

## АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

---

Бесперебойное обеспечение энергией предполагает наличие автономного источника. Выбор типа источника определяется его назначением, потребляемой мощностью, наличием или отсутствием сети электроснабжения, географическим положением потребителя и допустимыми затратами.

По сей день универсальным автономным источником, безусловно, является дизель-генератор. Он находит широкое применение благодаря высокой надежности. Кроме того, он обеспечивает не только электроэнергией, но и теплом.

Большинство источников энергии так или иначе загрязняют или изменяют природные условия. Лишь солнце и ветер — два поставщика энергии, правда, достаточно капризные, не вносят практически никаких нарушений. Использование солнечной энергии позволяет расширить энергетические ресурсы и сэкономить значительное количество топлива от экватора до широты 60°. Возобновляемые источники энергии — ветрогенераторы и гелиостанции делают первые реальные шаги в энергетике.

Гелиоэнергетика\* развивается быстрыми темпами в самых разных направлениях. Гелиоэнергетические программы приняты более чем в 70 странах — от северной Скандинавии до выжженных пустынь Африки. Устройства, использующие энергию солнца разработаны для отопления и вентиляции зданий, опреснения воды, производства электроэнергии. Такие устройства используются

в различных технологических процессах. Появились транспортные средства с «солнечным приводом»: моторные лодки и яхты, солнцелеты и дирижабли с солнечными панелями. Солнцемобили, вчера сравниваемые с забавным автоаттракционом, сегодня пересекают страны и континенты со скоростью, почти не уступающей обычному автомобилю.

Ветер стал первым природным источником использованным человеком для своего блага. Первыми изобретениями в области энергетики были парус и ветродвигатель. Парус позволил человеку открыть мир. За 200 лет до нашей эры ветряные мельницы работали в Персии, а еще раньше их использовали в Китае. Спустя несколько тысячелетий пришло время пара и электричества. С обострением энергетических кризисов интерес к ветроустановкам периодически возрастал, а теория ветродвигателей развивалась параллельно с теорией авиации.

Солнце и ветер представляют собой неиссякаемые экологически чистые источники энергии. Обострение сырьевых и экологических проблем стимулирует коммерческое использование нетрадиционных источников энергии. Проектируются, строятся и эксплуатируются экспериментальные и промышленные энергоустановки. Стоимость вырабатываемой ими энергии определяется затратами на изготовление, установку и обслуживание.

---

\* Гелио... [гр. helios солнце] — первая составная часть сложных слов, означающая: относящийся к солнцу или солнечным лучам.

## 4. 1. ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ФИРМЫ ABZ AGGREGATE-BAU GMBH

Информация предоставлена фирмой «Селком»



Все выдающиеся изобретения человечества окружены легендами. Одна из них гласит, что первая модель дизеля\* проработав всего минуту взорвалась и все присутствующие при испытании сняли шляпы. Так это было или нет, но сегодня дизель-генераторы – это традиционные источники энергии, а двигатель названный в честь своего изобретателя неустанно трудится на протяжении вот уже ста лет.

Дизель-генераторные установки находят широкое применение в промышленности, строительстве, сельском и коммунальном хозяйствах. Они работают на предприятиях, в аэро-, морских и речных портах, в энергоблоках больниц, фермерских хозяйств, в системах аварийного энергоснабжения, на объектах оборонного комплекса – везде, где необходима электроэнергия, а сеть или удалена или работает с перебоями.

Дизель-генераторные установки – источники электрической и тепловой энергии. Их основную часть составляют объединенные в агрегат двигатель и генератор, установленные на стальной раме (рис. 4.1). Синхронный генератор трехфазного тока приводится в движение дизельным двигателем. Двигатель и генератор соединяются через муфту или напрямую фланцем. В первом случае используется двухопорный генератор, т.е. генератор имеющий два опорных подшипника, во втором – одноопорный с одним опорным подшипником. Между рамой, опорными поверхностями двигателя и генератора устанавливаются резино-металлические амортизаторы, что снижает вибрации передаваемые на фундамент агрегата.

В состав дизель-генераторной установки входит следующее оборудование:

- топливная система;
- система выхлопа;



Рис. 4.1. Дизельный агрегат фирмы ABZ (тип ON-700/50)

- система шумоподавления;
- контрольно-измерительные приборы и автоматика (КИПиА);
- системы теплообмена (если установка предназначена и для производства тепла).

Фирма ABZ Aggregate-Bau GmbH – известный производитель дизель-генераторных установок. Агрегаты ABZ успешно работают во многих странах мира. Гибкость в работе, квалифицированная работа сотрудников фирмы ABZ с заказчиками и проектировщиками – это важнейший аспект работы в этой области.

Прежде чем изготовить агрегат, нужно очень точно определить и посоветовать заказчику – как выбрать состав установки и где ее лучше разместить на месте эксплуатации. В зависимости от режима эксплуатации выбирается соответствующая схема КИПиА и комплектация топливной системы.

На практике выделяются два основных режима эксплуатации дизель-генераторной установки:

- длительный;
- резервный (в случае перебоев в сети).

\* Дизель Рудольф, немецкий изобретатель. В 1892 году запатентовал, а в 1897 году построил двигатель внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия.

Фирма ABZ Aggregate-Bau GmbH производит и поставляет через своего представителя в Украине фирму «Селком» дизель-генераторы в диапазоне мощностей от 2 до 2500 кВА.

«Селком» производит монтаж, пусконаладку и сервисное обслуживание дизель-генераторных установок. Основные технические характеристики агрегатов представлены в табл. 4.1.

В агрегатах, в качестве приводных, используются дизельные или газовые двигатели следующих фирм: Deutz, MAN, Daimler-Benz, MTU, Cummins, Perkins/Dorman, Scania, Volvo, Iveco и синхронные генераторы трехфазного тока фирм: Leroy Somer, Mecc Alte, A.v.Kaick, Newage-Stamford, Siemens.

Гарантированный срок службы агрегатов до капитального ремонта составляет 20 000 моточасов, что соответствует сроку эксплуатации 15...20 лет.

Малый расход топлива (около 1 литра на 4 кВтч) достигается благодаря использованию двигателей с турбонаддувом. Воздух в таких двигателях, прежде чем попасть в камеру сгорания, сжимается в турбокомпрессоре.

#### 4.1.1. ВЫБОР СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ АГРЕГАТОМ

В соответствии с режимом работы дизель-генераторной установки выбирается способ управления – ручной или автоматический. Для длительного режима эксплуатации предпочтительнее ручной режим управления. При этом следует контролировать следующие параметры:

- давление масла двигателя;
- число оборотов генератора;
- уровень и температуру охлаждающей жидкости;
- напряжение в сети.

Важным элементом дизель-генераторной установки является блок управления. Все элементы автоматики собраны в настенном или напольном шкафу. От агрегата к шкафу ведут кабели управления и силовые кабели. При ручном режиме исполнение шкафа управления и силовой части достаточно простое.

