самолета	140-150
Пневматический молоток	120-130
Промышленные помещения	110
Стереомузыка	100
Салон автомобиля	80-90
Помещения офиса	70
Жилое помещение (холодильник)	60
Ветротурбина на расстоянии 200-250 м от башни	50
Городской шум в спальне	40
Шепот	30
Шорох падения листьев	10-20

А так выглядит сравнительная характеристика источников шума по данным Европейской ветроэнергетической ассоциации (Таблица 12).

Таблица 12. Сравнительная характеристика источников шума по данным Европейской ветроэнергетической ассоциации

Источник шума	Величина шума, децибелы
Порог слышимости	0
Сельская ночь, фон	20-40
Спальная комната	35
Ветроустановка на расстоянии 350 м	35-45
Оживленная дорога на расстоянии 5 км.	35-45
Легковой автомобиль, скорость 65 км/ч, расстояние 100 м	55
Главный офис фирмы в максимум активности	60
Разговор, беседа	60
Грузовой автомобиль, скорость 50 км/ч, расстояние 100 м	65
Городской транспорт	90
Пневматический бур на расстоянии 7 м	95
Самолет на расстоянии 250 м	105
Болевой порог	140

Эти две таблицы хорошо дополняют друг друга.

При выборе площадки для установки ВЭУ необходимо обеспечить удаленность от жилья на 200-250 метров. При этом необходимо учесть розу ветров и соотношение высоты между местом установки ВЭУ и жильем.

62. ГОВОРЯТ, ЧТО ОТ ШУМА ВЕТРОСТАНЦИЙ ГИБНУТ ЧЕРВЯКИ И НАСЕКОМЫЕ, А ЗА НИМИ ГРЫЗУНЫ И ХИЩНИКИ. ЧЕРЕЗ НЕКОТОРОЕ ВРЕМЯ ТЕРРИТОРИЯ ВЕТРОСТАНЦИЙ НАПОМИНАЕТ ПУСТЫНЮ. ТАК ЛИ ЭТО? О ЧЕМ ДУМАЮТ В ЕВРОПЕ, РАЗВИВАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКУ УСКОРЕННЫМИ ТЕМПАМИ?

Нет, не так. Это самый живучий миф, не имеющий отношения к реальности. Его особенность ещё и в том, что живет этот миф в основном в России и среди тех людей, которые профессионально не занимаются ветроэнергетикой, но чего-то, когда-то, где-то об этом слышали.

Поскольку уже этот миф уже перекочевал в правительственные сферы, с ним следует разобраться подробно.

Во-первых, на грызунов (мыши, кроты, землеройки – предмет особой заботы отнюдь не экологов) действует вибрация. Промышленность изготавливает для садоводов специальные устройства для отпугивания грызунов, основанные на этом принципе. Но дело в том, что ветроустановки имеют мощнейший фундамент, который гасит вибрации башни. Влияние этой вибрации распространяется на несколько десятков метров, а расстояние между ВЭУ несколько сотен метров. Так что любители грызунов могут быть спокойны. Им ничего не угрожает, они только на несколько метров меняют свое место жительство.

Другой аспект угнетающего влияния на людей, животных и насекомых – звуковые волны с частотой менее 20 герц, так называемый «инфразвук», для людей особую неприятность составляют частоты 7-10 герц. Но дело в том, что эта опасность преодолена еще на заре ветроэнергетики.

История вопроса такова. В семидесятых годах в начале взросления ветроэнергетики на первых конструкциях ВЭУ генерировался шум, среди спектра различных частот которого имелась составляющая с частотой 3-10 Гц. Это явление было преодолено выбором профиля лопастей и выбором скорости вращения ветроколеса, а также выбором конструкции ветроустановок, когда ветроколесо «встречает ветер». Проблема

была решена. «Инфразвук» ветроустановка не генерирует. Всякие публикации по этому вопросу в научных журналах прекратилась примерно к 1985 году. Все об этой проблеме забыли, кроме отдельных «знатоков» в России. Авторам приходилось бывать на ветростанциях штата Калифорния в США и на территории ВЭС Tehachapi Pass, на которой установлено 7 тысяч ветроустановок, видеть сусликов и даже койота, который охотился за ними. Плотность современных ВЭС гораздо ниже, поскольку единичная мощность ВЭУ, которыми комплектуется современная ВЭС, составляет 1 МВт и выше, расстояние между ветроустановками достигает 400-500 метров. В этих условиях и подавно отсутствует всякая опасность для насекомых, птиц и грызунов подвергаться отрицательным воздействиям от шума ветроустановок и не только от «инфразвука». Площадь между ветряками используется либо как пастбище, либо для выращивания сельскохозяйственных и кормовых культур. Обычная картина на полях Германии, Дании, Голландии, где приходилось бывать авторам: скот, пасущийся рядом с ветроустановками, чайки, летающие между ними, и насекомые, спокойно занимающиеся своими делами в траве.

Любопытное свидетельство по данному вопросу приводит EWEA. Ветростанции очень популярны среди фермеров, поскольку их земля продолжает использоваться для получения растущих урожаев зерновых или выращивания трав для пастбищ. Овцы, коровы и лошади не испытывают беспокойства от ветроустановок. Наряду с доходами от аренды земли под ветроустановки, фермеры продолжают получать доход от животноводства и растениеводства.

Неужели этих фактов недостаточно и миф о гибели грызунов будет возникать, как только речь будет заходить о строительстве ВЭС.

В заключении приводится перевод соответствующего раздела книги EWEA.

Звук низкой частоты, известный как инфразвук, может вызывать утомление и раздражение у чувствительных людей и поэтому широко изучается во всех странах. Самое главное состоит в том, что современные турбины, расположенные ветроколесом «на ветер» (up-wind) генерируют не очень мощный инфразвук, как правило, ниже порога восприятия.

Обозрение всех известных публикаций результатов измерений инфразвука от ветротурбин убедительно показывает, что ветротурбины типа «на ветер» генерируют инфразвук, величиной которого можно в оценке экологического эффекта пренебречь.

Опыт развития ветровых станций Европы свидетельствует, что шум от ветротурбин в общем очень мал. Сравнение многих устройств, генерирующих шум, с ветроустановками показывает, что шум от ветротурбин в Европе небольшая проблема. Информация из США также свидетельствует, что недовольство шумом от ветротурбин выражается весьма редко и обычно находится удовлетворительное решение. [Wind Energy – the facts, EWEA, London sterling, VA, 2009, p. 331].

63. КАК ВЕТРОУСТАНОВКИ ВЛИЯЮТ НА МИКРОКЛИМАТ МЕСТНОСТИ, В ЧАСТНОСТИ НА СКОРОСТЬ ВЕТРА И ЕГО ЭНЕРГИЮ? НЕ ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ ВЕТРОСТАНЦИИ ЕЩЕ ОДНОЙ ПРИЧИНОЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА?

