

Д. де Рензо

Ветроэнергетика

**Москва
«Книга по Требованию»**

Ветроэнергетика

Ветроэнергетика, использующая ветроколёса и ветрокарусели, возрождается сейчас, прежде всего, в наземных установках.

Ветер дует везде — на суше и на море. Человек не сразу понял, что перемещение воздушных масс связано с неравномерным изменением температуры и вращением земли, но это не помешало нашим предкам использовать ветер для мореплавания.

В глубине материка — нет постоянного направления ветра. Так как разные участки суши, в разное время года, нагреваются по-разному, можно говорить только о преимущественном сезонном направлении ветра.

Кроме того, на разной высоте ветер ведёт себя по-разному, а для высот до 50 метров — характерны *рыскающие* потоки.

Для приземного слоя, толщиной в 500 метров, энергия ветра, превращающаяся в тепло, составляет, примерно, 82 триллиона киловатт-часов в год.

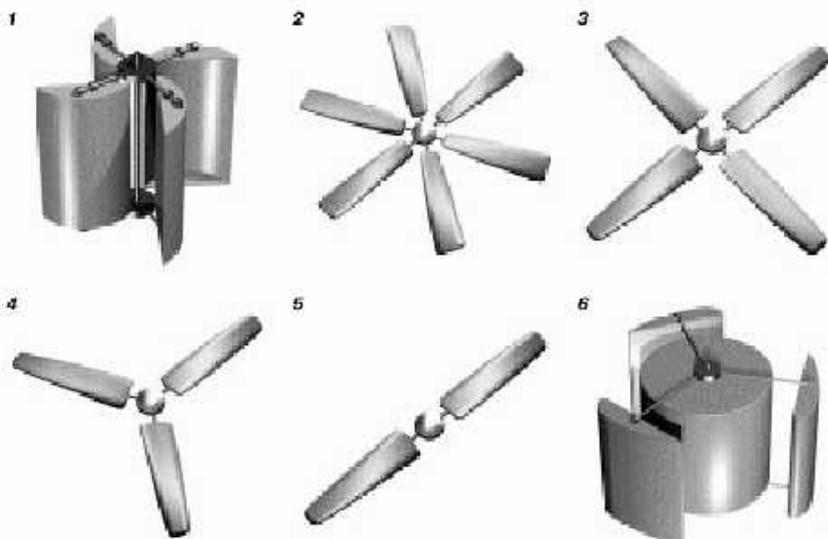
Конечно, всю её использовать невозможно, в частности, по той причине, что часто поставленные ветряки будут затенять друг друга.

В то же время, отобранная у ветра энергия, в конечном счёте, вновь превратится в тепло.

Среднегодовые скорости воздушных потоков на стометровой высоте превышают 7 м/с.

Если выйти на высоту в 100 метров, используя подходящую естественную возвышенность, то *везде* можно ставить эффективный ветроагрегат.

Упряжь для ветра



Типы ветродвигателей

Принцип действия всех ветродвигателей один: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент, через

систему передач, вала генератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу или электрогенератору.

Чем больше диаметр ветроколеса, тем больший воздушный поток оно захватывает и тем больше энергии вырабатывает агрегат.

Принципиальная простота даёт здесь исключительный простор для конструкторского творчества, но только неопытному взгляду ветроагрегат представляется простой конструкцией.

Традиционная компоновка ветряков — с горизонтальной осью вращения — неплохое решение для агрегатов малых размеров и мощностей.

Когда же размахи лопастей выросли, такая компоновка оказалась неэффективной, так как, на разной высоте, ветер дует в разные стороны.

В этом случае, не только не удаётся оптимально ориентировать агрегат по ветру, но и возникает опасность разрушения лопастей.

Кроме того, концы лопастей крупной установки, двигаясь с большой скоростью создают шум.

Однако, главное препятствие на пути использования энергии ветра, всё же, экономическое — мощность агрегата остаётся небольшой и доля затрат на его эксплуатацию оказывается значительной.

