



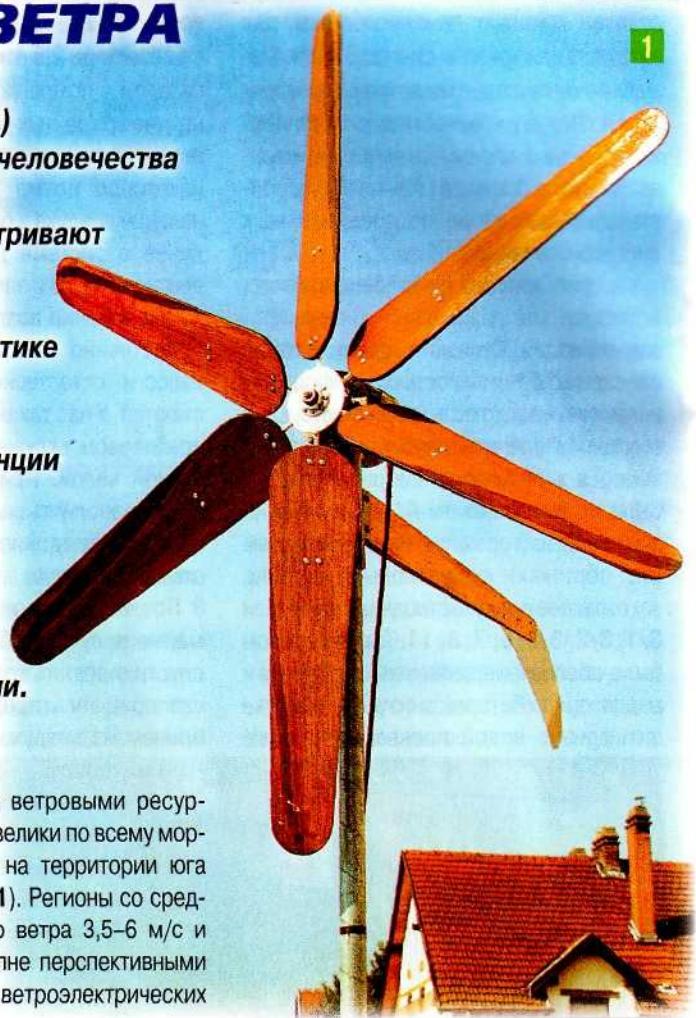
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ОТ ВЕТРА

1

**Истощение ископаемых запасов
энергоносителей (угля, нефти, радиоактивных руд)
при условии постоянного роста потребности в них человечества
приводит к энергетическому голоду.**

**Всё чаще люди задумываются о будущем и посматривают
в сторону альтернативных и возобновляемых
источников энергии, таких как ветровая,
солнечная и гидроэнергия. Причём, в гидроэнергетике
у нас есть богатый опыт. Но уже ясно,
что и реки тоже деградируют, а вот благодаря
лунному притяжению приливные гидроэлектростанции
безусловно будут использоваться всё шире,
как и солнечные, и ветровые установки.**

**Однако не следует думать, что переход к новым
энергоисточникам будет простым. Этот процесс
не только сложен технологически,
но трудоёмок и дорог при практической реализации.**



Человек использует ветер уже несколько тысяч лет. Скорей всего, это началось с изобретения паруса. Несколько позже ветер стали использовать для привода ветряных мельниц, а с прошлого века — для выработки электричества. Получение энергии от ветросиловых установок является чрезвычайно заманчивой, но и весьма сложной технической задачей. В настоящее время имеется несколько вариантов технических конструкций, хорошо зарекомендовавших себя на практике.

Ветер — поток воздушных масс над земной поверхностью. Он возникает из-за неравномерного нагрева этой поверхности солнечными лучами. Воздух из областей повышенного давления перемещается в направлении областей низкого давления. На скорость ветра влияют характер земной поверхности, протяжённость воздушного потока над этой поверхностью и различные природные и искусственные препятствия, такие как холмы, высокие деревья, здания. Среднегодовая скорость ветра для конкретной местности характеризует энергетический ветровой потенциал района. Эту скорость определяет среднеарифметическое значение скоростей за периоды, например, за месяц, сезон и год. Россия распола-

гает значительными ветровыми ресурсами. Особенно они велики по всему морскому побережью и на территории юга нашей страны (рис. 1). Регионы со среднегодовой скоростью ветра 3,5–6 м/с и выше считаются вполне перспективными для строительства ветроэлектрических установок (ВЭУ).

