



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Cooperation Office in the Kyrgyz Republic
Кыргыз Республикасындагы Кызматташтык Бюросу Швейцариялык Бюро
Швейцарское Бюро по сотрудничеству в Кыргызской Республике



European Bank
for Reconstruction and Development



Empowered lives
Resilient nations

Проект ПРООН-ГЭФ «Развитие малых ГЭС»
Проект ПРООН-ГЭФ «Повышение энергоэффективности в зданиях»
Программа БАС ЕБРР

Введение в ветровые установки

Кириллов В. И.

ЦЕЛИ РАЗВИТИЯ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ООН:
Цель 1: Искоренение крайней нищеты и голода
Цель 7: Обеспечение экологической устойчивости

УДК 620

ББК 31.19

К 59

Кириллов В. И.

К 59 Введение в ветровые установки. – Бишкек: «Алтын Тамга », 2012. – 13 с.

ISBN 978-9967-08-363-10

В пособии представлены основные сведения об истории развития ветроэнергетики Кыргызской Республики, устройстве и размещении ветроагрегатов, эффективности их использования и возможной программе развития в КР.

Пособие предназначается для широкого круга лиц, заинтересованных в использовании энергии ветра: руководителям предприятий, сотрудникам НИИ и государственных учреждений, студентам учебных заведений, фермерам и сельским предпринимателям.

К 2201000000-12

ISBN 978-9967-08-363-9

УДК 620

ББК 31.19

@ЦРВИЭЭ

Содержание

Введение.....	3
История развития ветроэнергетики.....	4
Технология.....	6
Выгоды.....	8
Типы ветроустановок.....	9
синхронный с возбуждением.....	11
стеклопластик	12
Литература:	13

Введение

В настоящее время, подавляющее количество энергии получают путем использования традиционных энергоносителей (уголь, нефть, газ и т.д.), интенсивное использование которых ведёт к загрязнению окружающей среды и их истощению. Бурное развитие промышленности предполагает довольно ощутимое исчезновение не только запасов энергоресурсов, но и других малораспространенных в природе исходных веществ и элементов, отходы которых переходят в новое качество, а их количество создает потенциальную угрозу экологии.

Известно, что уровень потребления энергии на душу населения и экологические потери, наносимые от использования ископаемых источников энергии, определяют местоположение общества в мировом экономическом пространстве. Не все регионы планеты обладают достаточной степенью природных ископаемых видов энергий, большинство из которых вынуждены импортировать определенные виды, покрывая, таким образом, дефицит энергопотребления, в том числе и Кыргызская Республика, несмотря на то, что имеет достаточный потенциал гидроресурсов. Но отсутствие отдельных видов промышленной базы и природных ископаемых делают ее пока энергозависимой по некоторым категориям. Последние годы все больше уделяется внимания средствам преобразования экологически чистым возобновляемым источникам. Их естественная возобновляемость, повсеместность, а также неограниченный потенциал делают их привлекательными и перспективными. К одному из перспективных видов возобновляемой энергии относится ветровая. Неиспользуемая энергия ветра бесполезно и безвозвратно рассеивается в приземном слое ветропотока. Использование энергии ветра позволяет осуществлять поднятие воды, аэрацию заболоченных водоемов, мелиорацию посевных площадей, а также обеспечивать электроэнергией автономных потребителей.

Использование альтернативных источников энергии является актуальной проблемой во всем мире, решение которой позволит освободиться от традиционных затрат на добычу и переработку первичных энергоносителей. Поэтому в настоящее время не только в Кыргызстане, но и во всем мире огромное внимание уделяется экологически чистым возобновляемым источникам энергии, имеющим достаточно высокий потенциал, одним из которых является энергия ветра.

История развития ветроэнергетики

Энергия ветра уже тысячелетиями используется как на суше, так и на море. Использование энергии ветра позволяет осуществлять подъем воды, аэрацию водоемов, мелиорацию посевных площадей, опреснение воды, а наиболее актуальным является обеспечение электроэнергией автономных потребителей, удаленных от централизованной сети и расположенных в отдаленных сельских горных районах.

Первые сведения о древних египетских парусных судах уходят к третьему тысячелетию до н.э., а расцвет парусного мореходства приходится на середину прошлого века. На суше ветряные двигатели впервые появились в Персии, где за счет энергии ветра приводились в действие водяные насосы для полива. В этих устройствах использовались полотняные паруса на вертикальной оси.