Этот вопрос можно отнести к заблуждениям. Во-первых, самое большое препятствие для ветра представляют леса. Но никто не призывает к их рубке, чтобы дать простор ветру. Но это так к слову.

Действительность же заключается в том, что высота приземного слоя воздуха, в котором «гуляют» ветра, как минимум составляют 10 км. Многочисленными примерами доказано, что скорость ветра после препятствия восстанавливается на расстоянии десяти высотам препятствия. Энергия ветра как бы восстанавливается из верхних слоев приземного слоя. Для дальнейших рассуждений еще нужно сказать, что современные ветроустановки с диаметром ветроколеса 80-100 метров, устанавливаются друг от друга на расстоянии 5-10 диаметров ветроколеса, в нашем примере от 400 до 1000 метров.

Определим максимально какую долю энергии отнимает ветроустановка с диаметром ветроколеса 100 метров от приземного слоя 1 км. При этом знать нужно немного, что энергия, отнимаемая ветроустановкой пропорциональна площади, а ометаемая площадь, то есть площадь вращающегося ветроколеса равна $S=\pi R^2$, то есть квадрату радиуса умноженному на коэффициент π = 3,14. Также необходимо знать, что ветроустановка «отнимает» от энергии набегающего ветра в лучшем случае половину, $k_в=0,5$. Отсюда, энергия, отбираемая нашей ветроустановкой пропорциональна площади равной $kS = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 50^2 = 3925$ м^2.

Энергия ветра, пролетающего мимо ветроустановки, пропорциональна высоте приземного слоя h = 1000 м, и расстоянию между ветроустановками l=500 м, то есть $S_{верх} = l \cdot h = 1000 \cdot 500 = 500000$ м^2. Отсюда доля энергии ветра, отбираемая ветроустановкой от приземно-

го слоя составляет 3925/500000 х 100 = 0,785%.

Всякому здравомыслящему человеку ясно, что такая величина не в состоянии как – либо повлиять на изменение местного климата.

64. ПРАВДА ЛИ, ЧТО ВЕТРОУСТАНОВКИ ОБЛАДАЮТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ, УГНЕТАЮЩЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НА ПТИЦ И ПРОЧУЮ ЖИВНОСТЬ?

Это даже не миф и не заблуждение, а забвение школьного курса физики. Электростатическое поле возникает между двумя неподвижными зарядами: положительным и отрицательным.

Электростатическое поле могло бы возникнуть при трении воздуха о пластиковую лопасть. Но заряды от лопасти отводятся в систему заземления. Так что электростатического поля на ВЭС нет. Но там, где есть электричество, там есть электромагнитное поле. Оно есть и от мобильных телефонов, электролампочки и любого бытового прибора. Но его интенсивность настолько мала, что в жизни мы его не замечаем.

Птицы его не замечают, когда сидят на проводах, а аисты умудряются строить гнезда на опорах ЛЭП 6-10 киловольт.

Птицы гибнут от столкновения с ветряками и этот вопрос подробно рассмотрен в ответе на вопрос № 59.

65. СКОЛЬКО НУЖНО ЗЕМЛИ ДЛЯ ВЕТРОСТАНЦИИ?

Собственно под ветроустановку нужно 200-400 квадратных метров, плюс дорога к ней, длина которой зависит от общей схемы дорог.

Если ВЭС располагается на плодородных землях, то промежутки между ВЭУ используются по своему прямому сельскохозяйственному назначению. В США и Европе среди фермеров процветает бизнес, они получают арендную плату за предоставления земли под ветроустановки, продолжая заниматься своим прямым делом; выращиванием сельскохозяйственных культур и животноводством. Причем в договорах предусматривается 100% рекультивация земли после истечения срока службы ВЭУ.

Но чаще всего ВЭУ располагаются на землях не пригодных для сельского хозяйства. Описанная выше ситуация резко отличается от землеотвода под тепловые и атомные электростанции, не говоря уже о ГЭС с крупным водохранилищем. В этом случае земли для сельского хозяйства теряются безвозвратно.

66. СКОЛЬКО ТРЕБУЕТСЯ ВОДЫ ДЛЯ РАБОТЫ РАЗНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ВЕТРОСТАНЦИЯМИ?

Проблема обеспечения водой промышленных предприятий и электростанций становится всё более актуальной.

По данным Калифорнийской энергетической комиссии электростанции на органическом топливе потребляют количество воды (имеется ввиду прямые потери на испарение и не учитывается возврат воды, и её дальнейшее использование) указанное в таблице 13.

Таблица 13. Безвозвратный расход воды электростанциями на органическом топливе

Вид электростанции	Расход воды, литров/кВт•ч
Атомная	2,3
На угле	1,9
На нефти и нефтепродуктах	1,6
С комбинированным циклом на газе	0,95

На ветростанциях вода используется для очистки лопастей от пыли, которая осаждаясь на лопастях изменяет аэродинамический профиль и снижает эффективность работы ВЭУ. По данным Американской ветроэнергетической ассоциации, промывать лопасти целесообразно четыре раза в год. Аналогично рекомендуется очищать от пыли фотоэлектрические панели. Расход воды на эти цели для электростанций на возобновляемых источниках показан в таблице 14.

Таблица 14. Безвозвратный расход воды, на электростанциях на возобновлямых источниках энергии

Вид электростанции	Расход воды, л/ кВт•ч
Ветровые	0,004
Фотоэлектрические	0,110

Таким образом, безвозвратные потери воды на ВЭС в 475 раз меньше, чем на АЭС, около 400 раз меньше чем на угольных станциях и 275 раз менее, чем станциях на газе.

67. СУЩЕСТВУЕТ МНЕНИЕ, ЧТО ВЕТРОСТАНЦИИ НЕ СНИЖАЮТ ОБЪЕМ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ: ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПРОДОЛЖАЮТ РАБОТАТЬ ИЗ-ЗА НЕСТАБИЛЬНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ОТ ВЕТРОСТАНЦИЙ. ТАК ЛИ ЭТО?

Нет, конечно не так. Во-первых, количество вредных выбросов прямо пропорционально количеству сожженного топлива. А количество сожженного топлива на тепловых электростанциях (ТЭС) напрямую зависит от количества выработанной энергии. Здесь нужно взять поправку на снижение кпд тепловой станции при снижении нагрузки, но это несоответствие составляет несколько процентов. Значит, с выдачей энергии от ВЭС снижается энергия, вырабатываемая на ТЭС и, следовательно, снижается объем вредных выбросов.

Во-вторых, регулирование мощности в энергосистеме ведут обычно гидростанции, поэтому небольшие изменения мощности от ВЭС воспринимаются гидростанциями.