Если выяснится, что в месте предполагаемой установки нет достаточно сильных ветров, то и не будет никакого смысла в её сооружении.

Второй вопрос — насколько мощным сделать ветрогенератор. Очевидно, что все энергетические проблемы исключительно с его помощью решить не удастся. Скорость ветра изменчива не только в зависимости от сезона, но и от време-

ни суток, поэтому энергию необходимо запасать и бережно её расходовать. А лучше всего использовать различные источники совместно, например, ветряк и солнечные батареи (рис. 2).

Правда, многие самодельщики готовы собирать ветровую установку даже только для того, чтобы заряжать аккумуляторы своего карманного гаджета. Это будет просто хобби. Но вот если на

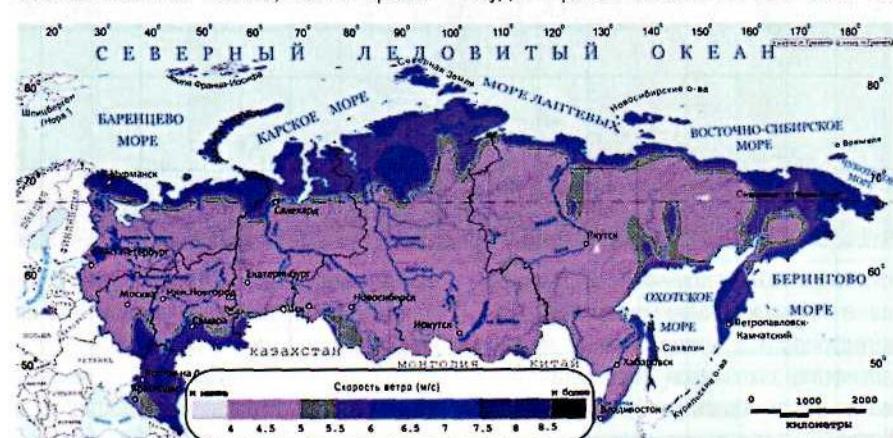


Рис. 1. Карта ветроэнергетических ресурсов России.

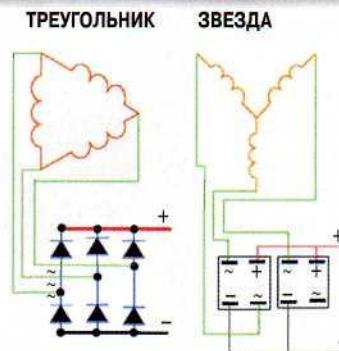
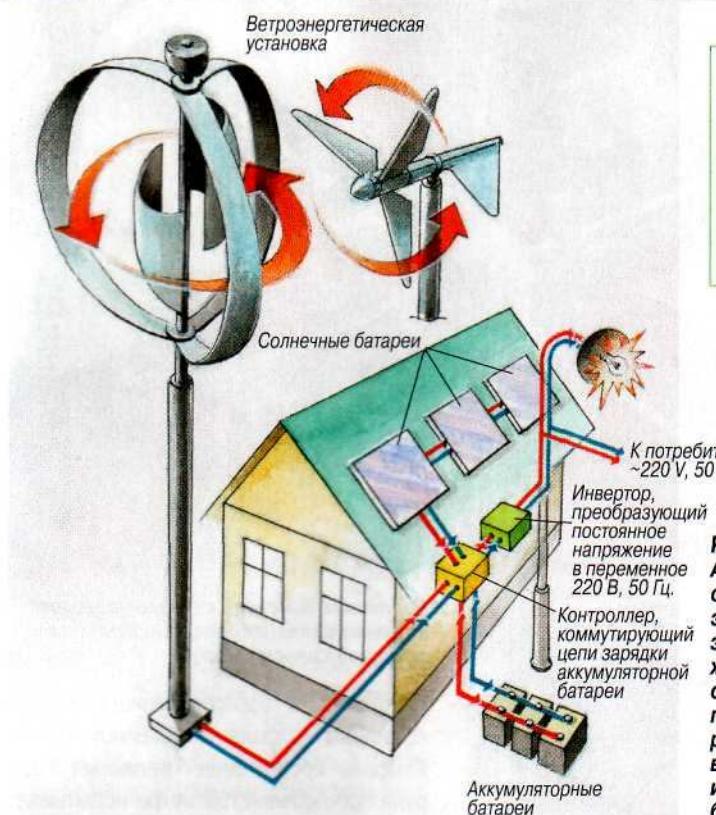


Рис. 3. Получение постоянного напряжения от 3-хфазного генератора переменного тока с помощью:
а) диодов;
б) диодных мостовых сборок.