В нескольких районах Европы, сначала во Франции, в XII веке появились ветряные мельницы для размола зерна, у которых ветроколесо устанавливалось на горизонтальной оси. Первая мельница была построена в 1393 году в Германии, откуда пошло распространение в другие страны. В XIV в. голландцы широко использовали ветряные мельницы для осушения болот и озер. В этот же период появились усовершенствованные конструкции мельниц, применение которых продолжалось до середины прошлого столетия. Так, в Дании суммарная мощность этих установок с общим числом более 30 тысяч составляла примерно 200 МВт.

В конце XIX века в России действовало около 250 тыс. ветряных мельниц общей мощностью примерно 600 МВт. В 1889 г. на ярмарке в Нижнем Новгороде демонстрировались два ветроагрегата мощностью 36,8 кВт каждый. В XX столетии в связи с широким внедрением электричества растет интерес к ветроэлектрическим агрегатам. В период 1890-1908 гг. профессор Лякур разработал более эффективный и быстроходный ветроагрегат для производства электрической энергии. В Асхове ветроколесо диаметром 22,85 м с четырьмя

лопастями было установлено на стальной мачте высотой 24,38 м. Установка стала первым примером преобразования энергии ветра в электрическую энергию.

В США в 1920-1930-е годы активно разрабатывались ветроэлектрические агрегаты. Так, компания «Джекобс винд электрик» ввела в конструкцию своих ветроагрегатов два важных усовершенствования: трехлопастный винт, который позволил устранить вибрации, возникающие у двухлопастных винтов, и центробежный шариковый регулятор угла поворота лопастей, обеспечивающий переход их во флюгерное положение при больших скоростях ветра.

В Великобритании в 1920-е годы появился интерес к ветроэлектрическим установкам небольшой мощности. Были опубликованы результаты испытаний ветроагрегатов мощностью от 250 Вт до 10 кВт.

В СССР в 1931 г. был построен самый крупный в мире ветроагрегат для получения электроэнергии. Установка мощностью 100 кВт использовалась как дополнительный источник энергии и была включена в сеть тепловой электростанции Севастополя. Ветроагрегат имел трехлопастное ветроколесо диаметром 30 м. Установка проработала 10 лет, подавая электроэнергию в Крымскую энергосистему, была разрушена во время войны в 1942 году.

Первый этап развития ветроэнергетики в нашей стране характеризуется в основном теоретическими исследованиями. Крупнейший русский ученый Н.Е.Жуковский и его ученики В.П.Ветчинкин, Г.Х.Сабинин, Г.Ф.Проскура и др. создали теоретические основы расчета ветродвигателей, положившие начало научному развитию ветротехники. В 1930-е годы созданы аэродинамические профили высокого качества для лопастей ветроколес, проводились испытания различных конструкций ветроагрегатов и установок, совершенствовались методы их расчета и проектирования.

В 1950-е годы с развитием электроэнергетики и в первую очередь сельской электрификации темпы развития ветроэнергетики замедлились. Однако с 1975 г. количество эксплуатируемых ветроустановок во многих странах вновь стало расти. Серийно начали выпускаться электрические ветроагрегаты в Великобритании, Германии, Дании, Канаде, СССР, США, Франции и других странах. На сегодняшний день в основном решены технические проблемы преобразования ветровой энергии и доказана возможность развития ветротехники как источника энергии.

В мировой практике на современном этапе существует два подхода к использованию энергии ветра. Первый – большая ветроэнергетика, использующая большие ветроэнергетические мощности до 1,5-2,0 МВт и малая ветроэнергетика

– до 100 кВт. Большая ветроэнергетика используется в странах со значительными ветровыми энергоресурсами, таких как Голландия, Дания, Австралия, Южная Америка и в крупных развитых странах Франции, Германии, США и т.д. В этих странах ветроэнергетические агрегаты работают параллельно с энергосистемой [24, 80, 87, 100].

Малая ветроэнергетика используется автономно для локальных малоэнергоёмких потребителей, в большинстве случаев децентрализованных [7, 32, 88].