В-третьих, даже если в энергосистеме регулирование мощности ведут тепловые станции, то, как показывают исследования, при вводе ветростанции мощностью 100 МВт, дополнительная мощность для регулирования на ТЭС требуются всего около 2 МВт.

Так что сокращение вредных выбросов при работе ВЭС является неоспоримым фактом.

68. КАК ВЛИЯЮТ ВЕТРОУСТАНОВКИ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА?

Положительно, поскольку от ВЭУ нет эмиссии парниковых газов, как от всех тепловых электростанций; нет выбросов газов, образующих кислотные дожди и смоги, нет выбросов твердых частиц, как от угольных электростанций.

69. ВЕТРОУСТАНОВКИ ИСКАЖАЮТ СИГНАЛЫ РАДАРОВ И РАДИО?

До недавнего времени считалось, что помехи радио и телевизионному приему от ВЭУ незначительны, если избегать их строительства в одну линию по направлению к передающей станции или располагать на достаточном расстоянии. Если передача теле- и радиосигналов осуществляется через спутник, проблема отпадает автоматически.

Лопасти первых ветроагрегатов выполнялись из металла или дерева. Металлические лопасти отражают радио и телевизионные сигналы, а деревянные - поглощают их. Из-за малого количества подобных агрегатов и их небольших размеров они не рассматривались как помеха для радио - и телесигналов. С ростом мощностей и размеров ВЭУ их лопасти почти повсеместно выполняются из стекловолокна, без каких-либо металлических включений, и, поэтому они полупрозрачны для теле- и радиосигналов. С дальнейшим увеличением размеров и мощностей ВЭУ до 1 МВт и более для защиты лопастей от ударов молнии внутри лопастей стали закладываться алюминиевые проводники довольно значительного сечения, по которым ток при ударе молнии уходит в землю. Такие лопасти становятся своего рода зеркалами для проходящих радио- и телесигналов.

Помехи, вызванные отражением электромагнитных волн лопастями ветровых турбин, могут сказываться на качестве телевизионных и микроволновых радиопередач, а также на работе различных навигационных систем в районе размещения ветрового парка ВЭС на расстоянии нескольких километров. ВЭУ становится препятствием для сигналов военных радаров.

На основании многочисленных исследований дается следующая рекомендация: для уменьшения влияния ВЭУ на радио и телевизионную связь необходимо располагать ВЭС на расстоянии, исключающем их влияние на работу радио- и телекоммуникационных систем, (обычно до 1 км) использовать при производстве лопастей радиопоглощающие покрытия.

70. ЧТО ДЕЛАЮТ ПРОИЗВОДИТЕЛИ, ЧТОБЫ СНИЗИТЬ УРОВЕНЬ ШУМА?

Таких направлений несколько. Среди них.

- Ориентация на ветер. Раньше практиковалось две конструкции ветротурбин. Одна, когда ветер набегает на ветроколесо («на ветер»), вторая, когда ветер сначала встречает гондола, а затем ветроколесо («под ветер»). На конструкции «под ветер» ориентация ветроколеса происходит за счет давления ветра и никаких дополнительных устройств поворота не нужно. В конструкциях «на ветер» ориентация происходит с помощью специального механизма поворота, действующего от датчика направления ветра – флюгера. Это существенно усложняет конструкцию ветроустановки, но именно эту конструкцию

приняли все современные фирмы и именно потому, что она издает гораздо меньше шума. В конструкциях «под ветер», набегающий поток ветра встречает гондолу, турбулизируется ею и начинает издавать импульсы скачков шума. Поэтому в настоящее время почти все мощные ветроустановки выполняются с ориентацией «на ветер».

- Башни и гондолы обтекаемой формы. Для башни принята за базу коническая стальная труба. Решетчатые башни на мощных ВЭУ применяются крайне редко, хотя они гораздо дешевле. Причина такая: стремление уменьшить турбулизацию потока и снизить шум. Если раньше кабина была угловатой формы, то сейчас практически все кабины обтекаемой формы.
- Усиление звукопоглощения кабин и применение других конструктивных решений по оборудованию. Внутренность кабины обшивается специальными звукопоглощающими материалами. Источники технического шума, в первую очередь редукторы, покрываются звукопоглощающими кожухами, крепление к несущей раме оборудования (редуктор, генератор, подшипник) осуществляется с применением демпфирующих прокладок, что снижает вибрацию и механический шум.
- Лопасти ветроколеса становятся более эффективными. С накоплением опыта все более совершенствуется аэродинамический профиль лопастей, они становятся более эффективными и одновременно менее шумными.

71. ЧТО МОЖНО СКАЗАТЬ О ШУМНОСТИ МАЛЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК?

Парадоксально, но шумность малых ВЭУ больше, чем шумность больших ветротурбин, за исключением ветроустановок с вертикальной осью, по крайней мере, по двум причинам:

- скорость вращения ветроколеса и соответственно концов лопастей малых ВЭУ выше, чем у больших;
- гораздо больше средств выделяется на исследования по снижению шума от больших машин, чем для малых.

Поскольку неприятности от шума малых ВЭУ испытывает в основном владелец ВЭУ, то пока шумность малых ветроустановок не является препятствием их использования. Ветроустановки с вертикальной

осью практически бесшумны и их можно располагать на крышах строений и домов.

72. МОГУТ ЛИ ВЕТРОУСТАНОВКИ БЫТЬ ОБЪЕКТАМИ ТУРИЗМА?

Да, и весьма популярными. Например, по данным Британской ветроэнергетической ассоциации, на первой коммерческой ветростанции в Делаболе (Delabole) за первые 10 лет побывало с экскурсиями 35000 посетителей. В Шотландии 80% туристов желают посетить ветростанции. Аналогичная картина и по другим странам.

73. КАК МОЖНО ОЦЕНИТЬ ВКЛАД ВЕТРОУСТАНОВОК В ЗАЩИТУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ?

Вклад ветроустановки в защиту среды обитания человека зависит от ее мощности и средней скорости ветра, то есть величины вырабатываемой ею энергии в течение года.

Так ВЭУ мощностью 1 МВт производит в год в среднем 2,6 млн кВт•ч. Это означает, предотвращение выбросов по сравнению с тепловой станцией на угле:

- двуокиси серы – 3,6 тонн;
- окислов азота – 10 тонн;
- углекислого газа – 2970 тонн;
- твердых частиц – 0,86 тонн.

Такое количество углекислого газа поглощает лес на площади 2,5 км^2, так что работающая ветроустановка как бы непрерывно расширяет лесной массив.

ЭКОНОМИКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

74. ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА - ОБУЗА ИЛИ БЛАГО ДЛЯ ЭКОНОМИКИ ЕВРОПЫ?