Таблица 4.1.

Технические характеристики генераторных установок ABZ	
Напряжение, В	400 / 230
Частота, Гц	50/60
Частота вращения вала, об/мин	1500/1800
cos φ	0,8
Расход топлива, г/кВт час	200
Уровень шума, дБ	75...65
Содержание NO <sub>x</sub> , мг/н.куб.м, не более	4000...2000
Моноксид углерода, мг/н.куб.м, не более	650
Срок службы, лет	15...20

Его турбина приводится в движение выхлопными газами. После сжатия он (воздух) охлаждается воздухом или водой и поступает в камеру сгорания двигателя. По уровню выбросов агрегаты ABZ удовлетворяют действующим в Германии нормам TA-Luft (см. табл. 4.1).

Важным техническим показателем в работе дизель-генераторных установок является уровень шума. В агрегатах ABZ, благодаря комплексному шумоподавлению, уровень шума составляет не более 75 dB, а при усиленном шумоподавлении – не более 65 dB.

Для автоматического режима резервного энергоснабжения требуется более сложная схема управления и больший набор элементов автоматики. Они обеспечивают автоматический режим работы агрегата в резервном режиме работы.

Когда в сети есть напряжение – агрегат не работает. При пропадании напряжения подается управляющий сигнал на запуск агрегата и через 1...3 с он достигает номинального числа оборотов – 1500 об/мин. Через 15 секунд нагрузка автоматически переключается на генератор, который замещает сеть.

Когда напряжение в сети восстанавливается, происходит автоматическое переключение нагрузки с генератора на сеть с задержкой, которую можно задать. Обратное переключение может осуществляться с кратковременной, синхронно с сетью, параллельной работой генератора. При этом не происходит прерывания питания потребителей.

После восстановления напряжения в сети агрегат около 3 минут продолжает работу на холостом ходу для охлаждения двигателя, а затем останавливается. После остановки он сразу готов к запуску.

Топливная система установки включает:

- расходный топливный бак;
- бак резерва топлива;
- запорную арматуру;
- системы трубопроводов;
- насосный блок;
- контрольно-измерительные приборы.

Расходный топливный бак может быть интегрирован в раму дизель-генератора. Для агрегатов, работающих в режиме резервного автоматического энергоснабжения, интегри-

рованный расходный бак не используется, так как в любой момент уровень топлива в нем должен быть выше уровня точки входа топлива в топливный насос дизельного двигателя. В этом случае используется отдельно расположенный топливный бак. В нем уровень топлива поддерживается за счет подкачки топлива насосным блоком состоящим из ручного и электрического насосов и устройства автоматизированного контроля уровня. Так обеспечивается надежный топливный резерв на случай аварийного автоматического запуска агрегата.

Силовая часть генератора и сети нагрузки комплектуется автоматами защиты или трехполюсными переключателями-автоматами с ручным или электрическим приводом.

#### 4.1.2. СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-АГРЕГАТОВ

При работе дизеля часть энергии (до 40%) безвозвратно теряется в виде рассеиваемого тепла. Агрегаты фирмы ABZ могут быть оснащены устройствами регенерации. В этом случае между двигателем и радиатором, на общей раме, устанавливается теплообменник (см. рис. 4.2). В нем охлаждающая двигатель жидкость, прежде чем охладиться в радиаторе, передает тепло воде, например, для отопления здания.

Кроме нагрева в первом теплообменнике, вода системы отопления может дополнительно подогреваться во втором выхлопными газами агрегата.

Таким образом, кроме электроэнергии агрегаты вырабатывают большое количество вторичного тепла. Оно может использоваться для технологических нужд производства. Так в деревообрабатывающей промышленности его используют в сушильных камерах, в сельском хозяйстве — для обогрева теплиц и ферм.

На рисунках рис. 4.1...рис. 4.4 представлены различные варианты исполнения дизельных агрегатов фирмы ABZ.

Агрегат тип ON-700/50 работает в аэропорту г. Франкфурт-на-Майне и в случае отсутствия напряжения в сети питает электро-



Рис. 4.2. Дизельный агрегат с двигателем Mercedes (электрическая мощность 500 кВт)

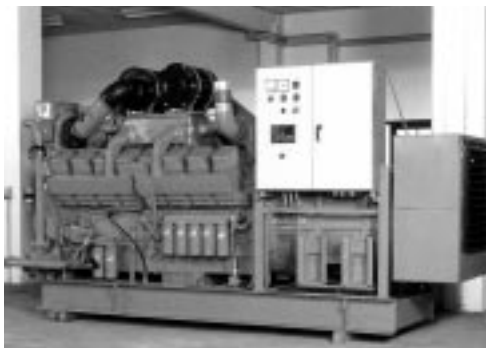


Рис. 4.3. Агрегат резервного энергоснабжения (тип CS-1000/50)

энергией установку заправки самолетов топливом.

Дизельный агрегат (рис. 4.1) мощностью 700 кВА, в шумоизолированном 9-метровом контейнере:

- тип ON-700/50;
- двигатель MTU серии 396;
- генератор Leroy Somer.

Агрегат в исполнении блочной минитеплоэлектростанции (рис. 4.2). Тепловой шкаф показан со снятой передней стенкой. Данный агрегат работает на деревообрабатывающем комбинате под Санкт-Петербургом.

Агрегат резервного энергоснабжения (рис. 4.3), для Центра Люфтганзы в Пекине (Китай). мощностью 1000 кВА:



Рис. 4.5. Автономный насос с дизельным приводом (тип RG-319/PP/1800)

- тип CS-1000/50;
- двигатель Cummins серии KTA-50;
- генератор Leroy Somer.

Передвижной агрегат легкой конструкции (рис. 4.4), мощностью 60 кВА транспортируемый легковым автомобилем:

- тип AT-60/50;
- двигатель Iveco;
- генератор Leroy Somer.

Агрегат показан в закрытом положении и с поднятым кожухом.

Автономный насос с дизельным приводом мощностью 319 кВт:

- тип RG-319/PP/1800;
- двигатель MAN;
- насос Sulzer Weise.



Рис. 4.4. Передвижной агрегат ABZ

## 4.2. ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРЫ КОНЦЕРНА SDMO

Концерн SDMO (Франция) входит в группу компаний Group Meunier. Он образован в 1969 году и к настоящему времени включает три крупных подразделения ES, MS, AS и шесть заводов. На заводах концерна выпускаются дизели мощностью от 1 до 5000 кВА.

Отделение ES работает с двумя заводами, где выпускает агрегаты мощностью от 1 до 100 кВА.

Отделение MS выпускает дизель-генераторы мощностью от 100 до 2000 кВА. Здесь проектируются и изготавливаются дизель-электростанции. Они могут располагаться в стационарных сооружениях или контейнерах.

Отделение AS выпускает нестандартные агрегаты. Оно проектирует и изготавливает специализированные системы для военных приложений, средств связи, морских судов.