В итоге, себестоимость энергии не позволяет ветрякам с горизонтальной осью оказывать реальную конкуренцию традиционным источникам энергии.

По прогнозам фирмы Боинг (США) — длина лопастей крыльчатых ветродвигателей не превысит 60 метров, что позволит создать ветроагрегаты традиционной компоновки мощностью 7 МВт.

Сегодня самые крупные из них — вдвое «слабее».

В большой ветроэнергетике, только при массовом строительстве, можно рассчитывать на то, что цена киловатт-часа снизится до десяти центов.

Маломощные агрегаты могут вырабатывать энергию, примерно, *втрое* более дорогою.

Для сравнения, отметим, что серийно выпускавшийся в 1991 году НПО «Ветроэн» крыльчатый ветродвигатель, имел размах лопастей 6 метров и мощность 4 кВт.

Его киловатт-час обходился в 8...10 копеек.

Типы ветродвигателей

Большинство типов ветродвигателей известны так давно, что история умалчивает имена их изобретателей.

Основные разновидности ветроагрегатов изображены на рисунке. Они делятся на две группы:

**ветродвигатели с горизонтальной осью вращения (крыльчатые) (2...5);
ветродвигатели с вертикальной осью вращения (карусельные: лопастные (1) и ортогональные (6)).**

Типы крыльчатых ветродвигателей отличаются только количеством лопастей.

Крыльчатые

Для крыльчатых ветродвигателей, наибольшая эффективность которых достигается при действии потока воздуха перпендикулярно к плоскости вращения лопастей-крыльев, требуется устройство автоматического поворота оси вращения.

С этой целью применяют крыло-стабилизатор.

Кarusельные ветродвигатели обладают тем преимуществом, что могут работать, при любом направлении ветра не изменяя своего положения.

Коэффициент использования энергии ветра (см. рис.) у крыльчатых ветродвигателей намного выше чем у карусельных.

В то же время, у карусельных — намного больше момент вращения.

Он максимален для карусельных лопастных агрегатов, при нулевой относительной скорости ветра.

Распространение крыльчатых ветроагрегатов объясняется величиной скорости их вращения.

Они могут непосредственно соединяться с генератором электрического тока без мультипликатора.

Скорость вращения крыльчатых ветродвигателей — обратно пропорциональна количеству крыльев, поэтому, агрегаты с количеством лопастей больше трёх, практически не используются.

Кarusельные

Различие в аэродинамике, даёт карусельным установкам преимущество, в сравнении с традиционными ветряками.

При увеличении скорости ветра, они быстро наращивают силу тяги, после чего, скорость вращения стабилизируется.

Кarusельные ветродвигатели — тихоходны и это позволяет использовать простые электрические схемы, например, с асинхронным генератором, без риска потерпеть аварию, при случайном порыве ветра.

Тихоходность выдвигает одно ограничивающее требование — использование многополюсного генератора работающего на малых оборотах.

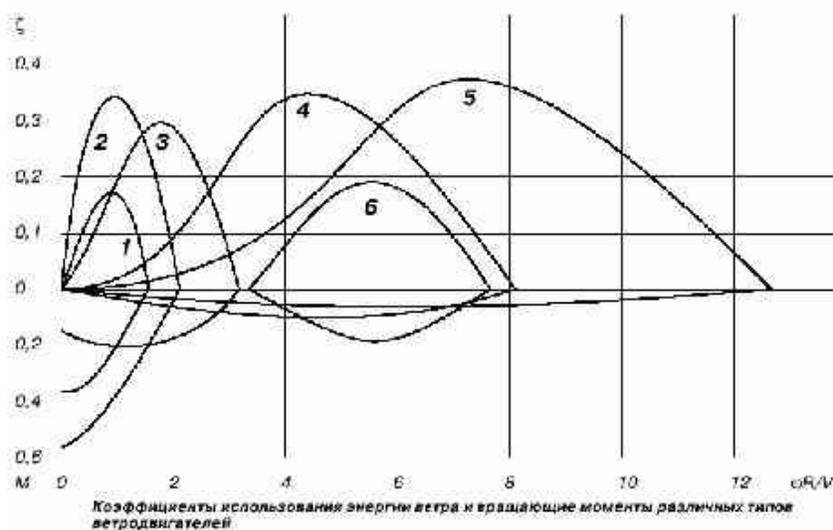
Такие генераторы не имеют широкого распространения, а использование мультипликаторов (мультипликатор [лат. *Multiplicator* —

умножающий] — повышающий редуктор) — не эффективно, из-за низкого КПД последних.

