

УДК 621.311, 624.21

Каратаев Анварбек Токтоатович, к.т.н., доцент,  
Исомидин кызы Клара, магистрант, преподаватель  
Ошский технологический Университет

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ, ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

*В предлагаемой статье рассматриваются вопросы альтернативных источников энергии, в частности солнечные батареи и ветроэнергетические установки. Учитываются значимость ресурсов энергии солнечной радиации и ресурсы энергии ветра как города Ош и некоторых местностей Ошской области.*

*Ключевые слова: Возобновляемые источники энергии, солнечные и ветровые электроустановки, расчетная схема ветроэнергетической установки.*

Karataev Anvarbek Toktomatovich, candidate of technical sciences, associate professor,  
Isomidin kyzy Klara, graduate student, lecturer,  
Osh Technological University

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE USE OF SOLAR, WIND ELECTRICAL INSTALLATIONS**

*The proposed article discusses the issues of alternative energy sources, in particular solar panels and wind power plants. The importance of solar radiation energy resources and wind energy resources as the city of Osh and some localities of the Osh region are taken into account. The kinematic scheme of the wind power plant was considered and calculations of the parameters of the wind wheel were carried out.*

*Key words: Renewable energy sources, solar and wind electrical installations, design scheme of a wind power plant*

**Введение.** Потребляемая энергия человечеством увеличивается с каждым годом. Вместе с тем запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны. В связи с этим основными приоритетными задачами должны быть разработка конкурентоспособных и экологически чистых технологий с использованием солнечных и ветровых электроустановок по выработке электроэнергии в целях нужды человечества и для производств, предприятий и т.д.. Задача создания автономных солнечных и ветровых электроустановок по выработке электроэнергии имеет очевидные преимущества, если имеются необходимые условия и предпосылки. Преимущество комбинированного (гибридного) использования солнечных и ветровых электроустановок состоит в том, что они работают круглосуточно. Если во время ветра работают ветроустановки, то при ее отсутствии солнечные электроустановки. При появлении ветра солнечные электроустановки переключаются на аккумулялирование энергии или электроснабжение других потребителей.

Разработка технологий с использованием солнечных и ветровых электроустановок для нужды человечества и других потребителей будет осуществлено на основании теоретических данных. Рассматриваемая электроустановка с использованием возобновляемых источников энергии, на наш взгляд, существенно сокращает расход электрической энергии.

**Материалы и методы исследования.** Потребность в возобновляемых источниках энергии увеличивается с каждым годом. Вместе с тем запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны. Конечны также и запасы ядерного топлива - урана и тория, из которого можно получить в реакторах - размножителях плутоний. Практически неисчерпаемы запасы термоядерного топлива водорода, однако управляемые термоядерные реакции пока не полностью освоены. В связи с указанными проблемами становится все более целесообразным использование нетрадиционных энергоресурсов, в первую очередь солнечной, ветровой, геотермальной энергий, наряду с внедрением энергосберегающих технологий.

Среди возобновляемых источников энергии солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте повсеместной распространенности наиболее перспективна.

Солнечная энергия может быть преобразована в тепловую, механическую и электрическую энергию, использована в химических и биологических процессах. Известны методы термодинамического преобразования солнечной энергии в электрическую, основанные на использовании циклов тепловых двигателей, термоэлектрического и термоэмиссионного процессов, а так же прямые методы фотоэлектрического, фотогальванического и фотоэмиссионного преобразований. Наибольшее практическое применение получили фотоэлектрические преобразователи и системы термодинамического преобразования с применением тепловых двигателей.

Солнечная энергия преобразуется в электрическую на солнечных электростанциях (СЭС), имеющих оборудование, предназначенное для улавливания солнечной энергии, и ее последовательного преобразования в теплоту и электроэнергию. Для эффективной работы СЭС требуется аккумулятор теплоты и система автоматического управления.

Улавливание и преобразование солнечной энергии в теплоту осуществляется с помощью оптической системы отражателей и приемника сконцентрированной солнечной энергии, используемой для получения водяного пара или нагрева газообразного или жидкометаллического теплоносителя (рабочего тела).

**Солнечные батареи.** Энергия солнечной радиации может быть преобразована в постоянный электрический ток посредством солнечных батарей - устройств, состоящих из тонких пленок кремния или других полупроводниковых материалов.