В агрегатах SDMO используются двигатели следующих производителей: Cummins, Volvo, Perkins, Lister, Petter, для которых характерны надежность и экономичность.

Дизель-генераторы SDMO выпускаются в трех исполнениях для установки в помещении или под открытым небом:

- Compact – на виброизолирующей раме (рис. 4.6);
- Silent – в шумопоглощающем контейнере;
- Super Silent – в двойном шумопоглощающем контейнере.

Контейнеры Silent и Super Silent могут устанавливаться на колесное шасси.

Важным техническим показателем дизель-генераторных установок является уровень шума. В агрегатах SDMO, благодаря комплексному шумоподавлению, уровень шума составляет не более 85 dB, а при усиленном шумоподавлении – не более 75 dB. Шумопоглощающая оболочка для контейнеров имеет слоеную структуру с чередующимися слоями металл-полиуретан-металл.

Фирма производит и поставляет дизель-генераторы в диапазоне мощностей от 1 до 5000 кВА. Типы генераторных установок концерна SDMO представлены в табл. 4.2. Гарантированный срок службы агрегатов 4 000 моточасов или 12 месяцев эксплуатации.



Рис. 4.6. Дизельный агрегат GS 325

Запуск и управление дизелями осуществляется в ручном или автоматическом режимах. Для этого устанавливается одна из следующих систем управления (рис. 4.7).

MICS Nano – система контроля и управления дизель-генератором для ручного способа управления (рис. 4.7 а).

MICS Pico – система контроля параметров работы и управления дизель-генератором в автоматическом режиме (рис. 4.7 б).

MICS Process – микропроцессорная система контроля и управления всеми функциями дизель-генератора (старт, выход на режим, остановка, управление системой охлаждения и т.д.). На цифровом дисплее отображаются параметры работы агрегата в режиме реального времени (рис. 4.7 в).

Таблица 4.2.

Типы генераторных установок концерна SDMO		
Серия	Диапазон мощностей, кВА	Условное обозначение
Advantage	7,5...30	LWxx LZxx
Performance	15...40	DSxx
Evolution	20...100	NSxx
Masters 1 Masters 2 Masters 3	90...1645	MSxxx
Atlantic	200...500	GSxxx



Рис. 4.7. Панели управления агрегатами SDMO для ручного и автоматического режимов

MICS Commander – система управления функциями энергосистемы, состоящей из нескольких агрегатов. Она строится на базе интегрированных модулей MICS Process и осуществляет синхронизацию параллельно работающих дизель-генераторов. Максимальное количество параллельно работающих агрегатов – 12.

MICS Process обрабатывает до 100 признаков неполадок, включая 60 установленных изготовителем и 30 программируемых пользователем, регистрирует дату и время признаков отклонений параметров работы узлов дизель-генераторов в режиме реального времени.

Программирование режимов работы позволяет MICS Commander использовать минимально необходимое количество агрегатов для питания потребителей. Запуск, синхронизация, включение и выключение осуществляется в автоматическом режиме.

Для дистанционного управления энергосистемой используется телекоммуникационный модуль. Он позволяет осуществлять удаленный контроль и управление через интерфейс RS422 и регулировать 32 параметра энергосистемы.

Кроме широкой номенклатуры дизель-генераторов концерн SDMO выпускает автономные агрегаты для освещения, сварочных работ (рис. 4.8) и электрогенераторы с нестандартным выходным напряжением. Для автономного освещения большой площади выпускается передвижной агрегат оборудованный шестиметровой мачтой с натриевой лампой мощностью 1,5 кВт.

Мощность сварочных автономных агрегатов концерна SDMO – 3,7 кВт. Три типа исполнения – на раме, на тележке и на автомобильном прицепе удовлетворяют любым требованиям. Технические характеристики сварочных автономных агрегатов приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3.

Технические характеристики сварочных автономных агрегатов SDMO					
Тип	Ток, А	Напряжение, В	Топливо, л	Размеры, см	Вес, кг
VX 170/5V	30...160	55V	7,9	72x56x53	73,6
VX 170/5H	30...160	55V	6	72x56x53	70,3
VX 180/4V	30...180	85V	7,9	87x56x56	82
VX 180/4H	30...180	85V	6	87x56x56	79
VX 180/4DE	30...180	85V	13	87x56x56	94,6
VX 200/4V	30...180	85V	7,9	87x56x56	88,2
VX 200/4H	30...200	85V	6,5	87x56x56	91
VX 200/4HE	30...200	85V	6,5	87x56x56	92
VR 240/9 DE	30...240	70V	24	135x70x86	349



Рис. 4.8. Сварочный автономный агрегат VR 240/9 DE

## 4.3. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

---

Первые попытки использования солнечной энергии на коммерческой основе относятся к 80-м годам нашего столетия. Крупнейших успехов в этой области добилась фирма Loose Industries (США). Ею в декабре 1989 года введена в эксплуатацию солнечно-газовая станция мощностью 80 МВт.

Здесь же, в Калифорнии, в 1994 году введено еще 480 МВт электрической мощности, причем, стоимость 1 кВтч энергии – 7...8 центов. Это ниже, чем на традиционных станциях. В ночные часы и зимой энергию дает, в основном, газ, а летом в дневные часы – солнце.

Электростанция в Калифорнии продемонстрировала, что газ и солнце, как основные источники энергии ближайшего будущего, способны эффективно дополнять друг друга. Поэтому не случаен вывод, что в качестве партнера солнечной энергии должны выступать различные виды жидкого или газообразного топлива. Наиболее вероятной «кандидатурой» является водород. Его получение с использованием солнечной энергии, напри-

мер, путем электролиза воды может быть достаточно дешевым, а сам газ, обладающий высокой теплотворной способностью, легко транспортировать и длительно хранить.

Отсюда вывод: наиболее экономичная возможность использования солнечной энергии, которая просматривается сегодня – направлять ее для получения вторичных видов энергии в солнечных районах земного шара. Полученное жидкое или газообразное топливо можно будет перекачивать по трубопроводам или перевозить танкерами в другие районы.

Быстрое развитие гелиоэнергетики стало возможным благодаря снижению стоимости фотоэлектрических преобразователей в расчете на 1 Вт установленной мощности с 1000 долларов в 1970 году до 3...5 долларов в 1997 году и повышению их КПД с 5 до 18%. Уменьшение стоимости солнечного ватта до 50 центов позволит гелиоустановкам конкурировать с другими автономными источниками энергии, например, с дизельэлектростанциями.

### 4.3.1. ГЕЛИОУСТАНОВКИ НА ШИРОТЕ 60°

Одним из лидеров практического использования энергии Солнца стала Швейцария. Здесь построено примерно 2600 гелиоустановок на кремниевых фотопреобразователях мощностью от 1 до 1000 кВт и солнечных коллекторных устройств для получения тепловой энергии. Программа, получившая наименование «Солар-91» и осуществляемая под лозунгом «За энергонезависимую Швейцарию!», вносит заметный вклад в решение экологических проблем и энергетическую независимость страны импортирующей сегодня более 70 процентов энергии.

