

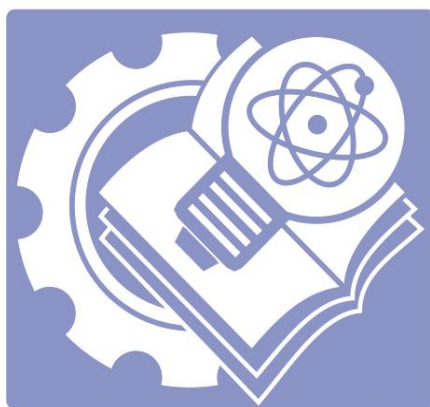
**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**М. Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті**



**«Қазақстан Республикасының ғылым мен білім
беру саласындағы жаңа технологиялар және
энергия үнемдеудің өзекті мәселелері»
атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік
конференцияның**

МАТЕРИАЛДАРЫ



МАТЕРИАЛЫ

***международной научно-практической
конференции***

**«Актуальные вопросы энергосбережения и
новые технологии в науке и образовании
Республики Казахстан»**

I

Петропавл, 2014 ж.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**М. Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті**

**«Қазақстан Республикасының ғылым мен білім беру
саласындағы жаңа технологиялар және энергия
үнемдеудің өзекті мәселелері»
*атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік
конференцияның***

МАТЕРИАЛДАРЫ

(22 желтоқсан)

МАТЕРИАЛЫ

***международной научно-практической
конференции***
**«Актуальные вопросы энергосбережения и
новые технологии в науке и образовании
Республики Казахстан»**

(22 декабря)

I

Петропавл, 2014 ж.

Редакция алқасы / Редакционная коллегия

Ашимов У.Б., ректор Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева - председатель

Каиржанова Л.С., проректор по научной работе и внешним связям - заместитель председателя

Тайжанова М.М., проректор по воспитательной работе

Кушумбаев А.Б., проректор по административно-хозяйственной части

Байтенизов Д.Т., руководитель научно-исследовательской службы

Имамбаева Р.С., и.о. декана инженерно-технического факультета

Иванова О.В., заместитель декана инженерно-технического факультета по научной работе и менеджменту качества

«Актуальные вопросы энергосбережения и новые технологии в науке и образовании Республики Казахстан»: материалы международной научно-практической конференции. Т.1. - Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева, 2014. - 229 с.

**«Қазақстан Республикасының ғылым мен білім беру
саласындағы жаңа технологиялар және энергия
үнемдеудің өзекті мәселелері»
*атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік
конференцияның*
МАТЕРИАЛДАРЫ
(22 желтоқсан)**

**МАТЕРИАЛЫ
*международной научно-практической
конференции*
«Актуальные вопросы энергосбережения и
новые технологии в науке и образовании
Республики Казахстан»
(22 декабря)**