Преимущество фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) обусловлено отсутствием подвижных частей, их высокой надежностью и стабильностью. При этом срок их службы практически не ограничен. Они имеют малую массу, отличаются простотой обслуживания, эффективным использованием как прямой, так и рассеянной солнечной радиации. Модульный тип конструкций позволяет создавать установки практически любой мощности и делает их весьма перспективными. Недостатком ФЭП является высокая стоимость и низкий КПД в пределах до 12%.

Фотоэлектрический эффект возникает в солнечном элементе при его освещении светом в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. В солнечном элементе из полупроводникового кремния толщиной 50мкм поглощаются фотоны, и их энергия преобразуется в электрическую посредством р-п соединения. Переход на гетеросоединения типа арсенида галлия и алюминия, применение концентраторов солнечной радиации с кратностью концентрации 50- 100 позволяет повысить КПД с 20 до 35 %. Как известно фирмой "Боинг" создан двухслойный элемент, состоящий из двух полупроводников - арсенида и антимонида галлия - с коэффициентом преобразования солнечной энергии в электрическую, равным:37%. В обычных кремниевых элементах инфракрасное излучение не используется, в то время как в новом элементе в первом прозрачном слое (арсенид галлия) поглощается и преобразуется в электричество видимый свет, а инфракрасная часть спектра, проходящая через этот слой, поглощается и преобразуется в электричество во втором слое (антимониде галлия), в итоге КПД увеличивается до 37%, что вполне сопоставимо с КПД современных тепловых и атомных электростанций.

Солнечные батареи пока используются в основном в космосе, а на Земле только для энергоснабжения автономных потребителей мощностью до 1кВт, питания радионавигационной и маломощной радиоэлектронной аппаратуры, привода экспериментальных электромобилей и самолетов. По мере совершенствования солнечных батарей они будут использованы в жилых домах для автономного энергоснабжения, т.е. отопления и горячего водоснабжения, а также для выработки электроэнергии для освещения и питания бытовых электроприборов.

В качестве примера можно рассмотреть следующую солнечную энергоустановку, разработанную на основе солнечных батарей.

Энергоустановка мощностью 70 Вт сезонная. Параметры: 30 кВт\*ч в месяц, максимальная мощность 1,5 кВт. Возможности: Полноценное освещение двух-трех комнат с помощью энергосберегающих ламп.

Подключение холодильника малой мощности (однокамерный), водный насос, триммер, кухонный комбайн, телевизор, утюг, компьютер, радиоприемник, зарядка сотового телефона и т.д. Кроме: электрочайника, электроплиты, и нагревательных приборов. Стабильно работает с марта по октябрь даже в облачную погоду.

Солнечная энергоустановка состоит из солнечной батареи, аккумулятора и инвертора т.е. преобразователя 12/200В, 1,5кВт.

**Результаты исследований.** Для эффективного преобразования солнечной энергии в электрический или тепловой, прежде всего, необходимо знать солнечное сияние в различные периоды года на данной территории. Солнечная энергия при правильном проектировании может давать электроэнергию в течении 7 - 9 часов летом и 4 - 5 часов зимой. Поэтому использование солнечной энергии эффективно для электропитания небольших поселений в горных и предгорных территориях. Данные солнечной радиации для г. Ош т.е. уровень солнечной радиации средно максимальная-0,18-0,2кВт/м<sup>2</sup> и средно минимальная -0,7-0,72кВт/м<sup>2</sup>.

Среднемесячная минимальная температура воздуха по городу Ош в 2023году (с января по август) составила 11,6°С а среднемесячная максимальная соответственно - 27,8°С.

Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе составит  $334 \text{ Вт/м}^2$ .

Солнечная радиация, (прямая/рассеянная), поступающая в сентябре на вертикальную поверхность при безоблачном небе соответственно  $114 \text{ Вт/м}^2$ .

*Ветроэнергетические установки.* Вторым не маловажным составляющим для комбинированных электроустановок являются ветроэнергетические установки, использующие энергию ветра.

Как нам известно запасы ветра в 100 раз превышают запасы гидроэнергии рек, однако в настоящее время двигатели, использующие энергию ветра, имеют установленную мощность всего  $1300 \text{ МВт}$ , что составляют примерно  $0,002$  мировой потребности.