Ещё более важным преимуществом карусельной конструкции стала её способность, без дополнительных ухищрений, следить за тем «откуда дует ветер», что весьма существенно для приземных рыскающих потоков.

Ветро двигатели подобного типа строятся в США, Японии, Англии, ФРГ, Канаде.

Карусельный лопастный ветродвигатель наиболее прост в эксплуатации. Его конструкция обеспечивает максимальный момент, при запуске ветродвигателя и автоматическое саморегулирование максимальной скорости вращения в процессе работы.



С увеличением нагрузки, уменьшается скорость вращения и возрастает вращающий момент вплоть до полной остановки.

Ортогональные

Ортогональные ветроагрегаты, как полагают специалисты, перспективны для большой энергетики.

Сегодня перед ветропоклонниками ортогональных конструкций стоят определённые трудности. Среди них, в частности, проблема запуска.

В ортогональных установках используется тот же профиль крыла, что и в дозвуковом самолёте (см. рис. б).

Самолёт, прежде чем «опереться» на подъёмную силу крыла, должен разбежаться. Так же обстоит дело и в случае с ортогональной установкой.

Сначала к ней нужно подвести энергию — раскрутить и довести до определённых аэродинамических параметров, а уже потом, она сама перейдёт из режима двигателя в режим генератора.

Отбор мощности начинается, при скорости ветра около 5 м/с, а номинальная мощность достигается при скорости 14...16 м/с.

Предварительные расчёты ветроустановок предусматривают их использование в диапазоне от 50 до 20 000 кВт.

В реалистичной установке, мощностью 2000 кВт, диаметр кольца, по которому движутся крылья, составит около 80 метров.

У мощного ветродвигателя большие размеры. Однако, можно обойтись и малыми — взять числом, а не размером.

Снабдив каждый электрогенератор отдельным преобразователем, можно просуммировать выходную мощность вырабатываемую генераторами.

В этом случае, повышается надёжность и живучесть ветроустановки.

Неожиданные применения ветроустановок

Реально работающие ветроагрегаты обнаружили ряд отрицательных явлений.

Например, распространение ветрогенераторов может затруднить приём телепередач и создавать мощные звуковые колебания.

Например, распространение ветрогенераторов может затруднить приём телепередач и создавать мощные звуковые колебания.

Появление экспериментального ветродвигателя на Оркнейских островах (Англия) в 1986 году вызвало многочисленные жалобы от телезрителей ближайших населенных пунктов [16].

В итоге, около ветростанции был построен



телевизионный ретранслятор.

Лопастей крыльчатой ветряной турбины были выполнены из стеклопластика, который не отражает и не поглощает радиоволны.

Помехи создавал стальной каркас лопастей и имеющиеся на них металлические полоски, предназначенные для отвода ударов молний.

Они отражали и рассеивали ультракоротковолновый сигнал. Отражённый сигнал смешивался с прямым, идущим от передатчика, и создавал на экранах помехи.

Построенная в 1980 году в городке Бун (США) ветроэлектростанция, дающая 2 тысячи киловатт, действовала безотказно, но вызывала нарекания жителей городка.

Во время работы ветряка, в окнах дребезжали стёкла и звенела посуда на полках [17].

Было установлено, что шестидесятиметровый винт, при определённой скорости вращения издавал инфразвук.

Он не ощущается человеческим ухом, но вызывает низкочастотные колебания предметов и небезопасен для человека.

После доработки лопастей, от инфразвуковых колебаний удалось избавиться.

Ветродвигатели могут не только вырабатывать энергию.

Способность привлекать внимание вращением без расходования энергии используется для рекламы.