I

МАЗМУНЫ СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСЫ: ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯЛАР, ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА: ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<i>Jan Urbanc</i> (University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering) Electroenergetics in Slovenia.....	3
<i>Yermek Zh. Sarsikeyev¹, Boris V. Lukutin¹, Sergey G. Obukhov¹, Aleksandr P. Kislov², Vadim P. Marcovsky²</i> (¹ National Research Tomsk Polytechnic University, ² S. Toraighyrov Pavlodar State University) Mathematical model of wind speed.....	7
<i>Айтулина А.М., Аскаров Д.К.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Математические расчеты эффективности ветроэнергетической установки.....	12
<i>Алексеев А.Л.¹, Зыкова Н.В.¹, Мурашкин В.В.²</i> (¹ СКГУ им. М.Козыбаева, ² ПТЭЦ-2 АО «СЕВКАЗЭНЕРГО» г. Петропавловск) Использование систем бесперебойного питания на тепловой электростанции как один из методов повышения надежности энергоснабжения.....	17
<i>Байшагиров Х.Ж., Есдаuletova К.Д., Казиева Д.Б.</i> (Кокшетауский государственный университет им. Ш.Уалиханова) О проблемах создания малых ветроустановок в Казахстане.....	19
<i>Бурьян С.А.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) О замене масляных выключателей ВМТ-110 и МКП-110 на вакуумные выключатели ВРС-110 на электрических подстанциях Северо-Казахстанской области.....	24
<i>Бурьян С.А., Зыкова Н.В.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Гибридная система электроснабжения.....	28
<i>Гаголина О.С., Петров П.А.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Продвигая будущее отечественной энергетики с возобновляемыми источниками энергии.....	31
<i>Говорун В.Ф., Говорун О.В., Падруль Н.М., Бабаев С.М., Исамадиева Г.Е., Кайдар А.Б.</i> (ПГУ им. С.Торайгырова) Повышение энергоэффективности распределением потоков реактивной мощности в энергосистеме.....	33
<i>Говорун В.Ф., Говорун О.В., Падруль Н.М., Бабаев С.М., Исамадиева Г.Е., Кайдар А.Б.</i> (ПГУ им. С.Торайгырова) Уточнение механизма пробоя воздуха.....	38
<i>Зейнулин Б.К.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Атомная энергетика Казахстана.....	43
<i>Кашевкин А.А., Матвеев Д.О., Кошеков А.К.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Регистратор системы мониторинга переходных процессов электрической сети на базе NI COMPACTRIO.....	46
<i>Кошеков К.Т., Кашевкин А.А., Салинова Е.Н.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Мероприятия по снижению нормативно-технических потерь в сетях АО «Северо-Казахстанская распределительная электросетевая компания».....	49
<i>Кошеков К.Т., Алексеев А.Л.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Применение автоматизированной системы регулирования и учета теплоэнергетических ресурсов многоквартирного жилого дома.....	52
<i>Кошеков К.Т., Петров Д.А.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Использование системы плавного пуска.....	55
<i>Латыпов С.И., Савостин А.А.</i> (СКГУ им. М.Козыбаева) Идентификационная диагностика электроэнергетического оборудования.....	58

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Айтулина А.М., Аскаров Д.К.
(СКГУ им. М. Козыбаева)

Ветроэнергетика является одним из наиболее динамично развивающихся коммерческих видов возобновляемых источников энергии.

В настоящее время установленная мощность ветроэлектростанций составляет около 60000 МВт, или 1,5% мировой генерирующей мощности. Интерес к развитию ветроэнергетики объясняется следующими факторами:

- возобновляемый ресурс энергии, не зависящий от мировых рынков топлива;
- отсутствие выбросов вредных веществ и парниковых газов в атмосферу;
- развитый мировой рынок ветроустановок;
- конкурентная стоимость электроэнергии, не зависящая от стоимости топлива;
- короткие сроки строительства ветровых электростанций с адаптацией мощности ВЭС к требуемой нагрузке;
- снижение стоимости электроэнергии при децентрализованном обеспечении электроэнергией отдаленных потребителей.

Ветроэнергетика поддерживает социально-экономическое развитие, энергетическую безопасность и снижает зависимость экономик от мировых энергетических рынков.

Северо-Казахстанская область относится к ряду таких мест в Республике Казахстан, которые являются перспективными для развития ветроэнергетики. Для нее характерны активная ветровая деятельность и наличие свободного пространства, позволяющие развивать мощности ветроэлектростанций. Наибольшие скорости ветра приходятся на зимний период. В это время ветры имеют отчетливо выраженную юго-западную направленность со средними скоростями около 5,5 м/с. В летнее время ветры имеют средние скорости несколько ниже зимних – около 4 м/с, с преобладанием северо-западного направления. Среднегодовая скорость ветра в Северо-Казахстанской области колеблется от 4 до 5,5 м/с на высоте 10-12 м над уровнем земли.

Для строительства ветроэлектростанции была выбрана территория вблизи подстанции «Кзыл-Ту» находящейся в поселке Кишкенеколь Уалихановского района. Данная местность была выбрана по двум причинам: наибольшая среднегодовая скорость ветра для СКО (6,5 м/с) и наличие подстанции подходящей мощности.