Исследователями различных школ Я.И. Шефтер, Дж. Твайдел, Д. Рензо, Е.М. Фатеев, Г.Х. Сабинин в своё время независимо друг от друга были показаны неиссякаемость и перспективность использования ВЭУ для энергообеспечения в том числе и для автономных потребителей. Характерно, что исследования проводились в условиях равнин и прибрежных территорий материков, где среднегодовые скорости ветрового потока составляют 9-12 м/с [24, 87, 98]. Но на территории Кыргызской Республики отсутствуют столь масштабные равнины и прибрежные зоны, за исключением локальных мест, побережья озера Иссык-Куль, Чуйской и Ферганской долин, где скорости потока достигают 7-11 м/с.

Потенциал ветровой энергии в республике предварительно исследован, составлена карта ветрового кадастра и указаны особенности ветровой нагрузки [73]. Особенности использования этой энергии заключаются в том, что большая доля потенциала ветровой нагрузки приходится на места, где жизнедеятельность людей ограничена гребневыми зонами горной местности, перевалами и ущельями и потребность в электроэнергии в указанных районах отсутствует.

Эксплуатация ветроэнергетических установок (ВЭУ) средней мощности в перечисленных районах не целесообразна по причине больших потерь при передаче. Разработка и эксплуатация мощных ВЭУ в Кыргызстане оставлены на перспективу и требуют более глубоких исследований ветрового кадастра.

Технология

Перемещение воздуха относительно земной поверхности в горизонтальном направлении называется ветром. Причиной возникновения ветра является неравномерность распределения атмосферного давления, и перемещение воздуха происходит из области с более высоким давлением в область с низким давлением. Неоднородное распределение давления в свою очередь создается термическими условиями из-за неравномерности нагревания Солнцем земной поверхности. Вращение Земли и рельеф местности также влияют на процесс образования и отклонения воздушных течений. Поэтому воздушные течения в

атмосфере определяются совокупным действием термических и динамических причин.

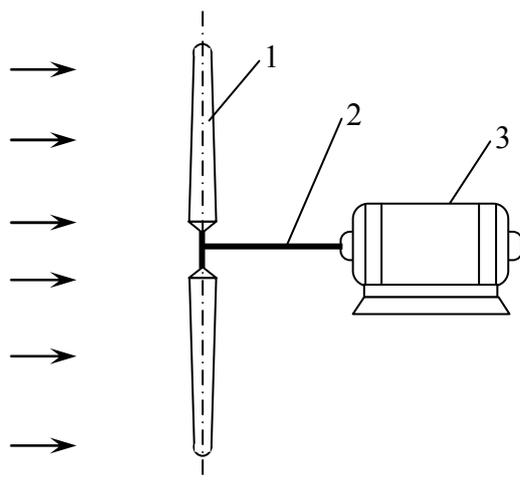
Ветер характеризуется скоростью и направлением. Важнейшей энергетической характеристикой, оценивающей кинетическую энергию ветра, является его скорость. Скорость ветра можно измерить, а ее изменчивость – прогнозировать с вероятностью той или степени.

Рельеф местности создает так называемые местные ветра. Если воздушный поток встречает на своем пути препятствие в виде горы, холма, строений, деревьев, то происходит вынужденное обтекание его и в результате значительно изменяются направление и скорость ветра, а также его структура: возникают завихрения, увеличивается турбулентность. Над возвышенностью скорость ветра увеличивается.

В условиях, когда необходимо учитывать влияние рельефа местности и препятствий на скорость ветра, проводят анемометрические разведки. При этом необходимо проводить замеры скорости ветра и сравнивать их с данными соседней метеостанции с целью получения переводных коэффициентов для приблизительной оценки среднего ветрового режима. Данные анемометрических разведок могут служить основанием для выбора места для ветроустановки.

Наиболее широкое распространение получили ветроустановки пропеллерного типа, которые представляют собой комплекс технических устройств с горизонтальным расположением оси.

Принцип работы ВЭУ с горизонтальной осью вращения пропеллерного типа



1 – ветроколесо; 2 – вал передачи момента; 3 – электрогенератор

Рис. 1.

Анализ многолетних статистических замеров, проведенных метеорологическими станциями, позволил установить потенциальный запас ветровой энергии Кыргызстана, который оценивается в $49,2 \cdot 10^5$ т.у.т. Выявлено, что на 60% территории республики ветроэнергетический потенциал невысок и диапазон скоростей ветра находится в пределах 2-6 м/с. На рис.2 приведены среднегодовые значения максимальных и минимальных скоростей ветра в зависимости от различных географических зон КР.