Наиболее простой — однолопастный карусельный ветродвигатель представляет собой прямоугольную пластинку с отогнутыми краями.

Закреплённый на стене он начинает вращаться, даже при незначительном ветре.

На большой площади крыльев, карусельный трёх-четырёх лопастный ветродвигатель может вращать рекламные плакаты и небольшой генератор.

Запасённая в аккумуляторе электроэнергия может освещать крылья с рекламой в ночное время, а в безветренную погоду и вращать их.

Опишем некоторые ветряные генераторные установки

В состав многих ветровых установок входят такие необходимые элементы, как разборная мачта, блок управления, нагреватель, соединительные кабели.

Кроме того, дополнительно могут предлагаться солнечные батареи, аккумуляторы, инверторы.

Однако, указанные элементы, как правило, гораздо дешевле можно приобрести в других местах.

Так, в частности, предлагаются инверторы типа АКЦИОМ или ТРАНСВАТТ (Германия) — с трапецевидной формой тока 1,5 кВт за 1738 \$ или типа ГЛОБАЛ (Германия) — с синусоидальной формой тока 1 кВт за 1711 \$.

В тоже время, аналогичный по мощности инвертор (с функцией UPS) МАП «Энергия» (см. [Город Творцов](#)) стоит порядка 250-300(!) \$.

Это — отечественная разработка (заявка на патент № 2001125519), на основе новейших импортных комплектующих.

Для справки: инвертором называется электронное устройство преобразующее постоянное напряжение (например, аккумуляторов) в переменное (в нашем случае — в 220 В).

**Государственное
машиностроительное КБ «Радуга»**

***Автономная ветроэнергетическая установка мощностью 1 кВт
«Радуга-001»***

Мощность генератора номинальная — 1,0 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3,6...25 м/с.

Система генерирования электрической энергии обеспечивает выдачу однофазного переменного тока частотой 50 Гц, а также, выход с аккумуляторной батареи 12 В и 24 В постоянного тока.

В безветренную погоду система аккумулирования обеспечивает электроэнергией в течение 4-х суток, при экономном режиме потребления.

Предусмотрена возможность комплектации ВЭУ панелями солнечных батарей.

***Автономная ветроэнергетическая установка мощностью 8 кВт
«Радуга-008»***



Мощность генератора номинальная — 8,0 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 4,5...25 м/с.

Система генерирования электрической энергии обеспечивает выдачу 3-х фазного переменного тока, частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В,

секционированное подключение потребителей (три канала по 2-3 кВт, с возможностью их независимого включения).

Предусмотрена возможность комплектации ВЭУ панелями солнечных батарей, аккумуляторами, дизель-электрической установкой.

В штиль аппарат бесперебойного питания обеспечит электроэнергией мощностью до 500 Вт.

В установке имеется система автоматического управления, обеспечивающая автоматический запуск и управление ВЭУ в рабочем диапазоне скоростей ветра, автоматический или по командам перевод ВЭУ в режим холостого хода, при скорости ветра, превышающей границу рабочего диапазона, или, при возникновении аварийной ситуации.

При проектировании установки, учтены условия эксплуатации в районах Крайнего Севера. Агрегаты и узлы установки испытаны на соответствующие температуры эксплуатации в термокамерах.

***Сетевая ветроэнергетическая установка мощностью 1000 кВт
«Радуга-1»***



Мощность генератора номинальная — 1000 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 5...25 м/с .

Система генерирования электрической энергии обеспечивает выдачу электрической энергии промышленной частоты 50 Гц и сопряжение ВЭУ с энергосистемой.

Система выполнена по схеме: синхронный генератор — выпрямительно-инверторный преобразователь — согласующий силовой трансформатор.

В ВЭУ имеется система автоматического управления, обеспечивающая ориентацию ветрового колеса, автоматический пуск и торможение

установки, управление углом поворота лопастей, выработку команд для работы в энергосети, диагностирование технического состояния агрегатов ВЭУ, отработку команды дистанционного управления от диспетчерского пункта, обеспечение, при необходимости, ручного управления ВЭУ с терминала местного управления.