По расчетам Европейской комиссии при достижении к 2020 году 20% доли возобновляемой энергетики в производстве электроэнергии означает 2,8 млн рабочих мест, основная часть которых приходится на ветроэнергетику. В Европе в ветроиндустрии работает 190 тыс. человек. Европейские комиссии являются лидерами ветроэнергетики мира, обеспечивая 60% рынка ветроэнергетики в мире в 2008 году. К тому же это поощряет делать инвестиции в Европе, поскольку внешние рынки менее стабильны.

Возрастающая цена на топливо и выбросы углекислоты увеличивают конкурентоспособность ветроэнергетики, поскольку она не зависит ни от цены на топливо, ни от цены на выбросы. Ветроэнергетика может повлиять на снижение тарифов на электроэнергию, поскольку вносит элементы конкуренции в рынок электроэнергии.

75. ПРО ЕВРОПУ ЯСНО, НО ЗАЧЕМ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА ЭКОНОМИКЕ РОССИИ ПРИ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НЕФТЬЮ, ГАЗОМ И УГЛЕМ?

Рано или поздно до нас дойдет, что снижать выбросы CO_2 важно и для нашей экономики, поскольку снижая выбросы CO_2 мы снижаем ущерб от кислотных дождей, прежде всего сельского хозяйства и снижаем заболеваемость людей, то есть расходы на здравоохранение, точнее снижаем потребность в инвестициях в здравоохранение, которые сейчас не удовлетворяются.

В полной мере для России актуально создание дополнительных рабочих мест, как в области машиностроения, так и субъектах РФ, где бу-

дут монтироваться ВЭС.

И, наконец, необходимо понять, что развитие ветроэнергетики в Европе – реальная угроза снижения нашего экспорта нефти и газа. Адекватным ответом могло бы служить активное участие нефтяных и газовых компаний России в развитии ветроэнергетики. Такое направление диверсификации их деятельности вполне может скомпенсировать снижение объема экспорта. Компенсация снижения объема экспорта за счет повышения внутренних цен на нефть и газ является гибельным путём для страны в целом, так как ведет к неконкурентности экономики в целом. А эти процессы (сокращение экспорта в Европу) не за горами. К 2015 году к ветроэнергетике по доле в энергобалансе подтянется солнечная фотоэнергетика.

76. КАКОВА СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЕТРОСТАНЦИИ?

В 2007 году на суше в местах с низкой и средней среднегодовой скоростью ветра себестоимость составляла 6-8 евроцентов/кВт•ч, а хорошей скоростью ветра 4-5 евроцента/кВт•ч.

Общая тенденция заключается в том, что себестоимость снижается в зависимости от разных обстоятельств, кроме величины среднегодовой скорости ветра. Так при удвоении производства ВЭУ себестоимость электроэнергии снижалась от 9 до 17%.

За последние двадцать пять лет с 1980 по 2005 год себестоимость ветровой энергии снизилась в среднем в мире с 30 до 5 центов США/ кВт•ч. На многих ветроустановках в Америке и Европе она составила 4 цента США/ кВт•ч. Правда в последние 3 года имело место небольшое повышение средней себестоимости в связи с массовым сооружением «морских» ВЭС. Тем не менее стоит упомянуть, что на электростанциях, использующих органическое топливо себестоимость электроэнергии растет и прогнозируется её устойчивый рост на других видах электростанций.

Снижение себестоимости произошло с ростом единичной мощности ВЭУ. Так в середине 80-х годов себестоимость электроэнергии от ВЭС мощностью 95 кВт составляла 9,2 евроцента/кВт•ч, а от ВЭС мощностью 2 МВт сейчас составляет 5,3 евроцента/кВт•ч.

В 2010 году на ВЭС средней модности (1,5 МВт – по западным меркам это средняя мощность) себестоимость составляла от 5 до 6,5 евроцентов/кВт•ч. Для сравнения Европейская комиссия установила, что

себестоимость электроэнергии газовых электростанций с комбинированным циклом составит 3,5-4,5 евроцента/кВт•ч, а угольных станций с комбинированным циклом 4-5 евроцентов/кВт•ч. Но эти данные не учитывают колебания цен на топливо и плату за выбросы.

В 2008 году Международное энергетическое агентство (IEA) опубликовало World Energy Outlook (обозрение энергетики мира с прогнозом стоимости электроэнергии от электростанции: ВЭС и ТЭС на угле и газе в 2015 и 2030 году. По этим прогнозам в 2015 году электроэнергия от угольных станций будет стоить 82 €/МВт•ч, газовых – 101 €/МВт•ч и ВЭС 75 €/МВт•ч, при стоимости выбросов CO2 30 $/МВт•ч от угольных станций и 15 $/МВт•ч от газовых станций.

При этом ясно, что поскольку на ВЭС нет платы за топливо и выбросы CO_2, то предсказание цены от ВЭС наиболее достоверно.

Необходимо помнить, что электроэнергия от топливных электростанций приносит неизмеримо большие «внешние затраты», чем от ВЭС.

77. КАК МОЖНО ОЦЕНИТЬ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ?

Ветроэнергетика конкурентна уже сейчас, если в затраты на тепловых и атомных станциях вносить плату за выбросы CO_2 и внешние затраты, которые несет государство по здравоохранению и ликвидации воздействия на природу тепловых и атомных электростанций. А также уровнять государственные субсидии в традиционную энергетику и возобновляемую энергетику.

78. В ЕВРОПЕ ПРАКТИКУЕТСЯ ТОРГОВЛЯ ВЫБРОСАМИ. ЧТО ЭТО?

Европейская система торговли эмиссией CO_2 (Emission Trading System – ETS) охватывает 10000 предприятий с высокой эмиссией CO_2: производство электрической и тепловой энергии, нефтепереработка, выплавка стали, производство цемента, стекла, кирпича, керамики, бумаги. Они могут покупать и продавать разрешение на эмиссию CO_2. ETS устанавливает сколько CO_2 эти большие предприятия могут выбрасывать. Компании, эмиссия CO_2 в которых превышает норму, могут купить часть нормы у компаний, которые имеют запас по эмиссии. У компаний есть также возможность либо улучшать технологические процессы по основному производству, либо строить или участвовать в строительстве ветростанции, солнечных систем, малых ГЭС, то есть

объектов не имеющих эмиссии CO_2.

Например, при производстве одного мегаваттчаса электроэнергии на угольной станции эмиссия CO_2 составляет около одной тонны, а на газовой станции около полтонны. Если эти электростанции будут платить за эмиссию CO_2 (покупать квоту у ВЭС), то ВЭС становится конкурентоспособной.

79. ГОВОРЯТ, В ЕВРОПЕ ДЛЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СПОСОБ, НАЗЫВАЕМЫЙ «ФИД-ИН-ТАРИФ» (FEED-IN-TARIFF). В ЧЕМ ЕГО СУТЬ?