ке вообще нет электроэнергии и перспективы её туда провести совершенно нереальны, то постройка ветряка окажется полезной.

Простейшие расчёты помогут определить реальные возможности установки. Существует показатель, который позволит оценить, какую часть энергии воздушного потока можно использовать с помощью ветроколеса. Его называют коэффициентом использования энергии ветра (**E**). Коэффициент использования энергии ветра **E** зависит от типа ветродвигателя, качества его изготовления и других параметров. Лучшие быстроходные ветродвигатели с обтекаемыми аэродинамическими лопастями имеют значение **E** = 0,43–0,47. Это означает, что ветроколесо такой ВЭУ может полезно использовать 43–47% энергии воздушного потока.

Максимальное теоретически вычисленное значение **E** = 0,593, но на практике получить его невозможно.

Мощность ветроколеса на валу без учёта потерь в передачах и подшипниках можно подсчитать по формуле:

$$N = \rho \cdot V^3 \cdot F \cdot E \quad (\text{л. с.}), \text{ где}$$

$$2 \cdot 75$$

ρ — массовая плотность воздуха, равная при нормальных условиях $0,125 \text{ кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$,

V — скорость ветра (м/с),
F — ометаемая ветроколесом поверхность (м^2),
E — коэффициент использования энергии ветра.

Рассчитать площадь, ометаемую воздушным колесом, можно по формуле:

$$F = \pi D^2 / 4$$

Для нормальных условий (температура — 15°C и давление — 760 мм рт.ст.) мощность можно рассчитать по упрощённым формулам в лошадиных силах и в киловаттах:

$$N = \frac{V^3 \cdot D^2 \cdot E}{1530} \quad (\text{л. с.})$$

или

$$N = \frac{V^3 \cdot D^2 E}{2060} \quad (\text{кВт}), \text{ где}$$

D — диаметр ветроколеса (м).

Сделать ветряк малого диаметра, стablyно работающий при малых ветрах, — сложная задача. Воздушный винт получает 75% энергии с кольцевой области ометания от 0,5 до 1,0 радиуса. В связи с этим наименьший диаметр пропеллера, выгодного с точки зрения использования ветра со скоростью 4 м/с, должен быть не менее 4,5 м. Для малых ветров предпочтительнее оказываются тихоходные многолопастные винты.

Для ветроэлектростанции применяют генераторы переменного или постоянно-го тока. В самодельных ВЭУ очень часто используют генератор от современного автомобиля. Несмотря на то что они вырабатывают переменный ток, любой из них не очень подходит для этой цели, так как требует высоких оборотов и подмагничивания обмотки возбуждения. А генераторы постоянного тока вообще плохо работают при медленном вращении и даже на номинальных оборотах имеют небольшую мощность (100–200 Вт).

Гораздо лучшие результаты можно получить с помощью переделанного асинхронного электродвигателя, снабдив его ротор постоянными магнитами. Эти двигатели не имеют никакой обмотки в роторе, а только металлические пластины. Если к ротору прикрепить постоянные магниты, то получится трёхфазный генератор удивительно прочной и долговечной конструкции, способный отдавать токи в десятки ампер при низких скоро-стях вращения. Однако при высоких об-оротах из-за большого тока начинают греться обмотки статора. В таком случае провод этих обмоток лучше заменить на другой — с большим сечением.