При проектировании установки, учтены условия эксплуатации в районах Крайнего Севера.

***Автономная ветроэнергетическая установка мощностью 16 кВт
«Радуга-016»***

Мощность генератора номинальная — 16,0 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 4,5...25 м/с.

Система генерирования электрической энергии обеспечивает выдачу 3-х фазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В, секционированное подключение потребителей (три канала по 2-3 кВт, с возможностью их независимого включения).

Предусмотрена возможность комплектации ВЭУ панелями солнечных батарей, аккумуляторами, дизель-электрической установкой.

В штиль аппарат бесперебойного питания обеспечит электроэнергией мощностью до 500 Вт.

ЦНИИ «Электроприбор»

Ветроэлектрическая установка УВЭ-500



Предназначена для автономного снабжения электроэнергией индивидуальных потребителей.

Номинальная мощность — 500 Вт.

Выходное напряжение — постоянное 12, 24 В, переменное (с инвертором) — 220 В.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 2,5...25 м/с

Описание разработки

Установка обеспечивает использование осветительных приборов, электроинструментов, бытовых электроприборов, теле- и радиоаппаратуры, зарядку аккумуляторов.

Автономно вырабатывает, при работе в буферном режиме с аккумуляторной батареей, следующие виды электропитания:

напряжение постоянного тока 24 В;

переменное напряжение 220 В 50 Гц (в комплекте с инвертором).

Состав установки: ветроколесо, генератор с поворотным устройством, разборная мачта, блок управления, нагреватель, соединительные кабели. Масса установки без инвертора — 60 кг.

Ёмкость подключаемой потребителем кислотной или щелочной аккумуляторной батареи — не менее 190 Ач.

Установка может работать в комплексе с солнечной батареей мощностью до 300 Вт, а также, в режиме без аккумулятора, для питания нагрузки, не требующей стабилизации напряжения.

Предусмотрены: индикация состояния аккумулятора, защита аккумулятора от перезаряда и переразряда, автоматическая защита ветроагрегата от механических повреждений, при скорости ветра, превышающей 12 м/с.

Мощность, по постоянному току — до 500 Вт, при скорости ветра — 10 м/с.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3...25 м/с.

Диаметр ветроколеса — 2,2 м.

Высота мачты — 4,5 м.

Ветроэлектрическая установка УВЭ-1000

Номинальная мощность — 1000 Вт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 2,5...25 м/с.

Научно-Производственная Компания «Ветроток»

Ветроэлектрическая установка мощностью 16 кВт

Установка разработана для генерирования электроэнергии в районах с повышенной ветровой активностью, со среднегодовой скоростью ветра 5-6 м/с и более.

К таким районам, на территории СНГ, относятся практически весь Дальний Восток, большинство районов Севера России, Казахстан.

В этих местах использование ветро-энергетических установок — наиболее целесообразно и экономически обоснованно.

Установка ВЭУ-16 развивает электрическую мощность 16 кВт, при расчётной скорости ветра 17,5 м/с.

Установки предназначены для снабжения фермерских хозяйств, небольших посёлков, производственного оборудования ограниченной мощности.

ВЭУ предназначены для работы в автоматическом режиме и не требуют постоянного контроля оператора.

Установки могут работать параллельно с сетью или с дизель-генератором.

Возможно накопление электроэнергии в аккумуляторах с дальнейшим инвертированием в переменный ток 220 В, 50 Гц.

Произведены испытания установки на метеостанции «Тагонай гора» в г. Златаусте, Челябинской области.

Ветроэлектрическая установка с генератором постоянного тока ВЭУ-5-4

Ветроэлектрическая установка ВЭУ-5-4 предназначена для преобразования энергии ветра в электрическую энергию.

ВЭУ способна удовлетворить потребность в электроэнергии метеостанций, геологических партий, лесопунктов, фермерских хозяйств, коттеджей, небольших населённых пунктов, где нет линий электропередач.

Номинальная мощность генератора — 4,2 кВт.