В странах Европы применяются многие формы субсидий для производства электроэнергии от возобновляемых источников энергии. Однако, наиболее часто встречающийся механизм поддержки – это feed-in-tariff [FIT]. FIT это экономический механизм, предназначенный поддерживать реализацию политики.

Для ветроэнергетики он типично включает: гарантию доступа к сетям, долгосрочный контракт (15-20 лет) на производство и продажную цену электроэнергии, базирующуюся на себестоимости производства электроэнергии от ветра.

FIT обязывает региональные или национальные энергосистемы покупать электроэнергию от станций на базе ВИЭ. Этот инструмент дает возможность возобновляемой энергетике развиваться, а инвесторам гарантировано возвращать инвестиции.

С 2009 года система FIT действует в странах: Австрия, Бельгия, Кипр, Чешская республика, Дания, Эстония, Франция, Германия, Венгрия, Ирландия, Италия, Литва, Люксембург, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария и Великобритания.

80. ЕСЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНА, ТО ПОЧЕМУ ОНА НУЖДАЕТСЯ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКЕ?

Мало кто знает, но в России абсолютно все виды энергетики и в новом тысячелетии при её фактической приватизации пользуются государственной поддержкой под разными предлогами. Ежегодно из государственного бюджета России на строительство и безопасность атомных, тепловых и гидравлических станций выделяются десятки мил-

лиардов рублей (точнее 15-20 млрд долларов). Прискорбно, но при этом доля государства в энергокомпаниях не возрастает – еще один парадокс приватизации. Когда же речь заходит о возобновляемой энергетике, то прямая государственная поддержка в устах противников вдруг становится аргументом её неэффективности. Как видим это далеко не так, тем более, что на первом этапе речь идет о прямой поддержке ветровой энергетики в размере 2-3 млрд долларов в год, что поможет отрасли закрепиться на рынке электроэнергии. Всем известно, что для этого необходимы соответствующие меры поддержки: от снижения налогов до прямых инвестиций.

Но есть и еще один аргумент в пользу возобновляемой энергетики вообще и ветроэнергетики в частности. Это проблема изменения климата за счет эмиссии углекислого газа от топливной энергетики и проблема «кислотных» дождей, образующихся за счет выбросов окислов серы и азота при сжигании в основном угля и других видов органического топлива. Эти два явления приводят к тому, что общество вынуждено тратить огромные средства на компенсацию прямых убытков, а также здравоохранение и другие природоохранные мероприятия.

Эти, так называемые «внешние затраты» по разным оценкам составляют от 1 до 1,5 центов США на каждый киловатт час электроэнергии. С учетом этих затрат, ветроэнергетика становится конкурентоспособной без всяких условий.

81. ЧТО НУЖНО СДЕЛАТЬ С ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ, ЧТОБЫ ОБЛЕГЧИТЬ ИНТЕГРАЦИЮ ВЕТРОСТАНЦИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ?

Прежде всего, обеспечить не дискриминационные условия подключения к сети энергосистемы. Необходимо учесть в договорах на поставку электроэнергии от ВЭС, тот факт, что поставщик не может на 100% гарантировать в суточном и месячном разрезе объем поставляемой энергии, поскольку энергия ветра имеет случайный характер с определенным процентом вероятности. Опыт работы ветроэнергетических станций Германии и Великобритании, например, свидетельствует, что и в годовом разрезе возможны колебания выработки (точнее колебания среднегодовой скорости ветра) в пределах ± 10% от среднего значения. Следовательно, в новой системе реструктурированной энергетики необходимо учесть это объективное обстоятельство. Прежде всего, нужно вывести ВЭС на местный, а не на оптовый рынок электроэнергии.

82. КАК ОЦЕНИТЬ ВОЗМОЖНЫЙ ВКЛАД ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ?

Энергия ветра – это доступный и неистощимый ресурс для производства электроэнергии. Преимущество и в том, что она не имеет вредных выборов ни газообразных, ни твёрдых, не истощает природные ресурсы. В этом её «скрытый» вклад в экономику.

Прямой вклад в экономику – достижение производства электроэнергии на ВЭС в объеме порядка 15-18 млрд кВт•ч к 2020 году.

83. КАКИЕ МЕРЫ ПОДДЕРЖКИ СЛЕДОВАЛО БЫ ПРИНЯТЬ В РОССИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ?

Как известно, в октябре 2007 года приняты поправки к Федеральному закону № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», устанавливающие некоторые меры стимулирования и государственной поддержки использования ВИЭ. В частности, предусматривалось введение в 2008 году подзаконных актов, касающихся подключения электростанций с использованием ВИЭ к сетям общего пользования, а также установления надбавок к тарифу на электроэнергию, вырабатываемую на таких электростанциях. Однако до настоящего времени (июль 2011 г.) комплект необходимых подзаконных актов не разработан и в России отсутствуют какие-либо меры по стимулированию использования возобновляемых источников энергии, и ветроэнергетики в том числе. На базе опыта других стран, практикующих широкий спектр мероприятий, как на уровне государства, так и на уровне местных властей можно было бы рекомендовать все указанные ниже мероприятия, действующие в странах, где успешно развивается возобновляемая энергетика.

Итак, на уровне государства за рубежом практикуются следующие меры, которые успешно можно применять и в России:

- обязанность тарифного органа устанавливать фиксированный тариф на срок до 5-6 лет на выработанную ВЭУ электроэнергию, обеспечивающий простой срок окупаемости сооружения ВЭУ за 4-5 лет;
- субсидии на каждый кВт•ч выработанной электроэнергии (в виде прямой выплаты или налоговой скидки). В Канаде за каждый кВт•ч выплачивается 1 цент, в США – налоговая скидка 2,5% за кВт•ч;
- инвестиционные субсидии (гранты, ссуды, благоприятные налоговые льготы) для компенсации высоких удельных капитальных вложе-

ний; при строительстве объектов возобновляемой энергетики как для общего, так и для индивидуального пользования;

- установление стандарта, обязывающего производителей или дистрибюторов электрической энергии вырабатывать определенный процент на базе возобновляемых источников энергии либо собственными силами, либо приобретением «зеленых сертификатов»;
- введение в тариф на электроэнергию, вырабатываемую на базе органического топлива, дополнительной составляющей за вредный выброс;
- разрешение энергообъединениям введение для покупателей энергии специального повышенного тарифа «зеленая энергия», как средства участия населения в добровольном софинансировании объектов возобновляемой энергетики;
- меры по стимулированию инвесторов, упрощающие доступ инвесторов к получению кредитов под сниженную кредитную ставку;
- установление государственных целей по вводу мощности ВЭС к 2010, 2015 и 2020 году;
- разработка и принятие программы по финансовой поддержке достижения целей установленных правительством, например «ввод 1000 МВт к 2015 году;
- установление ускоренной амортизации на оборудование возобновляемой энергетики;
- разработка программы стимулирования рынка в виде «Плана действий по изменению климата», устанавливающей цели по снижению эмиссии парниковых газов от электроэнергетики.