Гистограмма указывает на низкую среднегодовую скорость ветропотока 2–4,5 м/с в зонах 1–5, где плотность потенциального потребителя более высока. Регионы, не показанные на гистограмме, имеют скорости ветра 9 м/с и более. В этих зонах практически отсутствуют малоэнергоёмкие потребители.



Рис.2

Выгоды

В труднодоступных и отдаленных предгорных и горных районах республики трудятся тысячи маломощных потребителей энергии – животноводы, пчеловоды, мелкие фермеры, лесные хозяйства, геологические экспедиции, метеорологические и сейсмологические станции, радио- и телеретрансляторы /5/, в последние годы появились туристические базы. Характерной особенностью таких потребителей является то, что они не связаны с централизованными линиями электропередач, подключение к которым требует прокладки протяженных линий электропередач. Однако, централизованное электроснабжение находящегося в труднодоступных районах автономного потребителя экономически неоправданно. Кроме того, специфика отдельных потребителей данной группы заключается в том, что они не имеют постоянного места дислокации и энергоснабжение должно

иметь автономный характер. Для энергоснабжения подобных потребителей экономически более рентабельно использовать автономные ветроэнергетические установки.

Анализ ветроэнергетического потенциала и потенциальных потребителей показал, что в республике строительство крупных ветроэнергетических станций, работающих в общую электросеть или для электроснабжения отдельных крупных поселков и селений рентабельно в отдельных единичных случаях. На 20% территории республики среднегодовые скорости ветра находятся в пределах от 2 до 6 м/с /1, 3, 4/. Поэтому наиболее перспективно использование небольших ветроэнергетических установок малой мощности 1-5 кВт для выработки электроэнергии и электроснабжения стационарных или автономных индивидуальных потребителей в горных и предгорных регионах. Также рентабельно использование ВЭУ, работающих параллельно с существующей централизованной электросетью.

Типы ветроустановок

Основные виды ветроэнергетических установок (ВЭУ) определяются по следующим признакам:

1. Расположение оси вращения к воздушному потоку – горизонтально-осевые или вертикально-осевые.

2. Использование вращающей силы.

3. Заполнение ветроколеса. ВЭУ с большим геометрическим заполнением ветроколеса развивают значительную мощность при относительно слабом ветре, и максимум мощности достигается при небольших оборотах ветроколеса. ВЭУ с малым заполнением достигают максимальной мощности при больших оборотах и дольше выходят на этот режим.

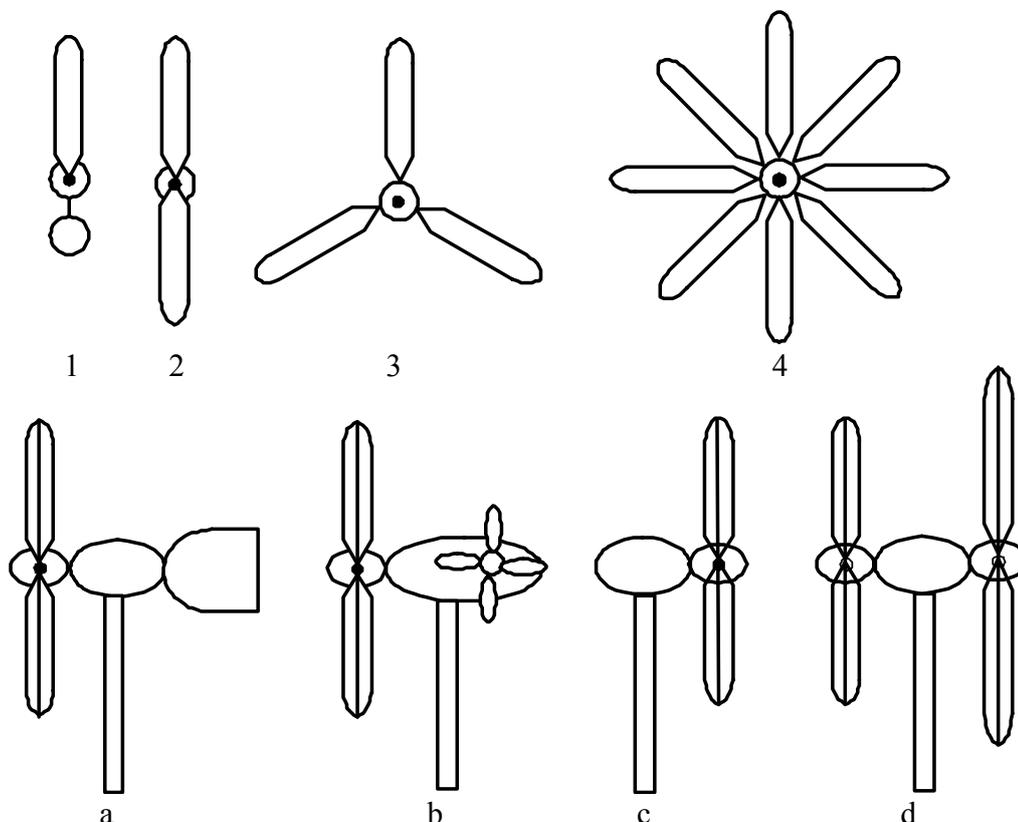
4. Цели назначения. Установка для непосредственного выполнения механической работы называется ветродвигатель. Установка для производства электроэнергии, т.е. совокупность ветродвигателя и электрогенератора называется ветроэлектрогенератором, аэрогенератором, а также установками для преобразования энергии ветра.