Программа «Солар-91» осуществляется практически без поддержки государственного бюджета, в основном, за счет добровольных усилий и средств отдельных граждан, предпринимателей и муниципалитетов. К 2000-му году она предусматривает довести количество гелиоустановок до 3000.

Гелиоустановку на кремниевых фотопреобразователях, чаще всего мощностью 2...3 кВт, монтируют на крышах и фасадах зданий. Она занимает примерно 20...30 квадратных метров. Такая установка вырабатывает в год в среднем 2000 кВтч электроэнергии, что достаточно для обеспечения бытовых нужд среднего швейцарского дома и зарядки бортовых аккумуляторов электромобиля. Дневной избыток энергии в летнюю пору направляют в электрическую сеть общего пользования. Зимой же, особенно в ночные часы, энергия может быть бесплатно возвращена владельцу гелиоустановки.

Крупные фирмы монтируют на крышах производственных корпусов гелиостанции мощностью до 300 кВт. Одна такая станция может покрыть потребности предприятия в энергии на 50...70%.



В районах альпийского высокогорья, где нерентабельно прокладывать линии электропередач, строятся автономные гелиоустановки с аккумуляторами.

Опыт эксплуатации свидетельствует, что Солнце уже в состоянии обеспечить энергопотребности, по меньшей мере, всех жилых зданий в стране. Гелиоустановки, располагаясь на крышах и стенах зданий, на шумозащитных ограждениях автодорог, на транспортных и промышленных сооружениях не требуют для размещения дорогостоящей сельскохозяйственной или городской территории.

Автономная солнечная установка у поселка Примзель дает электроэнергию для круглосуточного освещения автодорожного тоннеля. Вблизи города Шур солнечные панели, смонтированные на 700-метровом участке шумозащитного ограждения, ежегодно дают 100 кВт электроэнергии. Солнечные панели мощностью 320 кВт, установленные по заказу фирмы *Viral* на крыше ее производственно-

го корпуса в Мюнзингене, почти полностью покрывают технологические потребности предприятия в тепле и электроэнергии.

Современная концепция использования солнечной энергии наиболее полно выражена при строительстве корпусов завода оконного стекла в Арисдорфе, где солнечным панелям общей мощностью 50 кВт еще при проектировании была отведена дополнительная роль элементов перекрытия и оформления фасада.

КПД кремниевых фотопреобразователей при сильном нагреве заметно снижается и, поэтому, под солнечными панелями проложены вентиляционные трубопроводы для прокачки наружного воздуха. Нагретый воздух работает как теплоноситель коллекторных устройств. Темно-синие, искрящиеся на солнце фотопреобразователи на южном и западном фасадах административного корпуса, отдавая в сеть 9 кВт электроэнергии, выполняют роль декоративной облицовки [13].

### 4.3.2. ГЕЛИОМОБИЛЬ СЕГОДНЯ

Один из крупных разделов программы «Солар-91» – развитие транспортных средств использующих солнечную энергию, так как автотранспорт «съедает» четверть энергетических ресурсов необходимых стране. Ежегодно в Швейцарии проводится международное ралли солнцемобилей «Тур де сол». Трасса ралли, протяженностью 644 километра, проложена по дорогам северо-западной Швейцарии и Австрии. Гонки состоят из 6 однодневных этапов, длина каждого – от 80 до 150 километров.

Швейцарские граждане возлагают большие надежды на децентрализованное производство электрической и тепловой энергии собственными гелиоустановками. Это отвечает независимому и самостоятельному швейцарскому характеру, чувству цивилизованного собственника, не жалеющего средств ради чистоты горного воздуха, воды и земли. Наличие персональных гелиостанций стимулирует развитие в стране электроники и электротехники, приборостроения, технологии новых материалов и других наукоемких отраслей.

В июне 1985 года Урс Мунтвайлер, 27-летний инженер из Берна, провел по дорогам Европы первое многодневное ралли легких электромобилей, оборудованных фотопреобразователями и использующих для движения солнечную энергию. В нем участвовало несколько швейцарских самодельщиков, восседавших в «поставленных на колеса ящиках из-под мыла» с прикрученными к ним сверху солнечными панелями. Во всем мире тогда едва ли можно было насчитать с десяток гелиомобилей.

Прошло четыре года. «Тур де сол» превратился в неофициальный чемпионат мира. В пятом «солнечном ралли», состоявшемся в 1989 году, участвовало свыше 100 представителей из ФРГ, Франции, Англии, Австрии, США и других стран. Тем не менее, больше половины гелиомобилей принадлежало по-прежнему швейцарским первопроходцам.

В течение последующих пяти лет появилось понятие серийный гелиомобиль. Гелиомобиль считается серийным, если фирма-изготовитель продала не менее 10-ти образцов и они имеют сертификат, разрешающий движение по дорогам общего пользования.

### 4.3.3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Существуют и другие направления в освоении солнечной энергии. Это, прежде всего, использование фотосинтезирующей способности растений. Уже созданы и успешно работают, правда пока в лабораторных условиях, фотобиохимические системы, где энергия кванта света используется для переноса электронов. Они являются прообразом эффективных преобразователей будущего, использующих принципы естественного фотосинтеза.

Решая вопросы «экономичности» солнечной энергетики, нельзя впадать в распространенное заблуждение: сравнивать дорогостоящую, но очень молодую технологию преобразования энергии Солнца в электричество с помощью фотоэлементов, с дешевой, но «грязной» технологией использования нефти и газа. Экономичность этого нового вида энергетических ресурсов должна сравниваться с теми видами энергии, которые будут в тех же масштабах использоваться в будущем.

Расчеты показывают, что стоимость широкого производства синтетического жидкого топлива с помощью солнечной энергии будет равняться 60 долларам за баррель\*. Для сравнения отметим, что сегодня стоимость барреля нефти из района Персидского залива составляет 35 долларов.

Интенсивность солнечного света на уровне моря составляет 1...3 кВт на квадратный метр. КПД лучших солнечных батарей составляет 12...18 процентов. С учетом КПД преобразование энергии солнечных лучей с помощью фотопреобразователей позволяет получить с одного квадратного метра не более 1/2 кВт мощности.

Опыт использования солнечной энергии в умеренных широтах показывает, что энергию солнца выгоднее непосредственно аккумулировать и использовать в виде тепла. Разработаны проектные предложения для Аляски и севера Канады. Природно-климатические условия этих регионов сопоставимы с условиями средней полосы нашей страны.



Рис. 4.9. **Высокотемпературный гелиостат**

Существует два основных направления в развитии солнечной энергетики: решение глобального вопроса снабжения энергией и создание солнечных преобразователей, рассчитанных на выполнение конкретных локальных задач. Эти преобразователи, в свою очередь, также делятся на две группы; высокотемпературные и низкотемпературные [10].