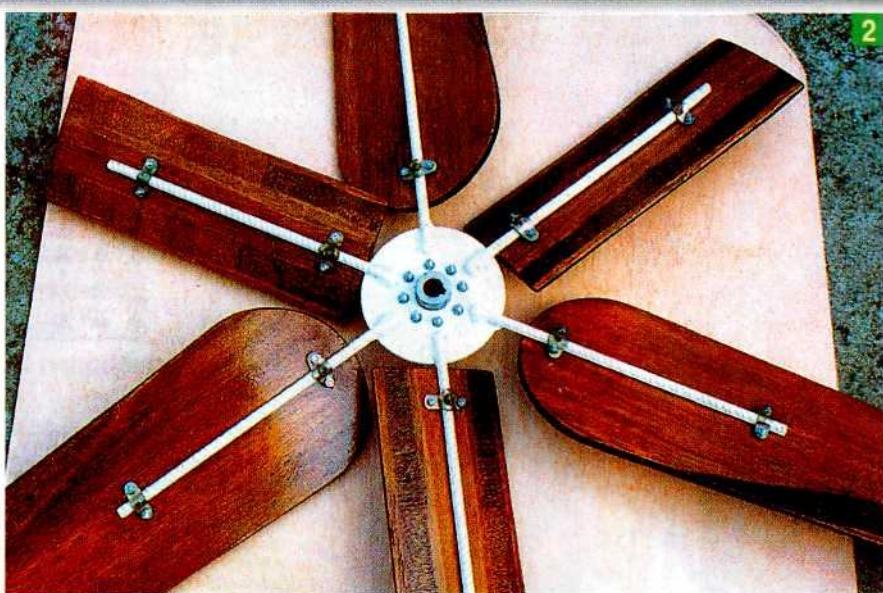
В трёхфазном генераторе переменно-го тока имеются 3 обмотки, соединить которые можно по схеме «треугольник» или «звезда». Треугольное соединение позволяет получить большой ток при меньшем напряжении, чем у соединения в звезду. Звезда наоборот даёт большее напряжение при меньшем токе. Трёхфазные генераторы намного эффективнее однофазных и генераторов постоянного тока. Это доказал ещё Никола Тесла.

Любой ветроагрегат требует защиты от шквальных порывов ветра. Вместо сложной системы поворота лопастей всё чаще используют механизм разворота



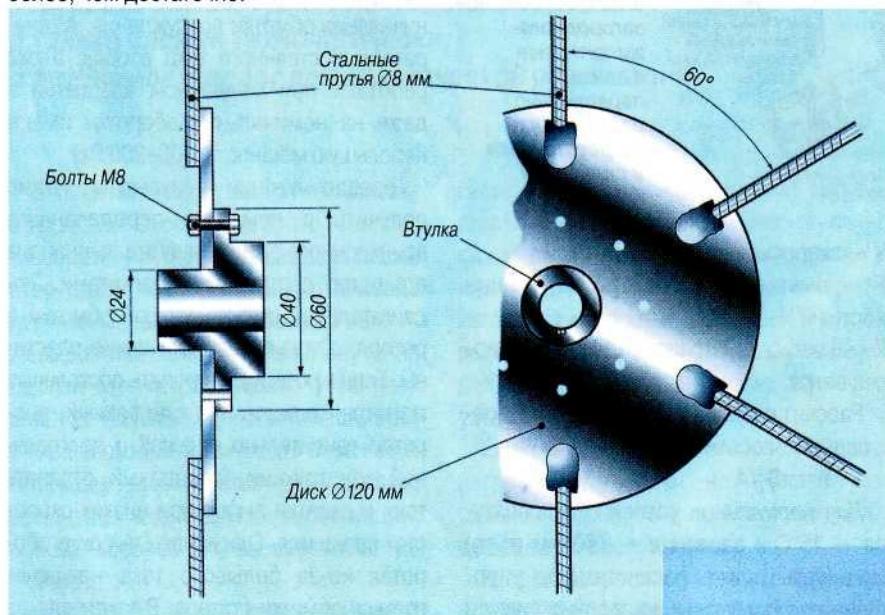
всего колеса под углом к воздушному потоку.

Преобразование переменного тока в постоянный (который необходим для зарядки аккумуляторов) легко произвести с помощью полупроводниковых диодов, включённых по мостовой схеме (см. **рис. 3**). Если же вам потребуется напряжение стандартной электросети 220 В частотой 50 Гц, то в качестве инвертора используйте обычный компьютерный блок бесперебойного питания. Новый блок стоит дорого, но поскольку нам потребуется лишь повышающий инвертор, то можно использовать и списанный. Достаточно к нему вместо внутреннего подсоединить аккумулятор ветряка. Мощности UPS 1000 или UPS 5000 будет более, чем достаточно.



2

Крепление лопастей к втулке позволяет перемещением их балансировать ветровое колесо в сборе.



3

Рис. 4. Втулка ветрового колеса.