5. Зависимости вращения ветроколеса. В ВЭУ, подключенных к мощной энергосистеме частота вращения не зависит от скорости ветра вследствие эффекта автосинхронизации. Такие ВЭУ менее эффективны.

6. Соединение ветроколеса с электрогенератором. Жесткое соединение: ветроколесо соединено с электрогенератором напрямую, т.е. закреплено на валу электрогенератора или через промежуточный преобразователь энергии,

выполняющий роль механического буфера. Наличие буфера уменьшает последствия флуктуаций частоты вращения ветроколеса, позволяет более эффективно использовать энергию ветра и мощность электрогенератора.

Ветроустановки с горизонтальной осью вращения



1 – однолопастное ветроколесо; 2 – двулопастное; 3 – трехлопастное;
 4 – многолопастное; а – со стабилизатором; б – с сервоприводом;
 с – с самоориентацией; d – бироторные ветроустановки.

Основные технические характеристики установок, выпускаемые в СНГ приведены в таблице 1.

Характеристики ВЭУ, выпускаемых странами СНГ

Технические характеристики ВЭУ	АВЭУ-6	МАИ 0,25	МАИ 0,5	МАИ 1,0	В-2-4	НПО "Азимут"	АО МЗ
Номинальная мощность, кВт	4,0	0,25	0,5	1,0	2,0	0,04	0,5
Диаметр ветроколеса, м	6,6	1,6	1,85	2,24	4,0	1,5	1,66
Номинальная частота вращения; об/мин.	215	600	600	600	520	1500	650
Номинальное напряжение, В	230	12	12	12	230	12	12
Номинальная частота тока, Гц	50±5						

Номинальная скорость ветра, м/с	9,0	10	10	10	10	6	12
Максимальная скорость ветра, м/с	40	50	50	50	30	25	20
Скорость страгивания, м/с	-	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0
Число лопастей, шт.	2	6	2	3	1	3	4
Марка генератора	синхронный						
КПД, %	30	30	30	30	30	28	30
Емкость аккумулятора, А ч	-	55	55	55	-	50	60
Масса ВЭУ, кг	1200	90	90	120	250	60	175
Срок службы, лет	10	10	10	10	-	-	-

В настоящее время большое число зарубежных фирм выпускают ветроэлектрические агрегаты, предусмотренные для использования как параллельно с энергосистемой, так и в автономном режиме (см. табл.2). Основные технические характеристики некоторых ВЭУ приведены ниже.