При современных аэродинамических совершенных винтах и преобразующих устройствах  $2,6 \cdot 10^6 \text{ м}^2$  фронта ветра могут дать мощность  $150 \text{ МВт}$  при любой скорости ветра, превышающей  $6\text{-}8 \text{ км/ч}$ .

Неустойчивость ветра приводит к необходимости применения средств аккумуляции энергии, а это удорожает установку.

В ветроэнергетических установках учитывается так же и —роза ветров, т.е. характерные направления скоростей ветра в данной точке в течение года. Обычно плотность воздуха принимают  $\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$ , здесь температура воздуха принимается в пределах до  $15^\circ\text{C}$ .

Однако —роза ветров в городе Ош разрушена из-за постройки высотных домов. Поэтому, по-видимому, в пределах города Ош считается нецелесообразным построить ветроэнергетические установки.

Ветроэнергетические установки разделяются по мощности: малые (до  $100 \text{ кВт}$ ), средние (от  $10$  до  $100 \text{ кВт}$ ), крупные (от  $100$  до  $1000 \text{ кВт}$ ), сверх крупные (более  $1000 \text{ кВт}$ ).

Ветроэнергетическая установка состоит из ветроагрегата (ветродвигатель в комплекте с одной или несколькими рабочими машинами), аккумулирующего или резервирующего устройства, в ряде случаев дублирующего не ветрового двигателя и систем автоматического управления и регулирования режимов работы.

В качестве аккумулирующего устройства часто применяют наполняемую водой ёмкость или батареи электрохимических аккумуляторов; для кратковременного запаса энергии и выравнивания потребляемой мощности при небольших изменениях скорости ветра - инерционные аккумуляторы. Дублирующий двигатель (обычно двигатель внутреннего сгорания) используют в периоды безветрия и в тех случаях, когда из-за снижения скорости ветра мощность, развиваемая ветродвигателем, становится ниже номинальной либо недостаточна для питания электроэнергией всей присоединённой нагрузки.

Системы автоматического управления и регулирования служат для включения и выключения ветродвигателя (в зависимости от режимов ветра и нагрузки, степени заполнения водой емкости или заряда аккумулятора), для контроля работой главных элементов ветроэнергетической установки, согласования режимов совместной или параллельной работы ветряного и теплового двигателей и др.

Различают ВУ специального назначения (насосные, или водоподъёмные, электрические зарядные, мельничные, опреснительные и т.п.) и комплексного применения (ветросиловые и ветроэлектрические). В силовых ВУ от механической трансмиссии ветродвигателя приводятся в движение исполнительные машины, в электрических ВУ вырабатываемая электроэнергия передаётся на электродвигатель исполнительной машины. В зависимости от типа и характеристик ветродвигателей и рабочих машин ВУ могут быть тихоходными, средней быстроходности и быстроходными.

Установленная (расчётная) мощность ВУ зависит, главным образом, от диаметра ветроколеса и значения расчётной скорости ветра. Известны ВУ мощностью от 100 Вт до 1000 кВт. В отличие от других энергетических установок, ВУ работает с постоянно изменяющимися в широких пределах мощностью и частотой вращения ветроколеса.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) достигли сегодня уровня коммерческой зрелости и в местах с благоприятными скоростями ветра могут конкурировать с традиционными источниками электроснабжения. Установка ВЭУ оказывается целесообразной только в местах, где среднегодовые скорости ветра достаточно велики.

КПД достигает для лучших ветровых колес примерно 0,45. Это означает, например, что ветровое колесо с длиной лопасти 10 м при скорости ветра 10 м/с может иметь мощность на валу в лучшем случае 85 кВт.

Расчетная скорость ветра для больших ВЭУ обычно принимается на уровне 11-15 м/с. Вообще, как правило, чем больше мощность агрегата, тем на большую скорость ветра он рассчитывается. Однако в связи с непостоянством скорости ветра большую часть времени ВЭУ вырабатывает меньшую мощность. Считается, что если среднегодовая скорость ветра в данном месте не менее 5-7 м/с, а эквивалентное число часов в году, при котором вырабатывается номинальная мощность не менее 2000, то такое место благоприятно для установки крупной ВЭУ и даже ветровой фермы.

Автономные установки киловаттного класса, предназначенные для энергоснабжения сравнительно мелких потребителей, могут применяться и в районах с меньшими среднегодовыми скоростями ветра.