В преобразователях первого типа солнечные лучи концентрируются на небольшом участке, температура которого поднимется до 3000°C. Такие установки уже существуют. Они используются, например, для плавки металлов (см. рис. 4.9).

Самая многочисленная часть солнечных преобразователей работает при гораздо меньших температурах — порядка 100...200°C. С их помощью подогревают воду, обессоливают ее, поднимают из колодцев. В солнечных кухнях готовят пищу. Сконцентрированным солнечным теплом сушат овощи, фрукты и даже замораживают продукты. Энергию солнца можно аккумулировать днем для обогрева домов и теплиц в ночное время.

Солнечные установки практически не требуют эксплуатационных расходов, не нуждаются в ремонте и требуют затрат лишь на их сооружение и поддержание в чистоте. Работать они могут бесконечно.

\* Баррель [англ. barrel букв. бочка] — мера объема жидких и сыпучих веществ. Английский баррель равен 163,65 л; винный баррель в США — 119,24 л; нефтяной — 19 л.

#### 4.3.4. КОНЦЕНТРАТОРЫ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА

С детства многие помнят что с помощью собирающей линзы от солнечного света можно зажечь бумагу. В промышленных установках линзы не используются: они тяжелы, дороги и трудны в изготовлении.

Сфокусировать солнечные лучи можно и с помощью вогнутого зеркала. Оно является основной частью гелиоконцентратора, прибора, в котором параллельные солнечные лучи собираются с помощью вогнутого зеркала. Если в фокус зеркала поместить трубу с водой, то она нагреется. Таков принцип действия солнечных преобразователей прямого действия.

Наиболее эффективно их можно использовать в южных широтах, но и в средней полосе они находят применение. Зеркала в установках используются либо традиционные – стеклянные, либо из полированного алюминия.

Наиболее эффективные концентраторы солнечного излучения (рис. 4.10) имеют форму:  
– цилиндрического параболоида (а);  
– параболоида вращения (б);  
– плоско-линейной линзы Френеля (в).

Фирма Loose Industries на солнечно-газовой электростанции в Калифорнии использует систему параболо-цилиндрических длинных отражателей в виде желоба. В его фокусе проходит труба с теплоносителем – дифенилом, нагреваемым до 350°С. Желоб поворачивается для слежения за солнцем только вокруг одной оси (а не двух, как плоские гелиостаты). Это позволило упростить систему слежения за солнцем.

Солнечная энергия может непосредственно преобразовываться в механическую. Для этого используется двигатель Стирлинга. Если в фокусе параболического зеркала диаметром 1,5 м установить динамический преобразователь, работающий по циклу Стирлинга, получаемой мощности (1 кВт) достаточно, чтобы поднимать с глубины 20 метров 2 м<sup>3</sup> воды в час.

В реальных гелиосистемах плоско-линейная линза Френеля используется редко из-за ее высокой стоимости.

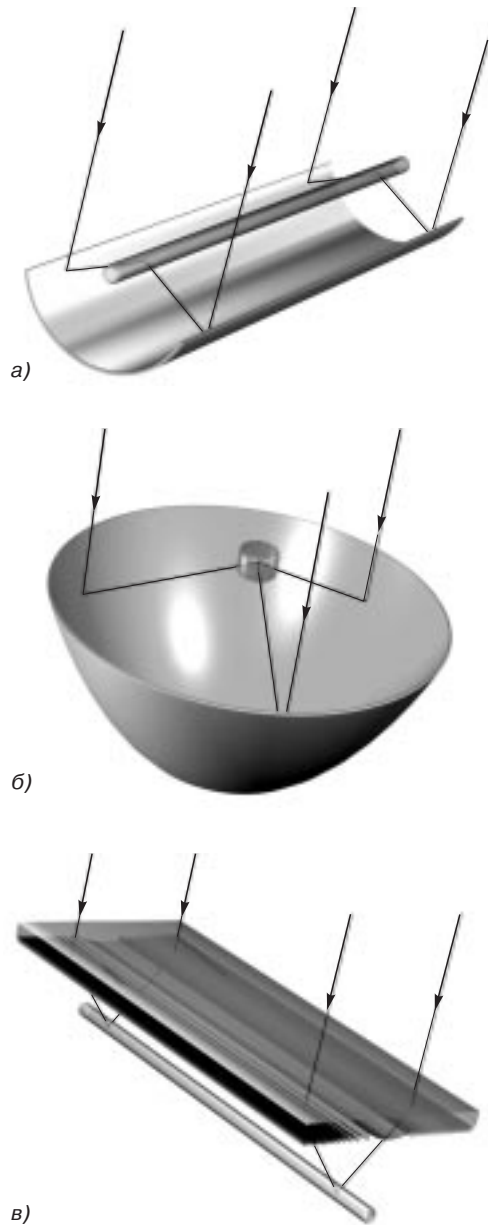


Рис. 4.10. Формы концентраторов солнечной энергии

### Водонагреватель

Водонагреватель предназначен для снабжения горячей водой, в основном, индивидуальных хозяйств. Устройство состоит из короба со змеевиком, бака холодной воды, бака-аккумулятора и труб. Короб стационарно устанавливается под углом  $30...50^\circ$  с ориентацией на южную сторону. Холодная, более тяжелая, вода постоянно поступает в нижнюю часть короба, там она нагревается и, вытесненная холодной водой, поступает в бак-аккумулятор. Она может быть использована для отопления, для душа либо для других бытовых нужд.

Дневная производительность на широте  $50^\circ$  примерно равна 2 кВтч с квадратного метра. Температура воды в бак-аккумуляторе достигает  $60...70^\circ$ . КПД установки – 40%.

### Тепловые концентраторы

Каждый, кто хоть раз бывал в теплицах, знает, как резко отличаются условия внутри нее от окружающих: Температура в ней выше (механизм парникового эффекта см. стр. 6). Солнечные лучи почти беспрепятственно проходят сквозь прозрачное покрытие и нагревают почву, растения, стены, конструкцию крыши. В обратном направле-

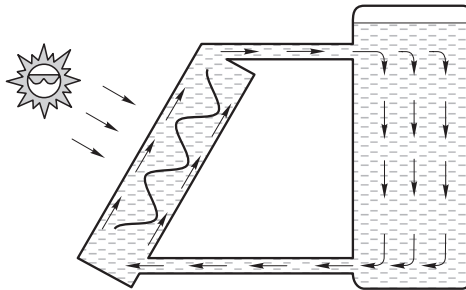


Рис. 4.11. Солнечный водонагреватель

нии тепло рассеивается мало из-за повышенной концентрации углекислого газа. По сходному принципу работают и тепловые концентраторы.

Это – деревянные, металлические, или пластиковые короба, с одной стороны закрытые одинарным или двойным стеклом. Внутри короба для максимального поглощения солнечных лучей вставляют волнистый металлический лист, окрашенный в черный цвет. В коробе нагревается воздух или вода, которые периодически или постоянно отбираются оттуда с помощью вентилятора или насоса.