Характеристики некоторых ВЭУ, выпускаемых странами дальнего зарубежья

Технические характеристики установок	АПОЗ	ВРР EXCE	ВРР EXCE	Jacobs США	Freelicht, Великобритания	Electro Winterhub, Швеция	Neirpick, Франция
Мощность установки, кВт	5-25	10	0,04	1,5	0,15-1,0	0,05-6,0	1,0-5,0
Номинальная скорость ветра, м/с	20,0	12,1	5,0	8,0	8,0	7-8	9,0
Максимальная скорость ветра, м/с	50,0	54,0	30,0	30,0	40,0	40,0	40,0
Скорость страгивания, м/с	5,0	3,4	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0
Скорость вращения ветроколеса, об/мин	80,0	100	300	226	500-1000	200-700	200-400
Диаметр ветроколеса, м	3,0	3,0	1,5	4,3	1,8-4	0,45-6,0	3,5-8,0
Число ветроколес, шт	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Марка генератора	синхронный с возбуждением						

Материал лопастей	стеклопластик						
Номинальное выходное напряжение, В	400	110	12	127	12-24	12-400	400
КПД установки, %	35	35	25	30	30-40	38	30
Масса, кг	9860	463	95	230	90-150	80-600	150-650

Традиционно исследования ветрового потенциала проводились в условиях равнин и прибрежных территорий материков, где среднегодовые скорости ветрового потока составляют 9-12 м/с. Но на территории Кыргызской Республики отсутствуют столь масштабные равнины и прибрежные зоны, за исключением локальных мест, побережья озера Иссык-Куль, Чуйской и Ферганской долин. Более 95% территории Кыргызской республики занимают горы. Потенциал ветровой энергии в республике предварительно исследован, составлена карта ветрового кадастра и указаны особенности ветровой нагрузки [3]. Особенности использования этой энергии заключаются в том, что большая доля потенциала ветровой нагрузки приходится на места, где жизнедеятельность людей ограничена гребневыми зонами горной местности, перевалами и ущельями и потребность в электроэнергии в указанных районах отсутствует.

Эксплуатация ветроэнергетических установок (ВЭУ) средней мощности в перечисленных районах не целесообразна по причине больших потерь при передаче. Разработка и эксплуатация мощных ВЭУ в Кыргызстане оставлены на перспективу и требуют более глубоких исследований ветрового кадастра.

Использование маломощных ВЭУ выпускаемых промышленностью СНГ на территории республики малоэффективно, поскольку для обеспечения их работы необходимы скорости ветрового потока 7 м/с и более. В предгорных зонах и пастбищах, где расположены основные потребители, среднегодовая скорость ветра составляет 2-5 м/с.

В республике более 18 тыс. чабанских стоянок [67], которые практически не имеют элементарных социальных и бытовых условий и лишены каких-либо источников информации. Большое число садоводов-любителей, пчеловодов, огородников не имеют централизованного электроснабжения.

Особое место в энергоснабжении потребителей занимают труднодоступные и отдаленные предгорные и горные районы. В Кыргызской Республике в таких районах трудятся тысячи маломощных потребителей энергии –

животноводы, пчеловоды, мелкие фермеры, лесные хозяйства, геологические экспедиции, метеорологические и сейсмологические станции, радио- и телеретрансляторы /1/, в последние годы появились туристические базы. Характерной особенностью таких потребителей является то, что они не связаны с централизованными линиями электропередач, подключение к которым требует прокладки протяженных линий электропередач.

Однако, централизованное электроснабжение находящегося в труднодоступных районах автономного потребителя экономически неоправданно. Кроме того, специфика данной группы автономного потребителя заключается в том, что он не имеет постоянного места дислокации и энергоснабжение должно иметь автономный характер. В качестве энерго-источника такие потребители используют органическое топливо, в основном дрова и реже дизельное топливо.

Использование энергии ветра позволяет осуществлять подъем воды, аэрацию водоемов, мелиорацию посевных площадей, опреснение воды, а наиболее актуальным является обеспечение электроэнергией автономных потребителей, удаленных от централизованной сети и расположенных в отдаленных сельских горных районах.

Из многообразия модификаций ветроустановок наиболее широкое распространение получили малоэнергоёмкие ВЭУ предназначенные для электроснабжения потребителей расположенных в отдаленных децентрализованных районах.

Литература:

1. Ветроэнергетика. Под ред. де Д.Рензо // Пер. с англ. Под ред. Шефтера Я.И. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – С.270.

2. Ветроэнергетические ресурсы, состояние и перспективы использования энергии ветра /Харитонов В.П. // Энерг. стр-во. – 1991. – №3. – С.20-24.

3. Войцеховский Б.В., Войцеховская Ф.Ф. Использование энергии ветра // Энергетика и экология. Новосибирск. – 1988. – С.42-44.