*Ресурсы энергии ветра.* Из метеоданных средняя скорость ветра в предгорных районах Ошской области достигает до 20 м/сек, что целесообразно к использованию ветроэнергетических установок. По нормативным данным если скорость ветра находится в пределах от 4,5 до 20 м/сек, то эти показатели считаются достаточными для внедрения на этих территориях ветроэнергетических установок.

Широкое распространение получили местные горно-долинные ветры характеристикой регулярно сутечного смежного направления. Возникновение их связано с неравномерным нагреванием и охлаждением воздуха на склонах и в свободной атмосфере на той же высоте. Среднегодовая скорость ветра в предгорных зонах Ошской области колеблется в пределах от 1 до 2,7 м/с. Сильные ветры (со скоростью 15 м/сек) имеют небольшую повторяемость за многолетние наблюдения (менее 10 дней), на равнинах г. Ош 10-12 дней.

Средне-месячная скорость ветра, в городе Ош составляет 2,83 м/сек (были взяты данные с января по август месяцы 2023 года).

В настоящее время в предгорных и горных местностях Кыргызской Республики расположены большое количество небольших населенных пунктов. Известно что, эти пункты не имеют возможности получения гарантийной бесперебойной электроэнергии. Дефицит электроснабжения возникает в основном из-за дефицита топлива для резервных дизель - генераторов, а также из-за не надежной работы линий электропередачи в горных условиях вследствие воздействия сильных ветров, снеговых и гололедных нагрузок. Использование дизельных электростанций требует систематического завоза дорогостоящего топлива, что не всегда возможно и кроме того, приводит к загрязнению окружающей среды.

Учитывая вышесказанное, особую актуальность приобретает решение проблемы обеспечения устойчивого энергоснабжения объектов, расположенных в труднодоступных населенных пунктах и регионах. Это возможно осуществить за счет эффективного и рационального использования энергии солнечной радиации и ветра.

*Разработка ветроэнергетической установки для электропитания.* В настоящее время в мире разработано огромное количество ветроэнергетических установок относительно небольшой единичной мощности, пригодных для автономного

использования. Однако, съем мощности на таких установках начинается при скорости ветра около 8 м/с, а на номинальную мощность они выходят при скорости ветра от 9 до 12 м/с в зависимости от конструкции.

Ветроэнергетический потенциал республики не позволяет строить промышленные электростанции, но вполне удовлетворяет условиям малой энергетики. К тому же в Кыргызстане интерес к ВЭУ связан в основном с автономными установками малой мощности, которые могут использоваться в регионах, удаленных от систем централизованного электроснабжения.

Тем не менее, как показывают экспериментальные данные на высокогорных участках (2000 - 3000м над уровнем моря) скорость ветра колеблется в пределах 6 - 22 м/с.

Установки, дублирующие электросеть обычно основаны на небольших ДВС, использующих дорогостоящее топливо, когда расходы на транспортировку топлива часто поднимают стоимость единицы произведенной энергии, в десятки раз стоимости энергии в централизованных сетях электропередачи.

Основным требованием, предъявляемым к конструкциям является сохранение работоспособности при скоростях ветра значительно превышающих расчетные и в условиях обледенения.

Потребность в таких энергоустановках очень высокая, обеспечение электрической энергией автономных потребителей расположенных в высокогорных регионах является весьма сложной задачей из-за частых ураганных ветров, оползней, лавин и т.п., разрушающих линии электропередачи.

Основным элементом ветроустановки является ветротурбина (ветродвигатель), преобразующая энергию стихийного ветрового потока в концентрированную механическую энергию вала, связанную с якорем генератора тока и вырабатывать электричество для освещения, отопления, подключения бытовых приборов.

В соответствии с принятой классификацией под ветродвигателем понимают любое устройство (двигатель), использующее кинетическую энергию ветра для выработки (производства) механической энергии.

Несмотря на то, что средняя скорость ветра на территории Кыргызстана не превышает 5 м/с, на высоте 2,5 - 3 тыс.м над уровнем моря она колеблется от 6 до 22 м/с. Среднегодовая скорость ветра на большинстве территории составляет 8 - 14 м/с, что вполне удовлетворяет требованиям ветроэнергетики. При таких скоростях ветра обеспечить требуемую мощность можно обеспечить при относительно: небольших габаритных размерах ветродвигателя.