Примером простейшей, но вполне работоспособной ВЭУ может служить конструкция французского умельца (**фото 1**). Его шестилопастное ветряное колесо, лопасти которого хомутами прикреплены к металлическим пруткам (**фото 2**), соединённым электросваркой с общей втулкой (**рис. 4**), насаживается на ось электрогенератора.

Для автоматической ориентации лопастей на ветер служит аэродинамический руль, прикреплённый к поворотной трубе силового узла установки (**фото 3**). Подшипники поворотного устройства обеспечивают поворот ветроколеса с генератором на опорной мачте при изменении направления ветра.



3

Аэродинамический руль устанавливается колесо строго к ветровому потоку.



Лопасть винта и аэродинамический руль ветроустановки.

коротких лопасти необходимы для замены трёх полноразмерных лопастей на время сезона сильных ветров (**фото 5**). Балансировку ветрового колеса можно произвести перемещением лопастей по пруткам от втулки или ближе к ней.

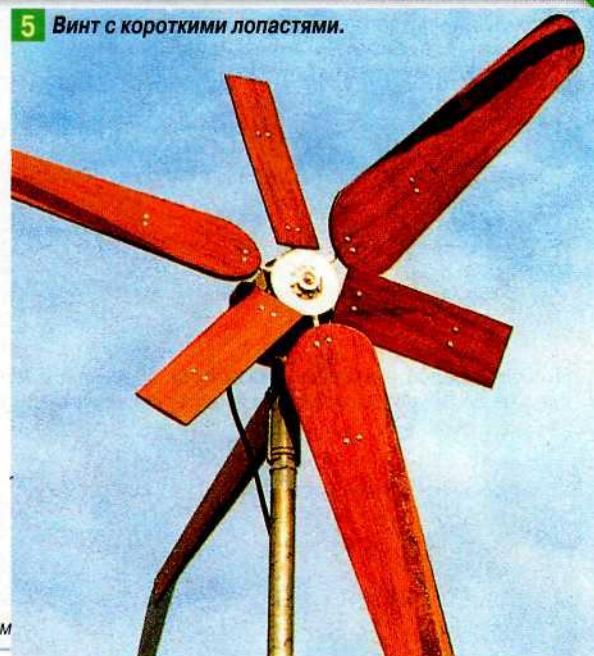
Пожалуй, самой трудоёмкой будет переделка асинхронного электродвигателя в трёхфазный генератор. Двигатель мощностью 150 Вт и выше, рассчитанный на работу от сети 220 В при частоте 50–60 Гц, после переделки сможет в качестве генератора ветроустановки отдавать в нагрузку ток до десятка ампер при напряжении не ниже 12 В.

Главной перепделке в будущем генераторе подвергается ротор. После разборки электромотора тело ротора протачивают и фрезеровкой пазов разделяют на несколько сегментов. В нашем случае их шесть. На каждом сегменте размещены постоянные магниты (см. **рис. 9**). Их прикрепляют по 6 шт. на каждый полюс ротора (всего их 36) прочным эпоксидным kleem (**фото 6**). Количество полюсов магнитов на роторе не должно быть



Рис. 5. Форма и размеры рулевого хвоста.

Отв. \varnothing 4 мм Дюраль $d=5-10$ мм



Доработка ротора асинхронного электромотора позволяет получить эффективный генератор переменного тока для ветроустановки.



6

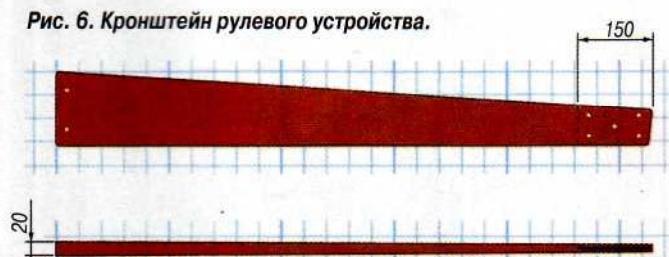


Рис. 6. Кронштейн рулевого устройства.



Рис. 7. Выкройка длинной долasti.