Выбранная площадка практически ровная в любом направлении вокруг. Рядом расположен поселок Кишкенеколь с не высокими жилыми и промышленными постройками. Дальнейшее расширение населенного пункта в ближайшее время не предвиделось. Поэтому и этот вопрос мог не рассматриваться, так как не стал бы угрозой для ВЭС.

При выборе ветроэнергетической установки (ВЭУ) компания ООО «Электроветер», главный офис которой находится в городе Сафоново (Россия) предлагает использовать следующие рекомендации:

- 1) Использование электроэнергии от ветра экономически выгодно при среднегодовых скоростях ветра более 5 м/с, либо при отсутствии или нерегулярной подаче сетевого электричества.

2) Серийного производства ветроэнергетической установки (более 10 штук в месяц) в настоящее время в России и СНГ нет нигде. Сегодня существует около 10 реальных производителей и еще 10-20, которые пытаются или пробовали ранее изготавливать ветроагрегаты в РФ.

3) Иностраных производителей ветроустановок можно исключить сразу, так как их цены в несколько раз выше отечественных (и на то много причин).

4) Особое внимание стоит уделять не только мощности ветроустановки (именно ВЭУ, а не инвертора, входящего в комплект), но и при какой скорости ветра эта мощность может быть получена. Некоторые продавцы представляют завышенные показатели. Для этого не поленитесь подсчитать по несложной формуле мощность, которую способна отдать ВЭУ с винтом конкретного диаметра. Эта мощность практически зависит только от скорости ветра V и диаметра винта D , а все остальные факторы – количество лопастей, их вес, площадь, профиль, крутка, генератор, подшипники и т. д. – второстепенные и большой погрешности не дают. Упрощенная формула расчета реально отдаваемой ветром мощности в зависимости от скорости ветра и диаметра винта с точностью $\pm 20\%$ (зависит от КПД винта и генератора). $+ 20\%$ – идеальная ВЭУ, ее цена увеличится в 2-3 раза, $- 20\%$ – первый ветряк энтузиаста-любителя.

$$P = \frac{D^2 V^3}{7000} \text{ кВт} \quad (1)$$

При равной мощности ВЭУ выбирайте ту, у которой диаметр ветроколеса больше.

5) При выборе ВЭУ необходимо, иметь ввиду, что наиболее экономически эффективную отдачу мощности при ветровых условиях в вашей местности можно получить при двукратной среднегодовой скорости ветра, которую можно назвать номинальной.

Для нашего региона $V_{\text{ср.год}} = 4,7$ м/с, тогда $V_{\text{ном}} = 9,4$ м/с. Для ВЭУ с диаметром винта, например 5 м, по формуле (1):

$$P = \frac{5^2 \cdot 9,4^3}{7000} = 2,97 \text{ кВт} \quad (2)$$

Таким образом, номинальная мощность ВЭУ составляет около 3 кВт при диаметре винта 5 м, а более мощные ВЭУ с таким же диаметром винта практически никакого выигрыша не дадут, но их цена будет выше.

6) Как это ни парадоксально, но чем меньше лопастей в ветроколесе, тем выше его КПД. Это проверено как теоретическими исследованиями, так и продувками в аэродинамической трубе, хотя разница между 1, 2, 3 лопастями незначительна.

7) Некоторые производители представляют результаты продувок своих ветроэнергетических установок по мощности в аэродинамической трубе. Это хорошо, и говорит о серьезном подходе к делу. Однако необходимо учитывать, что мощность в аэродинамической трубе и в природе и на ветру отличаются примерно на 10-30 % вследствие идеализации воздушного потока в трубе.

8) Вертикально-осевые ветроустановки имеют право на жизнь, но наукой и опытом давно доказана их очень низкая эффективность по сравнению с горизонтально-осевыми. Это примерно как гребные колеса дореволюционных пароходов по сравнению с обычным винтом любого современного корабля или катера.

9) При сравнении цен на разных производителей обязательно учитывать состав продаваемого оборудования и его функциональность. Ведь ВЭУ – это целый комплекс,

куда обязательно входят ветроэнергетический агрегат (генератор, лопасти, узел крепления к мачте; кроме того, сюда может входить регулятор скорости вращения винта (центробежный, механический) и устройство ориентации на ветер (хвост или видроза) и мачта (может быть как специальная, так и сооруженная из водопроводной трубы или столба). Здесь можно сэкономить, так как специальная мачта достаточно дорога.