Считается целесообразным установка ветро энергетических установок в местах, где среднегодовая скорость ветра составляет более 5 м/сек.

Территория нашей республики имеет сильно отличающиеся климатические условия. В южных областях страны с мягким климатом можно использовать ВЭУ без специальных мер защиты от неблагоприятных метеофакторов. Северные и восточные регионы с резко континентальным климатом и суровыми зимами, а также высокогорные участки нуждаются в особых в ЭУ. Здесь часты многодневные снегопады и гололедные явления и именно в периоды наибольшей нужды в тепловой и электрической энергии ветроустановки могут быть выведены из строя вследствие заносов мокрым снегом с последующим резким понижением температуры воздуха и образованием тяжелого ледникового покрова на них.

В результате анализа аэродинамических характеристик большого числа ветротурбин и ветроколес, с учетом особенностей климатических условий, за основу взято трехлопастное ветроколесо.

В конструкции установки (рис. 1.) применена наиболее простая и надежная схема: ветроколесо, повышающий редуктор (мультипликатор), генератор; ось вращения

рабочего органа (ветроколеса) горизонтальна, ориентация на ветер с помощью хвоста, передача электрического тока вниз через токосъемник.

Лопастей ветроколеса могут быть изготовлены из легкого и очень прочного материала - стеклопластика, являющегося частично пустотелыми, в наиболее опасных местах имеют конструктивное и сотовое подкрепление. Лопасти будут выполнены с переменной круткой по длине и изменяющимися относительными параметрами особого профиля, сглаживающего случайные воздействия ветрового потока.

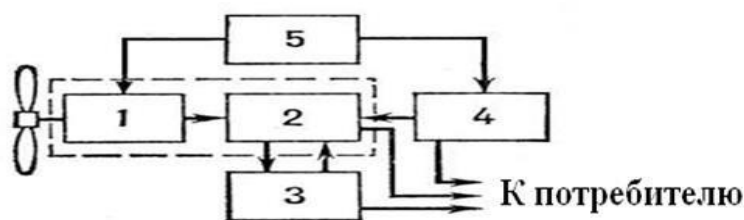


Рис. 1. Кинематическая схема ветроэнергетической установки.

Оптимальные параметры толщины и ширины профиля, угла атаки и угла установки в сочетании с высоким качеством геометрии поверхности и принятой трехлопастной схемой позволяют достичь коэффициента использования энергии ветра в среднем до 0,36.

Выбор материала лопастей обуславливается тем, что металлические лопасти ветрового колеса ВЭУ отражают телевизионные сигналы, вызывая помехи при передаче. Кроме того, частые ветровые перегрузки ветроколеса не позволяют использовать деревянные или т.п. лопасти, к тому же условия транспортировки неметаллических лопастей намного проще.

Защита ветроагрегата от буревых нагрузок осуществляется поворотом плоскости колеса относительно горизонтальной оси вращения (опрокидывание) и выведения его, таким образом, из-под ветра.

#### **Выводы и заключения:**

- Проведен обзор и анализ существующих солнечных и ветровых энергоустановок.
- По данным гидрометеорологической службы г.Ош установлены целесообразность применения солнечных батарей и нецелесообразность ветроэнергетических установок так как средняя скорость ветра составляет 2,83 м/сек., что не соответствует минимальным необходимым скоростям ветра (от 5 м/сек. и далее).
- По теоретическим расчетам средняя высота расположения ветроустановки должно быть 2,5 - 3 тысячи метров над уровнем моря.
- Изучены ресурсы энергии солнечной радиации, температура воздуха, ресурсы энергии ветра и скорости ветра в г. Ош.

#### **Литература:**

1. Дверняков В.С. Солнце - жизнь, энергия Киев: Наукова думка 1986
2. Колтун М.М. Солнце и человечество М: Наука 1981
3. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Перевод с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 392 с.
4. Фатеев Е. М., Ветро двигатели и ветроустановки, 2 изд., М., 1957г.

***Известия ОшГУ 2023 №4***

Шефтер Я.И. и Рождественский И. В., Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты, М., 1967.

5. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. М.: «Энергоатомиздат».

6. 1983.

7. Быстрицкий Т.Ф. Основы Энергетики – М.:2007-278с. ИНФРА