Выходное напряжение (постоянный ток) — 24 В.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 4...25 м/с

Рыбинский Завод Приборостроения

Ветроэнергетическая установка «ВЕТЭН-0,16»

Позволяет получать электроэнергию постоянного тока напряжением 12 В и переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц, путём преобразования энергии ветра.

Мощность генератора 160 Вт,

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3,5...25 м/с.

Ветроэнергетическая установка «ВТН8-8»

Ветроагрегат предназначен для преобразования энергии ветра в электрическую энергию переменного трёхфазного тока напряжением 230/400 В, частотой 50 Гц.

Область применения — в составе ветроэлектрических установок (отопительных, зарядных, водоподъёмных, катодной защиты и т.п.).

Мощность генератора — 8000 Вт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3,5...25 м/с.

Нижнее значение температуры — 40°C.

Ветронасосная установка «Водолей»

Предназначена для подъёма воды из источников с помощью энергии ветра.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3...25 м/с.

Производительность, при скорости ветра — 5 м/с и общей высоте подъёма воды 10 м — не менее 300 л/час.

Максимальная высота подъёма воды — 9,6 м.

Ветронасосная установка «Водолей-2»

Предназначена для подъёма воды из скважин и колодцев с помощью энергии ветра.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3...25 м/с.

Производительность, при скорости ветра — 5 м/с и общей высоте подъёма воды 10 м — не менее 200 л/час.

Максимальная высота подъёма воды — 30 м.

Установка ветроэлектрическая «Шексна-1»

Применяется на объектах, удалённых от энергосистем и расположенных в различных климатических районах с благоприятными ветровыми условиями.

Преимущественная область использования — отопление, освещение, питание бытовых электроприборов, систем автоматики и сигнализации и т.д.

Номинальная мощность — 0,5 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3...30 м/с.

Государственный Ракетный Центр «КБ имени Академика В.П. Макеева»

Ветроэнергетическая установка ВА05

Номинальная мощность — 30 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 4...30 м/с.

Ветроустановка HR-40

Совместно с фирмой «Magnet Motors» (г. Штарнберг, ФРГ) ведутся разработки ветроустановок мощностью 10, 40, 300 кВт, на базе серийно выпускаемых немецкой стороной установок HR-1, HR-40, YR-300.

Без мультипликатора, генератор бегущей волны с непосредственным приводом, возбуждаемый от постоянных магнитов.

Номинальная мощность — 40 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 3,5...26 м/с.

***Ветродизельная
электростанция ВДЭС-100***

Мощность ВЭУ — 100 кВт.

Мощность двух дизель-электрических станций — 60+30=90 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 4...25 м/с.

АО «Ветроэнергомаш»

Агрегат ветроэлектрический АВЭУ6-4М

Номинальная мощность генератора — 4 кВт.

Рабочий диапазон скоростей ветра — 4,5...40 м/с.

Номинальное напряжение — 400/230 В.

СКБ «Искра»



Ветроэлектрическая Установка «М-250»

Ветроэлектрическая установка М-250 предназначена для выработки электроэнергии, за счёт ветрового потока.



Она может использоваться в отдалённых и изолированных местах, в различных климатических районах с благоприятными ветровыми условиями, где отсутствует централизованное электроснабжение или его подача — нерегулярна.

М-250 обеспечивает потребителей электроэнергией напряжением 12 Вольт постоянного тока, для питания ламп освещения, бытовых приборов, линий теле- и радио-коммуникаций, устройств спутниковой и сотовой связи, компьютера, устройств бытовой и специальной связи, передвижных и стационарных пунктов, навигационных и метеорологических постов, радиостанций, маяков и радиомаяков, медицинской и научной аппаратуры, водяных насосов, для обеспечения катодной защиты трубопроводов, зарядки аккумуляторов и т.д.