На уровне субъектов Российской Федерации может быть реализована:

- активная поддержка и контроль установления тарифов на электроэнергию, вырабатываемую на ВЭС местного значения, обеспечивающего окупаемость в 3-4 года;
- обеспечение недискриминационного подключения к сетям общего пользования объектов возобновляемой энергетики;
- установление требования к местным производителям энергии производить определенную часть на базе возобновляемых источников;
- постановление правительства субъектов об обеспечении некоторого процента электроэнергии, потребляемой муниципальными

пользователями за счет «зелёной энергии» (т.е. по повышенным тарифам), подавая пример для участия в процессе добровольного финансирования ВИЭ предприятиям и индивидуальным владельцам;

- снижение местных налогов.

Предложенные выше мероприятия не исчерпывают всех возможных мер поддержки. При этом не требуется вводить все сразу. На первом этапе достаточно было бы двух-трех основных экономического плана и столько же организационно-политических мероприятий.

84. СКОЛЬКО СТОИТ ВЕТРОУСТАНОВКА БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ?

Стоимость установки как таковой не является показателем. В электроэнергетике используется понятие удельная стоимость 1 кВт установленной мощности. Этот показатель получают разделив стоимость станции на ее мощность. То есть в эту стоимость входят все затраты при строительстве станции. В 2010 году EWEA оценила среднюю удельную стоимость ВЭС – 1225 €/кВт. При этом стоимость ветроустановки (отпускная цена) оценивается порядка 75% от указанной выше удельной стоимости. В абсолютных цифрах заводская стоимость, например, ВЭУ мощностью 2 МВт = 2000 кВт будет составлять:

1225 • 0,75 • 2000 = 1 837 500 евро

85. КАКОВА СТРУКТУРА ЗАТРАТ НА СООРУЖЕНИЕ ВЕТРОСТАНЦИИ НА СУШЕ?

Структура затрат на сооружение ветроустановок средней мощности (850-1500 кВт) на основе данных Германии, Дании, Испании и Великобритании в 2001-2002 годах представлены в таблице 15 (Источник: Renewable Energy World, July-August, 2004. Vol. 7, num. 4. p. 126-137.).

Таблица 15. Структура затрат на сооружение ветроустановок средней мощности (850-1500 кВт)

Компоненты затрат	Доля от общей стоимости, %	Доля в прочих затратах, %
Ветротурбина (заводская цена), включая транспортировку и монтаж	74-82	-
Фундамент	1-6	20-25
Электрическое оборудование	1-9	10-15
Подключение к сети	2-9	35-45

Компоненты затрат	Доля от общей стоимости, %	Доля в прочих затратах, %
Консалтинг	1-3	5-10
Земля	1-3	5-10
Финансовые затраты	1-5	5-10
Сооружение дороги	1-5	5-10

Как видно, стоимость собственно ветроустановки составляет порядка 74-82% от общей стоимости строительства. А среди «прочих затрат», то есть затрат по сооружению ВЭС, основными являются затраты на сооружение фундамента и на подключение к сети.

Структура затрат на сооружение ветроустановки мощностью 2 МВт (среднестатистические данные по Европе в 2007 году) показана в таблице 16 (Источник: Riso DTU, 2008). Эти данные можно брать за основу оценки стоимости ВЭС.

Таблица 16. Структура затрат на сооружение ветроустановки мощностью 2 МВт (среднестатистические данные по Европе в 2007 году)

Компоненты	Средняя стоимость, евро/кВт	В % от общей стоимости	В % от стоимости ветроустановки
Стоимость турбины, включая транспортировку	928	75,6	100,00
Фундамент	80	6,5	8,62
Электроаппараты	18	1,5	1,94
Подключение к сети	109	8,9	11,75
Системы управления	4	0,3	0,43
Консультации	15	1,2	1,62
Земля	48	3,9	5,17
Финансовое обеспечение	15	1,2	1,62
Дорога	11	0,9	1,19
Всего	1228	100	132,33

86. КАКОВА СТРУКТУРА ЗАТРАТ ПО ЭЛЕМЕНТАМ КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОУСТАНОВКИ НА СУШЕ?

По данным NREL (Национальная лаборатория возобновляемой энергетики США) структура затрат по элементам ВЭУ («ветротурбины»)

для ВЭУ мощностью 1,5 МВт, диаметр ротора 70 м и высота башни 65 м представлена в таблице 17.

Таблица 17. Структура затрат по элементам ветроустановки мощностью 1,5 МВт (по данным NREL)

	Компоненты	Стоимость, тыс. $	В % от ВЭУ
1.	Ротор	**237**	**22,9**
	в том числе лопасти	152	14,7
2.	Приводной механизм и кабина	**617**	**59,5**
	в том числе:		
	редуктор	153	14,8
	генератор	98	9,5
	электроника измерения скорости вращения	119	11,5
	главная рама	93	9,0
	электрические устройства и кабели	60	5,8
3.	Системы управления, защиты и автоматики	**35**	**3,4**
4.	Башня	**147**	**14,2**
	Стоимость ветроустановки	1036	100

87. КАКОВА СТРУКТУРА ЗАТРАТ МОРСКОЙ ВЕТРОСТАНЦИИ?

По данным Riso DTU (Дания) средняя стоимость компонентов двух морских станций в расчете на 1 МВт установленной мощности представлена в таблице 18.

Таблица 18. Средняя стоимость компонентов двух морских станций в расчете на 1 МВт установленной мощности (по данным Riso DTU)

	Виды затрат	Инвестиции	
		Тыс. евро	В % от общего
1.	Ветротурбина на заводе, транспортировка и монтаж	815	48,5
2.	Трансформаторная подстанция и кабель на береговую подстанцию	270	16,1
3.	Внутренние подключения ВЭУ к подстанции в море	85	5,1
4.	Фундамент	350	20,8
5.	Проект и управление проектированием	100	5,9
6.	Анализ влияния на окружающую среду (экологический раздел проекта)	50	3

	Виды затрат	Инвестиции	
		Тыс. евро	В % от общего
7.	Прочие затраты	10	0,6
	Всего	1680	
	Удельные капитальные вложения	1680 €/кВт	

88. КАКОВА СТРУКТУРА ЗАТРАТ ПО ЭЛЕМЕНТАМ КОНСТРУКЦИИ МОРСКОЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

По данным американской лаборатории возобновляемой энергии (NREL) структура затрат по элементам ВЭУ мощностью 3,0 МВт, диаметр ротора – 90 м показана в таблице 19.