При необходимости запастись электроэнергией на случай безветрия предстоит обзавестись следующим оборудованием:

- аккумуляторные батареи;
- блок обработки электроэнергии и зарядки аккумуляторов;
- преобразователь напряжения (инвертор).

10) Не стоит увлекаться поиском ВЭУ, начинающих работать на малых скоростях ветра – до 3 м/с, так как на этих скоростях ветра его энергия ничтожно мала. Например, для ВЭУ с диаметром винта 5 м выдаваемая мощность при скорости ветра 2 м/с будет менее 30 Вт минус половина этой мощности уйдет на трение в подшипниках и прочие потери, а оставшиеся 15 Вт, это ничто, ведь для зарядки одной аккумуляторной батареи емкостью 50 А/ч необходимо 70 Вт. Так что кроме наслаждения от вращения ВЭУ больше ничего не получится

11) При работе ВЭУ в дождь или снег, выдаваемая мощность снижается на 10...30 %.

12) Шум от работы безредукторной ВЭУ напоминает свист ветра через приоткрытое окно легкового автомобиля на большой скорости. При работе редукторных ВЭУ гудение редуктора может быть значительным, а ресурс намного ниже.

13) В районах с невысокой среднегодовой скоростью ветра – до 5 м/с рекомендовано для полной автономности электрообеспечения дополнительно установить бензоэлектрический аппарат, который зарядит аккумуляторы в период безветрия.

14) Использовать ВЭУ для отопления дома экономически целесообразно только при среднегодовой скорости ветра более 5-6 м/с.

Данные рекомендации были составлены для сооружения индивидуальной ветроустановки, но часть из них можно применить и при проектировании промышленной ВЭС.

В ходе исследования в выборе оборудования для ветроэлектростанции предпочтение было отдано ветроагрегату VestasNM82, который применяется в проекте ветровой электростанции вблизи города Астана. На сайте данного проекта есть вся информация по данному агрегату, в том числе и приблизительная стоимость.

Ветротурбина VestasNM82-1,65 МВт имеет большой ротор и мощный генератор. Она создана для установки в местах с низким и средним ветровым потенциалом. Ветротурбина VestasNM82-1,65 МВт хорошо подходит для больших ветровых электростанций, для которых вопрос стабильности и сбалансированности производства электрической энергии решается на уровне энергетических подстанций, а не с помощью опций ветротурбины.

Предполагаемая ВЭС может состоять, например, из 14 ветроагрегатов. Мощность каждого ветроагрегата составляет 1650 кВт. Таким образом, полная мощность проектируемой ВЭС составила 23,1 МВт.

В объем капитальных вложений вошла стоимость:

- проектирования и подготовки площадки;
- зданий и сооружений, включая устройства отопления, освещения, вентиляции, водопровода, канализации;

- энергетического оборудования;
- контрольно-измерительных приборов.

Для расчета денежных затрат, учитывающих срок эксплуатации, воспользовались выражением:

$$K_{год} = \frac{T \cdot A \cdot K + K}{T}, \quad (3)$$

где T – срок эксплуатации ВЭС, для подобных проектов выбирается примерно 20 лет;

A – амортизационные отчисления, для ВЭС выбирается 6% от капитальных вложений;

K – капитальные вложения, согласно приблизительным расчетам 5700 млн. тенге.

Подставив значения в выражение получили:

$$K_{год} = \frac{20 \cdot 0,06 \cdot 5700 + 5700}{20} = 627 \text{ млн. тенге в год}$$

Для объективной оценки экономики ВЭС определили себестоимость вырабатываемой ВЭС энергии. Она определяется:

$$S = \frac{K_{год}}{P_{год}}, \quad (4)$$

где $P_{год}$ – выработка электроэнергии в год.

Чтобы найти, сколько такой ветрогенератор выработает электроэнергии в год, нашли его среднюю мощность по формуле (1) и умножили получившееся значение на количество часов в году 8760.