## 4.3.5. ЖИЛОЙ ДОМ С СОЛНЕЧНЫМ ОТОПЛЕНИЕМ

Среднее за год значение суммарной солнечной радиации на широте  $55^\circ$ , поступающей в сутки на  $20\text{ м}^2$  горизонтальной поверхности, составляет  $50...60\text{ кВтч}$ . Это соответствует затратам энергии на отопление дома площадью  $60\text{ м}^2$ .

Для условий эксплуатации сезонно обитаемого жилища средней полосы наиболее подходящей является воздушная система теплоснабжения. Воздух нагревается в солнечном коллекторе и по воздуховодам подается в помещение. Удобства применения воздушного теплоносителя по сравнению с жидкотным очевидны:

- нет опасности, что система замерзнет;
- нет необходимости в трубах и кранах;
- простота и дешевизна.

Недостаток – невысокая теплоемкость воздуха.

Конструктивно коллектор представляет собой ряд застекленных вертикальных коробов, внутренняя поверхность которых зачернена матовой краской, не дающей запаха при нагреве. Ширина короба около 60 см.

В части расположения солнечного коллектора на доме предпочтение отдается вертикальному варианту. Он много проще в строительстве и дальнейшем обслуживании. По сравнению с наклонным коллектором (например, занимающим часть крыши), не требуется уплотнения от воды, отпадает проблема снеговой нагрузки, с вертикальных стекол легко смыть пыль.

Плоский коллектор, помимо прямой солнечной радиации, воспринимает рассеянную и отраженную радиацию: в пасмурную погоду, при легкой облачности, словом, в тех условиях, какие мы реально имеем в средней полосе.

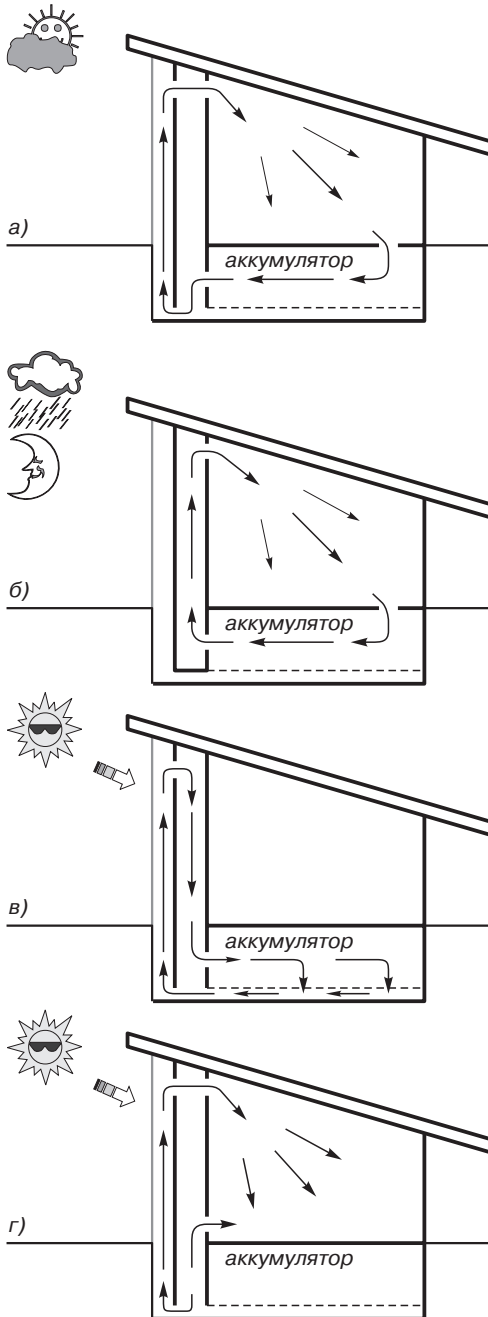


Рис. 4.12. Солнечный дом

Плоский коллектор не создает высокопотенциальной теплоты, как концентрирующий коллектор, но для конвекционного отопления этого и не требуется, здесь достаточно иметь низкопотенциальную теплоту. Солнечный коллектор располагается на фасаде, ориентированном на юг (допустимо отклонение до  $30^\circ$  на восток или на запад) [9].

Неравномерность солнечной радиации в течение дня, а также желание обогреть дом ночью и в пасмурный день диктует необходимость устройства теплового аккумулятора. Днем он накапливает тепловую энергию, а ночью отдает. Для работы с воздушным коллектором наиболее рациональным считается гравийно-галечный аккумулятор. Он дешев, прост в строительстве. Гравийную засыпку можно разместить в теплоизолированной заглубленной цокольной части дома. Теплый воздух нагнетается в аккумулятор с помощью вентилятора.

Для дома, площадью  $60 \text{ м}^2$ , объем аккумулятора составляет от 3 до  $6 \text{ м}^3$ . Разброс определяется качеством исполнения элементов гелиосистемы, теплоизоляцией, а также режимом солнечной радиации в конкретной местности.

Система солнечного теплоснабжения дома работает в четырех режимах (рис. 4.12 а...г):

- отопление и аккумулярование тепловой энергии (а);
- отопление от аккумулятора (б);
- аккумулярование тепловой энергии (в);
- отопление от коллектора (г).

В холодные солнечные дни нагретый в коллекторе воздух поднимается и через отверстия у потолка поступает в помещения. Циркуляция воздуха идет за счет естественной конвекции. В ясные теплые дни горячий воздух забирается из верхней зоны коллектора и с помощью вентилятора прокачивается через гравий, заряжая тепловой аккумулятор. Для ночного отопления и на случай пасмурной погоды воздух из помещения прогоняется через аккумулятор и возвращается в комнаты подогретый.

В средней полосе гелиосистема лишь частично обеспечивает потребности отопления. Опыт эксплуатации показывает, что сезонная экономия топлива за счет использования солнечной энергии достигает 60%.

## 4.4. ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

Первой лопастной машиной, использовавшей энергию ветра, был парус. Парус и ветродвигатель кроме одного источника энергии объединяет один и тот же используемый принцип. Исследования Ю. С. Крюкова показали, что парус можно представить в виде ветродвигателя с бесконечным диаметром колеса. Парус является наиболее совершенной лопастной машиной, с наивысшим коэффициентом полезного действия, которая непосредственно использует энергию ветра для движения.

Ветроэнергетика, использующая ветроколеса и ветрокарусели (двигатели карусельного типа см. рис. 4.13), возрождается сейчас, прежде всего, в наземных установках. В США уже построены и эксплуатируются коммерческие установки. Проекты наполовину финансируются из государственного бюджета. Вторую половину инвестируют будущие потребители экологически чистой энергии.

Еще в 1714 году француз Дю Квит предложил использовать ветродвигатель в качестве движителя для перемещения по воде.