Таблица 19. Структура затрат по элементам ветроустановки мощностью 3,0 МВт (по данным NREL)

	Компоненты	Стоимость	
		Тыс. евро	В % от общего
1.	Ротор	477	17,7
	в том числе:	319	11,8
	лопасти		
2.	Приводной механизм и кабина	1425	52,8
	в том числе:		
	редуктор	408	15,1
	генератор	211	7,8
	электроника изменения скорости вращения	266	9,8
	главная рама	166	6,1
	электрические устройства и кабели	150	5,6
3.	Системы управления, защиты и автоматики	60	2,2
4.	Башня	415	15,4
5.	Приспособления для транспортировки турбины и башни	321	11,9
	Стоимость установки	2698	100

89. КАК ВЫГЛЯДИТ УДЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ВЕТРОСТАНЦИЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ?

По оценкам международного энергетического агентства (IEA) сегодняшние и прогнозируемые значения капитальных вложений представлены в таблице 20.

Таблица 20. Сегодняшние и прогнозируемые значения капитальных вложений в электростанции разного типа (* Оценка авторов)

Вид электростанции	Капитальные вложения, $/кВт	
	2005	2030
Традиционная гидроэнергетика	1550-5500	1550-5500
Атомные электростанции	1500-1800	1500-2300*
ТЭС на угле	1000-1200	1000-1250
ТЭС на газе	450-600	400-500
Наземная ВЭС	900-1100	800-900
Морская ВЭС	1500-2500	1500-1900

Как видим, снижение удельной стоимости прогнозируется лишь для ВЭС и ТЭС на газе.

90. ПРАВДА ЛИ, ЧТО БЛАГОДАРЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ СНИЖАЮТСЯ ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ?

Да, это так. Из-за отсутствия топлива на ВЭС и очень малых затрат на обслуживание они вытесняют из энергобаланса системы самые дорогие электростанции. При этом увеличивается надежность энергосистемы за счет снижения потребности в привозном топливе. По исследованиям, проведенным в Дании, стоимость электроэнергии для потребителей в 2004-2007 годах была бы выше на 4-12%, если бы не было вклада ВЭС в энергобалансе. Исследования, проведенные в Германии и Испании, дали аналогичные результаты (данные EWEA).

91. БУДЕТ ЛИ СЕБЕСТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ВЕТРОСТАНЦИИ НИЖЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ТЕПЛОСТАНЦИИ НА УГЛЕ И ГАЗЕ?

Да будет. По прогнозу Международного энергетического агентства

(IEA), выполненного в 2008 году, при плате за выбросы CO_2 от угольных станций $30/МВт•ч и от газовых станций $15/МВт•ч себестоимость электроэнергии от ВЭС будет ниже, чем от станций на угле и газе.

В цифрах прогноз выглядит, как указано в таблице 21.

Таблица 21. Себестоимость электроэнергии для разных типов электростанций (по прогнозу IEA)

Вид электростанции	**Себестоимость электроэнергии, евро/МВт•ч**	
	2015	**2030**
На угле	83	79
На газе	101	113
ВЭС	75	68

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА – ДОМОХОЗЯЙСТВУ

92. ЧТО МОЖЕТ ДАТЬ ЭНЕРГИЯ ВЕТРА ДОМОХОЗЯЙСТВУ?

Сельскому жителю: фермеру, пастуху, оленеводу, рыбаку, дачнику небольшие ветроустановки мощностью от 50 Вт до 5 кВт, совместно с аккумуляторной батареей и инвертором (устройство, преобразующее постоянный ток в переменный) может дать свет в дом, возможность смотреть телевизор, слушать радио, поднимать воду из глубины до 40 метров, выполнять роль пастуха в загонах и пользоваться многими электроинструментами небольшой мощности. Кстати, ветроустановки малой мощности могут эффективно использоваться в местах с небольшой среднегодовой скоростью, так что география их возможного применения гораздо шире в несколько раз, чем мощные ВЭС.

93. КАКОВА МОЩНОСТЬ ВЕТРОУСТАНОВКИ, КОТОРУЮ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДОМОВЛАДЕЛЬЦУ ИЛИ ФЕРМЕРУ?

Для дома и фермы обычно достаточно одной ветроустановки мощностью от 1 до 25 кВт, в зависимости от потребляемой мощности и наличия ветровых ресурсов. Естественно можно использовать несколько ветроустановок, например две по 5 кВт, или две по 10 кВт.

Для электрификации деревни можно использовать несколько ВЭУ общей мощностью до 100-200 кВт.

94. СКОЛЬКО ЗЕМЛИ НЕОБХОДИМО ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛОЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Ветроустановка размещается на башне, которая представляет собой трубу диаметром два-три дюйма. Под трубу делается небольшой бетонный фундамент размером порядка 1,0 х 1,0 х 0,3 м. Для придания устойчивости труба снабжается растяжками в один или два яруса

в зависимости от высоты мачты. Под растяжки желательно закапывать в землю небольшие бетонные кубики размером 0,5 х 0,5 х 0,2 м. Растяжек 4 или 8. Так что непосредственно ВЭУ занимает площадь 2-4 м^2 плюс тропинка к ней. Разумеется, землю между растяжками можно использовать под огород.

95. КАК БЛИЗКО МОЖНО РАСПОЛАГАТЬ МАЛУЮ ВЕТРОСТАНЦИЮ К ЖИЛОМУ ПОМЕЩЕНИЮ?

Ветроустановки с горизонтальной осью вращения достаточно шумные устройства, правда, очень многое зависти от конкретного производителя. К сожалению многие из них не доводят ВЭУ должным образом до минимального производства шума. Поэтому эти ВЭУ надо располагать на таком расстоянии, на котором шум в ночные часы не будет слышен за закрытыми дверями и окнами у Вас и у соседа.

Если же говорить по науке, то шум от ВЭУ не должен превышать санитарных норм, так называемые, САНПИН. Это примерно 40-50 децибел.

96. МОЖНО ЛИ РАСПОЛАГАТЬ ВЕТРОУСТАНОВКУ НА КРЫШЕ ДОМА ИЛИ ПОДСОБНОГО СТРОЕНИЯ?

Как сказано в начале брошюры, малые ветроустановки также бывают двух типов: с горизонтальной и вертикальной осью вращения. ВЭУ с горизонтальной осью вращения располагать на крыше нельзя из-за вибрации, которая будет передаваться зданию и, в конечном счете, может привести его к разрушению.

ВЭУ с вертикальной осью вращения, хотя и менее эффективны, но их вибрация близка к нулю и их можно располагать на крышах зданий и сооружений.

97. КАКОВА СТОИМОСТЬ МАЛЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННОГО ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМА ИЛИ ХОЗЯЙСТВА?

Это, безусловно, главный вопрос. Но в этом вопросе имеется много нюансов, которые трудно понять непосвященному человеку, а продавцы далеко не всегда бывают откровенными.