Таким образом, выработка электроэнергии в год, при среднегодовой скорости ветра 6,5 м/с (Уалихановский район) для выбранных агрегатов составила:

$$P_{год} = \frac{82^2 \cdot 6,5^3}{7000} \cdot 8760 = 2310,86 \text{ МВт}$$

Тогда:

$$S = \frac{627}{2310,86} = 271,33 \text{ тенге/кВт}$$

В результате при выполнении энергоэкономических расчетов методом сравнительной экономической эффективности выяснилось, что ежегодные издержки ВЭС превысили издержки альтернативной ТЭС, а при подсчете рентабельности эти издержки превысили доход, исчисляемый по действующим тарифам. Это объясняется высокой стоимостью оборудования и, соответственно, высокими издержками, которые определяются, в основном, амортизационными отчислениями и приняты в размере 6% от капитальных вложений.

По итогам исследования были сделаны выводы о повышении рентабельности ВЭС, основным направлением которого является снижение стоимости оборудования, так как резервы по сокращению других затрат на строительство сравнительно невелики, а также выводы о необходимости разработки методики определения

экономической эффективности ВЭС, учитывающей экологическую чистоту энергии и возобновляемость энергетического ресурса.

Одним из развивающихся направлений в ветроэнергетике на сегодняшний день является производство однолопастных ветрогенераторов. На территории России и стран СНГ этим направлением серийно занимается компания ООО «Электроветер». Уникальность данных ветроустановок заключается в том, что их конструкция успешно конкурирует по соотношению цена/качество со всеми китайскими производителями трехлопастных ветрогенераторов.

Рассмотрим однолопастную ветроэлектрическую установку 5/5,2 с изменяемым углом лопасти, как для раннего старта, так и для ограничения скорости вращения ветродвигателя при больших скоростях ветра максимальной мощностью 5 кВт с диаметром ветроколеса 5,2 метров для оценки перспективности ее применения в условиях Северо-Казахстанской области, изображенную на рисунке 1. Она обеспечит электроэнергией в бытовых целях небольшой дом на 2-3 человека. Ежемесячная выработка составит 300-1000 кВт·ч в месяц.

Рабочий диапазон скоростей ветра – 3-40 м/с. Вес – 85 кг, с ящиком – 100 кг. Аккумуляторное напряжение – 48 В.

В дополнительную комплектацию входит:

- контроллер ОЭЗА;
- мачта 10 м (мачтовый комплект и трубы);
- аккумуляторы 190 А/ч, 12 В, 4 шт.;
- кабель ПВС – 3/2,5 кв. мм, 60 м;
- инвертор МАП-SIN-S – 4,5 кВт – 48 В.

На сайте данной компании предоставлен прайс-лист, в котором указана полная стоимость ветроэлектрической установки 5/5,2 – 900000 тенге.

Если же использовать метод подсчета годовой выработки электроэнергии однолопастной ВЭУ 5/5,2, используя зависимость ее мощности от скорости ветра, то при среднегодовой скорости ветра 4,7 м/с, себестоимость производства электроэнергии составит 24,66 тенге за 1 кВт·ч. При учете скорости ветра за каждый день, себестоимость вырабатываемой однолопастной ВЭУ 5/5,2 электроэнергии составит 18,53 тенге за 1 кВт·ч.

Литература:

1. Кравченя Э.М. Охрана труда и основы энергосбережения: учеб. пособие для студентов педагогических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / Кравченя Э.М., Козел Р.Н., Свирид И.П. – 4-е изд. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 288 с.: ил.
2. Черноштан Т.Н. Ветроэнергетика: путь от зарождения до фантастически быстрых темпов наращивания выработки экологически чистой энергии // Электрик. – 2008. – №1.
3. Основы современной энергетики: Курс лекций для менеджеров энергетических компаний. В двух частях/ Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова.
4. Шефтер И.Я. Использование энергии ветра: учеб. пособие. – М.: Энергия, 1975. – 387 с.
5. Безверхний И.Б. Ветрогенераторы // Радиоаматор-электрик. – 2008. – №3 – с 20-23.