Рис. 4.13. Ветродвигатель карусельного типа

Пятилопастное ветроколесо, установленное на треноге, должно было приводить в движение гребные колеса. Идея так и осталась на бумаге, хотя понятно, что ветер произвольного направления может двигать судно в любом направлении [14].

Первые разработки теории ветродвигателя относятся к 1918 г. В. Залевский заинтересовался ветряками и авиацией одновременно. Он начал создавать полную теорию ветряной мельницы и вывел несколько теоретических положений, которым должна отвечать ветроустановка.

В начале XX века интерес к воздушным винтам и ветроколесам не был обособлен от общих тенденций времени — использовать ветер, где это только возможно. Первоначально наибольшее распространение ветроустановки получили в сельском хозяйстве. Воздушный винт использовали для привода судовых механизмов. На всемирно известном «Фраме»\* он вращал динамомашину. На парусниках ветряки приводили в движение насосы и якорные механизмы.

В России к началу нынешнего века вращалось около 2500 тысяч ветряков общей мощностью миллион киловатт. После 1917 года мельницы остались без хозяев и постепенно разрушились. Правда, делались попытки использовать энергию ветра уже на научной и государственной основе. В 1931 году вблизи Ялты была построена крупнейшая по тем временам ветроэнергетическая установка мощностью 100 кВт, а позднее разработан проект агрегата на 5000 кВт. Но реализовать его не удалось, так как Институт ветроэнергетики, занимавшийся этой проблемой, был закрыт [14].

Сложившаяся ситуация отнюдь не обуславливалась местным головоуятипством. Такова была общемировая тенденция. В США к 1940 году построили ветроагрегат мощностью в 1250 кВт. К концу войны одна из его лопастей получила повреждение. Ее даже не стали ремонтировать — экономисты подсчитали, что выгодней использовать обычную

\* «Фрам» [фр. *fram* вперед] — исследовательское судно Ф. Нансена, исследователя Арктики.

дизельную электростанцию. Дальнейшие исследования этой установки прекратились, а ее создатель и владелец П. Путнэм изложил свой горестный опыт в прекрасной книге «Энергия ветра», которая не потеряла до сих пор своей актуальности.

Неудавшиеся попытки использовать энергию ветра в крупномасштабной энергетике сороковых годов не были случайны. Нефть оставалась сравнительно дешевой, резко снизилась удельные капитальные вложения на крупных тепловых электростанциях, освоение гидроэнергии, как тогда казалось, га-

рантирует и низкие цены и удовлетворительную экологическую чистоту.

Существенным недостатком энергии ветра является ее изменчивость во времени, но его можно скомпенсировать за счет расположения ветроагрегатов. Если в условиях полной автономии объединить несколько десятков крупных ветроагрегатов, то средняя их мощность будет постоянной. При наличии других источников энергии ветрогенератор может дополнять существующие. И, наконец, от ветродвигателя можно непосредственно получать механическую энергию.

#### 4.4.1. ВЕТЕР

Ветер дует везде — на суше и на море. Человечек 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.

##### Глобальные ветры

К глобальным ветрам относятся пассаты и западный ветер.

Пассаты образуются в результате нагрева экваториальной части земли. Нагретый воздух поднимается вверх, увлекая за собой воздушные массы с севера и юга. Вращение земли отклоняет потоки воздуха. В результате устанавливаются дующие круглый год с постоянной силой северо-восточный пассат в северном полушарии и юго-восточный — в южном. Пассаты дуют в приэкваториальной области, заключенной между 25 и 30° северной и южной широтами соответственно. В северном полушарии пассаты охватывают 11% поверхности океанов, а в южной — 20%. Сила пассатного ветра обычно составляет 2...3 балла.

Западный ветер дует круглый год с запада на восток в полосе от 40 до 60° южной широты вдоль кромки дрейфующих льдов Антарктиды. Это самый сильный постоянный ветер. Его сила достигает 8...10 баллов и редко бывает менее 5 баллов.

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. Кро-

ме того, на разной высоте ветер ведет себя по-разному, а для высот до 50 метров характерны рыскающие потоки.

Потенциал атмосферы можно вычислить зная ее массу и скорость рассеяния энергии. Для приземного слоя толщиной в 500 метров энергия ветра, превращающаяся в тепло, составляет примерно 82 триллиона киловатт-часов в год. Конечно, всю ее 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 счете, 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.

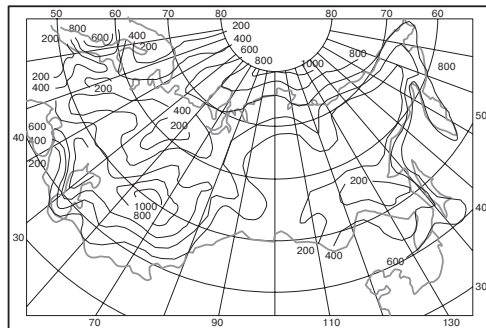


Рис. 4.14. Среднегодовые потоки энергии ветра на стометровой высоте

На рис. 4.14 показаны области энергии среднегодовых потоков ветра Европейской части стран СНГ [15]. Если взять только нижний 100-метровый слой и поставить установку на 100 квадратных километров, то при установленной мощности около двух миллиардов киловатт можно выработать за год 5 триллионов киловатт-часов, что в 2 раза больше гидроэнергетического потенциала стран СНГ.

### Местные ветры

Первыми для плавания использовались местные ветры. К ним относятся бризы\*. Бризы — это легкие ветры, окаймляющие берега материков и больших островов, вызываемые суточным колебанием температуры. Их периодичность обусловлена различием температуры суши и моря днем и ночью. Днем суша нагревается быстрее и сильнее, чем море.

## 4.4.2. УПРЯЖЬ ДЛЯ ВЕТРА

Принцип действия всех ветродвигателей один: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент через систему передач валу генератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу. Чем больше диаметр ветроколеса, тем больший воздушный поток оно захватывает и тем больше энергии вырабатывает агрегат.

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

Традиционная компоновка ветряков — с горизонтальной осью вращения (рис. 4.15) — 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 удастся оптимально ориентировать агрегат по ветру, но и возникает опасность разрушения лопастей.

Теплый воздух поднимается над береговой полосой, а на его место устремляется прохладный воздух с моря — морской бриз. Ночью берег охлаждается быстрее и сильнее, чем море, поэтому теплый воздух поднимается над морем, а его замещает холодный воздух с суши — береговой бриз.

Вторыми, постоянно дующими ветрами, являются муссоны\*\*. Эти ветры дуют в Индийском океане и связаны с сезонным изменением температуры материка и океана. Летом солнечные лучи сильнее нагревают сушу и ветер дует с моря на сушу. Зимой муссон дует с суши на море. Вращение земли вызывает появление сил Кориолиса, которые отклоняют муссоны вправо. Поэтому летом дуют юго-западные муссоны, а зимой — северо-восточные. Муссоны достигают большой силы и вызывают в Индийском океане соответствующие местным ветрам поверхностные течения.