Технические характеристики

Мощность, Вт	250
Выходное напряжение, В	12
Диаметр ветрового колеса, м	2,0
Количество лопастей, материал	3, AL сплав
Рабочий диапазон скоростей м/с	4...25
Мачта стальная с растяжками, м	6 или 9
Масса ветроагрегата с лопастями, кг	22
Масса блока управления, кг	4,0
Ёмкость аккумуляторной батареи,	190

(рекомендуемая) А час	
Время монтажа, 2-3 человека, час	1,5
Расстояние до дома потребителя, м	15
Вес нетто / брутто, кг	112/132

Количество вырабатываемой электроэнергии М-250, при среднегодовой скорости ветра 7 м/с: $100 \text{ Вт} \times 24 \text{ ч} = 2,4 \text{ кВт.ч}$ в сутки

Наличие аккумуляторной батареи обеспечивает электропитание потребителей и их работоспособность, при отсутствии ветра.

Блок управления позволяет подключать к М-250 солнечные батареи, что приведёт к увеличению выходной мощности.

Подключение инвертора к блоку управления, позволяет преобразовать постоянное напряжение 12 В в переменное 220 В / 50 Гц.

М-250 — автономная, надёжная, автоматическая установка, не требует дежурного персонала, в процессе эксплуатации и предназначена для работы в любых погодных условиях.

М-250 — просто необходима геологическим экспедициям, вахтовикам, охотникам, рыбакам, фермерам и военным, в обеспечении бесперебойным питанием в полевых условиях.

Чтобы чувствовать себя уверенно и комфортно семье из 3-х человек, проживающей в доме, расход электроэнергии в течение суток должен быть не менее 2 кВт.час (по данным ЮНЕСКО).

	Электропотребители	Часы использования, ч	Подключённая мощн., Вт	Расход энергии в сутки, кВт.час
Освещение	Кухня	4	60	0,24
	Гостинная	3.5	2x60	0,42
	Спальня	3	60	0,18
	Ванная	2	40	0,08
	Туалет	1	40	0,04
	Цветной TV	6	60	0,36
	Насос	1.5	200	0,30
	Холодильник	круглосуточно	125	1,0
ВСЕГО				2,62

Рекомендуем использовать энергосберегающие электроприборы.

При использовании нескольких М-250, произведённая электроэнергия будет увеличиваться кратно увеличению числа установок.

Уровень шума работающей М-250, на расстоянии 10 метров от основания установки, не превышает шума двигателя работающего автомобиля «ЛАДА».

СКБ «Искра».

Наш адрес: 123592, г. Москва, ул. Кулакова, д.20. E-Mail: [Город Творцов](#)

Для получения дополнительной информации и приобретения обращаться по тел/факс: (095) 757-48-33, (095) 757-65-36, (095)757-65-10.

Литература

1. Наука и жизнь, №1, 1991 г. М.: Правда.
2. Техника молодёжи, №5, 1990 г.
3. Феликс Р. Патури Зодчие XXI века М.: ПРОГРЕСС, 1979. 345 с.
4. Наука и жизнь, №10, 1986 г. М.: Правда.
5. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.
6. Коровин Н.В. Новые химические источники тока М.: Энергия, 1978. 194 с.
7. Д-р Дитрих Берндт Конструкторский уровень и технические границы применения герметичных батарей А/О ВАРТА Беттери Научно-исследовательский центр
8. Лаврус В.С. Батарейки и аккумуляторы К.: Наука и техника, 1995. 48 с.
9. Наука и жизнь, №5...7, 1981 г. М.: Правда.
10. Мурыгин И.В. Электродные процессы в твердых электролитах М.: Наука, 1991. 351 с.
11. The Power Protection Handbook American Power Conversion
12. Шульц Ю. Электроизмерительная техника 1000 понятий для практиков М.: Энергоиздат, 1989. 288 с.
13. Наука и жизнь, №11, 1991 г. М.: Правда.
14. Ю. С. Крючков, И. Е. Перестюк Крылья Океана Л.: Судостроение, 1983. 256 с.
15. В. Брюхань. Ветроэнергетический потенциал свободной атмосферы над СССР Метрология и гидрология. №6, 1989 г.
16. New scientist №1536, 1986 г.
17. Daily Telegraf, 25.09.1986 г.

«Город Творцов» — путеводитель по хорошим книгам.