Итак, имеем ориентир: средняя удельная стоимость малых ВЭУ со-

ставляет 2000-2500 долл. США/кВт.

Но есть ряд нюансов. Прежде всего, нужно знать, что входит в комплектацию ВЭУ.

Если ветроустановка предназначена для зарядки аккумуляторных батарей, то в её комплектацию входит собственно ВЭУ и зарядное устройство, и в указанную выше цену входят эти устройства, но батарея не входит. Если ВЭУ предназначена для гарантированного энергоснабжения, то в её комплектацию должна входить аккумуляторная батарея и инверторы, которые могут существенно увеличить названную выше удельную стоимость.

В общем же случае необходимо экономически сравнивать варианты энергоснабжения на базе различных источников, включая прокладку линий. При этом фотоэлектрические станции с удельной стоимостью 3-4 тыс. долл. США за кВт могут оказаться самым дорогим решением. Следует иметь в виду, что стоимость ФЭС за последнее время существенно снизилась.

Перспективным решением является гибридные ветродизельные системы. Так при проектировании электроснабжения северных поселков нами были рассмотрены варианты энергоснабжения от дизельной станции 500 кВт и ветродизельной станции с одним дизель-генератором мощностью 200 кВт и четырех ВЭУ мощностью 100 кВт при среднегодовой скорости ветра 6,7 м/с.

Стоимость ветродизельной станции составила 378000 долл. США, а дизельной 125000 долл. США. Однако экономия топлива дала 90000 долл. США в год, то есть простой срок окупаемости составил менее трех лет.

Таким образом, решающим фактором для применения ветродизельных систем является стоимость топлива и возможность его своевременной и бесперебойной доставки.

98. НЕ ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ МАЛЫЕ ВЕТРОУСТАНОВКИ СЛИШКОМ СЛОЖНЫМИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ЖИТЕЛЯ?

Нет, не являются. К деталям, изготовляемым по высокой технологии, относятся лопасти, зарядное устройство и инвертор. И чем меньше о них будет знать пользователь, тем лучше. Остальные устройства ВЭУ достаточно простые, во всяком случае не сложнее любого двигателя внутреннего сгорания. Обычно малые ВЭУ должны работать первые 3-5 лет без какого-либо обслуживания. Изготовители должны состав-

лять для потребителей инструкцию пользователя, а по возможности обучать пользователя устранять простейшие неисправности. Хотелось бы предостеречь пользователей от одной распространенной ошибки. В комплекте с аккумуляторной батареей дается зарядно-разрядное устройство, которое в частности контролирует степень разряда батареи и не допускает, чтобы аккумулятор разряжался более чем на 50%. Однако «умельцы» часто отключают автоматику и заставляют аккумуляторные батареи разряжаться ниже этого предела тем самым аккумуляторы приходят в негодность, а «умельцы» пытаются свалить свою вину на изготовителей.

99. КТО В РОССИИ ИЗГОТАВЛИВАЕТ МАЛЫЕ ВЕТРОУСТАНОВКИ?

Предприятя изготавливающие малые ветроустановки.

1. Рыбинский завод приборостроения, г. Рыбинск – ВЭУ 0,5 и 1 кВт, 16,0 кВт и 8 кВт.

2. НПК «Ветроток», г. Екатеринбург – ВЭУ мощностью 4 кВт.

3. АО «Долина», г. Кувандык, Оренбургской обл. ВЭУ мощностью 2 и 5 кВт.

4. НИЦ «Виндэк», г. Москва – ВЭУ мощностью 0,2; 0,5 и 1 кВт.

5. Институт ВНИПТИМЭСХ, г. Зерноград, Ростовской обл. – ветросолнечная установка мощностью 500 кВт.

6. НПО «Электросфера», г. Санкт-Петербург – ВЭУ мощностью 5 кВт.

7. ООО «Спецремтекс», г. Одинцово, Московской обл. – ВЭУ мощностью 1,5 кВт.

8. ООО «ГРЦ – Вертикаль», г. Миасс, Челябинской области - ВЭУ мощностью 1,5 и 3 кВт с вертикальной осью.

100. КАК ОБСТОЯТ ДЕЛА С ПРОИЗВОДСТВОМ МАЛЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК В МИРЕ?

К малым ветроустановкам (для дома и для фермы) за рубежом относят ВЭУ мощностью до 100 кВт. Статистика по ним в мире не ведется. Однако оценки по странам и миру имеются.

Лидером по развитию малых ВЭУ является США, в которых сосредоточена одна треть мирового рынка малых ВЭУ. Средняя мощность продаваемых ВЭУ увеличилась с 0,5 кВт в 1990 году до 1,5 кВт в 2008 году. Общая мощность малых ВЭУ на конец 2004 г. установленных в США, по оценкам составила 30 МВт. В 2005 году было установлено

около 13000 малых ВЭУ общей мощностью около 14 МВт. По различным оценкам в период 2006-2010 годы установлено порядка 150000 малых ветротурбин и общая установленная мощность в мире достигает 350 МВт, при этом в США установлено около 75000 ветротурбин, общей мощностью порядка 115 МВт. Средняя удельная стоимость за последние 5 лет снизилась на 7%, с 2250 долл/кВт до 2100 долл/кВт и к 2010 году ожидаемое снижение до 1700 дол/кВт не произошла из-за кризиса. В США девять крупных компаний, специализирующихся на выпуск малых ВЭУ, и более трех десятков специализирующихся на инжиниринге и консалтинге.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Насколько поставленные в предисловии задачи авторам удалось выполнить – судить читателям.

Мы уверены, что ветроэнергетика обязательно станет неотъемлемой частью электроэнергетики России.

Еще раз подчеркнем, что никакие природные катаклизмы и ошибки эксплуатации не могут вызвать катастрофические последствия из-за ветроэнергетики и даже сколько-нибудь существенные угрозы окружающей среде и человеку.

Мы готовы рассмотреть замечания и предложения по содержанию книги, которые можно направлять по адресам электронной почты: П.П. Безруких (старший) bezruky@yandex.ru, П.П. Безруких (младший) bezrukih@mail.ru.

П.П. Безруких, П.П. Безруких (младший)

Ветроэнергетика
Вымыслы и факты
Ответы на 100 вопросов

Ответственный редактор: В.М. Захаров

Замечания и предложения присылать по адресу:
Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ
Центр экологической политики России
119334, Москва, ул. Вавилова, 26
Тел.: (495) 952-2423, (495) 952-7347
E-mail: ecopolicy@ecopolicy.ru

Выпускающий редактор: Илья Трофимов
Ассистент редактора: Татьяна Шифрина
Компьютерная верстка: Илья Трофимов

Формат 148x210
Тираж 500 экз.