Кроме того, концы лопастей крупной установки двигаясь с большой скоростью создают шум. Однако главное препятствие на пути использовании энергии ветра все же эко-



Рис. 4.15. Крыльчатый ветродвигатель

\* Бриз [фр. brise] — свежий ветер.

\*\* Муссон [арабск. мавсим] — время года.



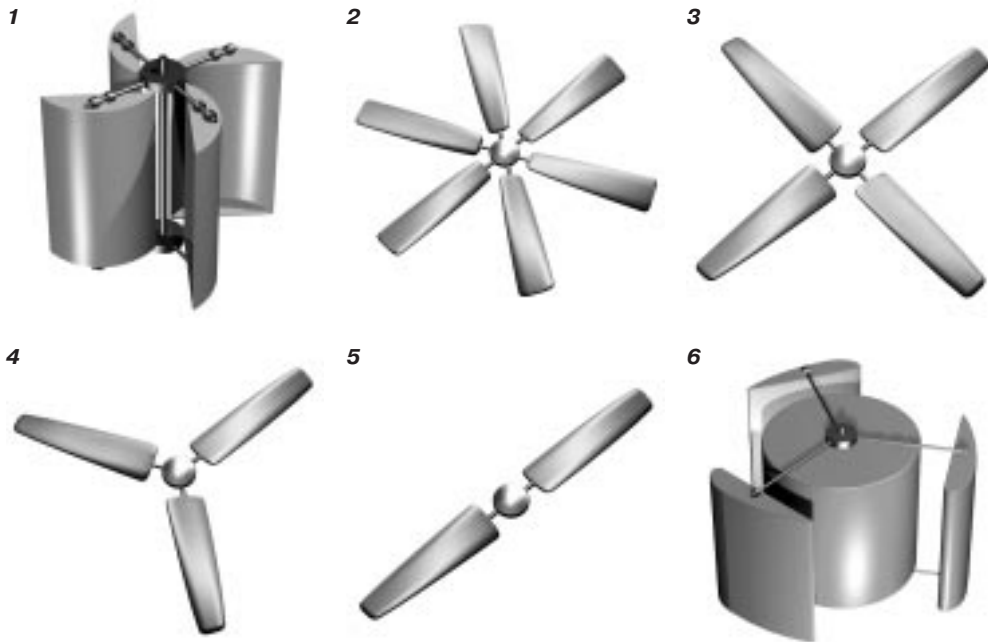


Рис. 4.16. Типы ветродвигателей

номическая – мощность агрегата остается 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) на текущее столетие – 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 дорогую. 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 рис. 4.16. 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. Карусельные ветродвигатели обладают тем преимуществом, что могут работать при любом направлении ветра не изменяя своего положения.

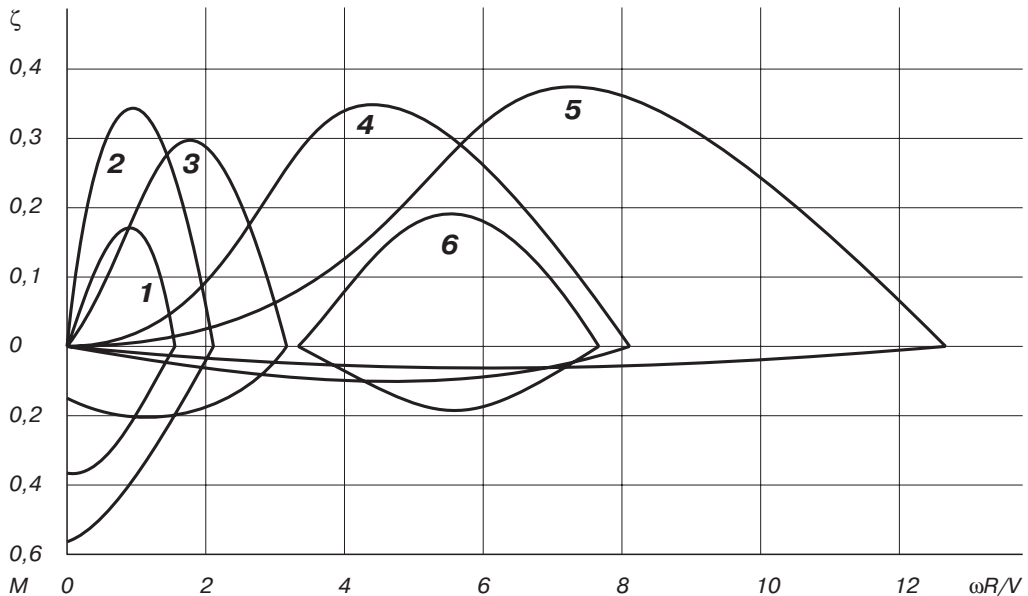


Рис. 4.17. Коэффициенты использования энергии ветра и вращающие моменты различных типов ветродвигателей

Коэффициент использования энергии ветра (см. рис. 4.17) у крыльчатых ветродвигателей намного выше чем у карусельных [14]. 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 трех практически не используются.

#### Карусельные

Различие в аэродинамике дает карусельным установкам преимущество в сравнении с традиционными ветряками. При увеличении скорости ветра они быстро наращивают силу тяги, после чего скорость вращения стабилизируется. Карусельные 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\* не эффективно из-за низкого КПД последних.

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

\* Мультипликатор [лат. multiplicator умножающий] – повышающий редуктор.



Рис. 4.18. Однолопастной карусельный двигатель

### Ортогональные

Ортогональные ветроагрегаты, как полагают специалисты, перспективны для большой энергетики. Сегодня перед ветропоклонниками ортогональных конструкций стоят определенные трудности. Среди них, в частности, проблема запуска.

В ортогональных установках используется тот же профиль крыла, что и в дозвуковом самолете (см. рис. 4.16 (б)). Самолет, прежде чем «опереться» на подъемную силу крыла, должен разбежаться. Так же обстоит дело и в случае с ортогональной установкой. Сначала к ней нужно подвести энергию — раскрутить и довести до определенных аэродинамических параметров, а уже потом она сама перейдет 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 расчеты 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 (см. гл. 3.5) можно просуммировать выходящую мощность вырабатываемую генераторами. В этом случае повышается надежность и живучесть ветроустановки.

### **Неожиданные проявления и применения**

Реально работающие ветроагрегаты обнаружили ряд отрицательных явлений. Например, распространение ветрогенераторов может затруднить прием 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 полочки, предназначенные для отвода ударов молний. Они отражали и рассеивали ультракоротковолновый сигнал. Отраженный 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 стекла и звенела посуда на полках [17]. Было установлено, что шестидесятиметровый винт при определенной 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 (рис. 4.18). Закрепленный на стене он начинает вращаться даже при незначительном ветре.

На большой площади крыльев карусельный трех-четырёх лопастный ветродвигатель может вращать рекламные плакаты и небольшой генератор. Запасенная в аккумуляторе электроэнергия может освещать крылья с рекламой в ночное время, а в безветренную погоду и вращать их.