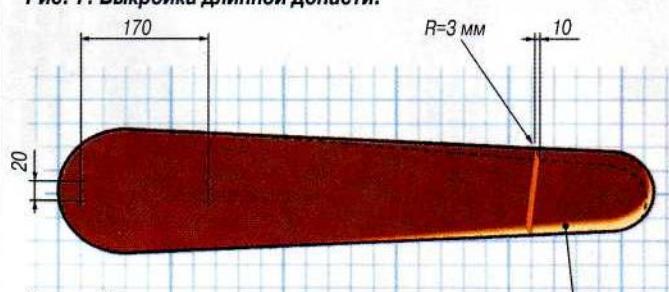


Рис. 8. Выкройка короткой лопасти.

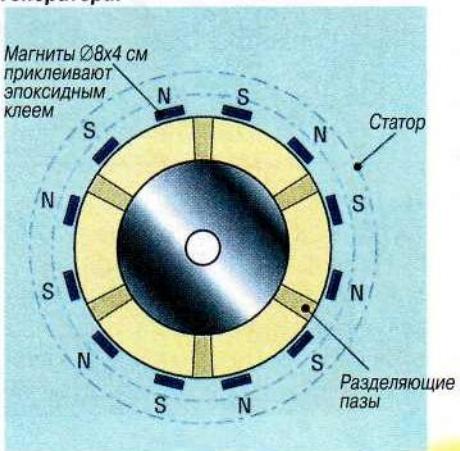
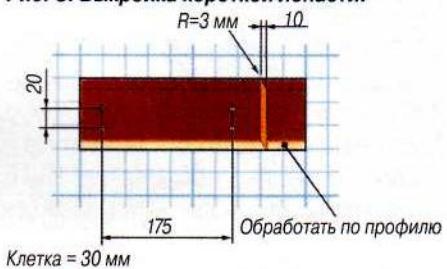


Рис. 9. Размещение магнитов на роторе генератора

Еще один способ запоминания

Есть и второй способ переделки ротора — это сделать из стальной полосы нужного диаметра цилиндр (по деревян-



7 Переделать ротор можно двумя способами. Первый — это наклеить магниты на механически обработанный ротор двигателя.



И второй способ — из стальной ленты по деревянной оправке сделать новый ротор, на который так же наклеить магниты.

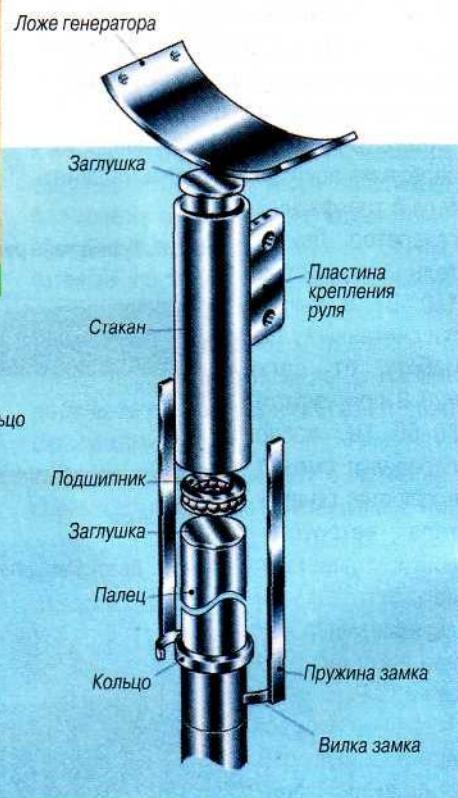
8

Катушки полюсов статора лучше сразу перемотать проводом большего сечения.



Узел крепления к мачте, позволяющий установить генератор и аэродинамический руль на поворотном стакане.

Рис. 10. Поворотный стакан и переломный фланец мачты.

**10**

ной оправке) и на него наклеить магниты (**фото 7**).

Собирать обмотки полюсов статора при работе генератора на зарядку аккумулятора лучше в треугольник, а при прямой нагрузке большим током — в звезду. Катушки статора в любом случае лучше перемотать проводом большего

сечения (**фото 8**). Это уменьшит потери на нагрев.

Ветроэлектрические установки, работающие параллельно с другими установками, использующими возобновляемые источники энергии (солнечные батареи, гидрогенераторы, тепловые насосы и пр.), вполне могут обеспечить энергос-

набжение жилого дома или небольшого хозяйства. При наличии резерва в виде электроагрегата с бензодвигателем временное снижение альтернативной энергии может быть компенсировано в любой момент. Подобные системы приносят большую экономию энергии, получаемой от традиционных источников.

Борис ГЕОРГИЕВ, Москва