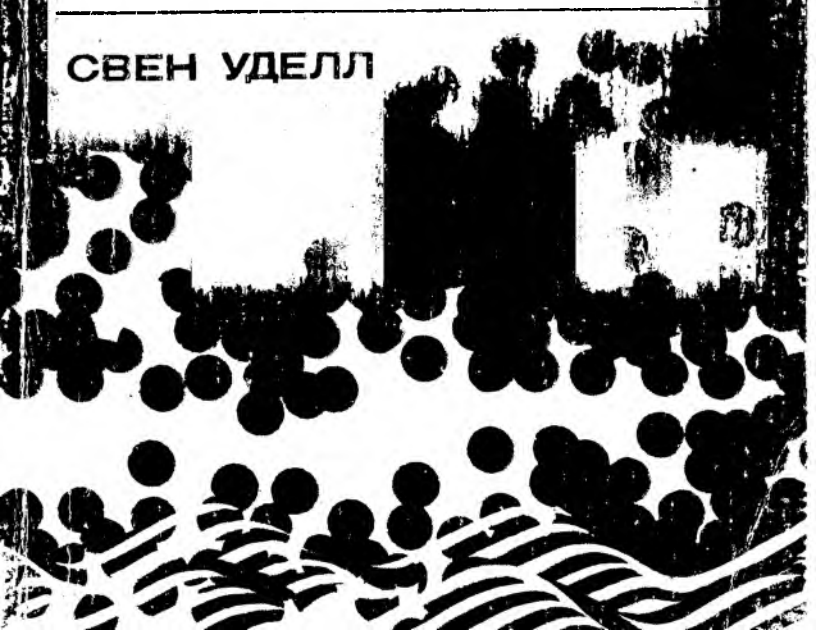


M1561
62

Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии

СВЕН УДЕЛЛ



СВЕН УДЕЛЛ

Областна библиотека
ЭКЗЕМПЛАР

**Солнечная
энергия
и другие
альтернативные
источники
энергии**

М 1936

✓
Державна республиканська
науково-технічна
БІБЛІОТЕКА УРСР

Издательство
«ЗНАНИЕ»
Москва 1980

31.252

У29

Переводчик Н. Н. Вуколов

Уделл Свен

У29 Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. Перевод со шведского. М., «Знание», 1980.

88 с.

Используемые нами источники энергии отнюдь не безграничны. Проведенные в последнее время исследования по вопросу строительства атомных электростанций показали, что с их помощью невозможно решить проблему получения необходимого количества энергии. В этой связи серьезно стоит вопрос об использовании энергии Солнца, ветра, геотермальной энергии, энергии приливов и отливов.

Книга шведского автора С. Уделла, написанная в популярной форме и с привлечением богатого иллюстративного материала, рассказывает об использовании различных видов энергии.

31.252

У $\frac{30317-118}{073102}-80$ БЗ-3-96-004-79. 2301020000

© 1977. LiberLäromedel Malmö

© Перевод на русский язык, издательство «Знание», 1980 г.

© Издательство «Знание», 1980 г., предисловие.

Предисловие

В масштабах Вселенной Солнце — лишь рядовая звезда, каких великое множество. Но для жителей нашей планеты нет более грандиозного явления, чем Солнце. Оно — основа жизни на Земле, которая возникла и приняла различные формы, включая и форму социальную, т. е. жизнь человеческого общества. Эта звезда щедро дарит Земле свет, тепло и даже обеспечила образование в ней «запаса» энергии впрок в виде угля, сланцев, торфа, нефти, газа, гидроресурсов, которыми люди широко пользуются, поскольку не смогли до настоящего времени найти рациональные методы использования «натурального» Солнца. Однако к концу прошлого столетия стало очевидным, что запасы кладовых Солнца не безграничны, потребности в энергии возрастают и в ряде регионов их уже не хватает. Поэтому человечество начинает интенсивно изыскивать и внедрять способы непосредственного использования энергии Солнца с применением всего арсенала средств науки и техники.

В последние годы солнечная энергия рассматривается во многих странах мира в качестве дополнительного источника, который в ближайшие 10—15 лет может дать ощутимую долю энергии, освоенной человеком. Именно этим обусловлено увеличение числа научных и популярных публикаций о солнечной энергии. К ним относится и предлагаемая советскому читателю книга Свена Уделла, в которой проблема использования солнечной энергии рассмотрена применительно к Швеции.

Уместно вспомнить, что Швеции приходится импортировать нефть и уголь, а ведь она является третьей в мире страной по потреблению энергии на душу населения. Поэтому решение энергетической проблемы, в том числе и за счет Солнца, не может не интересовать общественность Швеции.

Книга Уделла напоминает научно-популярный фильм как по наглядности, так и по стилю изложения: рисунки, схемы, фотографии и чертежи перекликаются с графиками и диаграммами, а лаконичные формулировки с разумной простотой доносят до читателя важные научные, инженерные и экономические во-

просы. Книга состоит из коротких эпизодов-кадров, несущих некоторую законченную информацию. Это рассказы о том, что такое энергия, Солнце, на что и сколько тратится энергии, откуда она берется, как устроены агрегаты, воспринимающие солнечные лучи, как работает ветер и водяной поток. Все вопросы освещены Уделлом в историческом аспекте, что делает изложение живым и интересным.

В книге приводится много конкретных примеров. Здесь и численные данные о производстве энергии в целом по стране, и возможные затраты на обеспечение энергией индивидуального дома; рассмотрены некоторые практические вопросы о рентабельности и возможности постройки «солнечной установки» в условиях села. При рассмотрении всех аспектов внедрения этого проекта в жизнь серьезное внимание уделяется экономическим оценкам.

Книга содержит ряд рекомендаций, позволяющих использовать даже наше сравнительно «холодное» солнце средней полосы и севера. Орудия при этом самые простые: пожарный шланг, деревянный ящик, камни, железный бак и водопроводный кран. А для использования ветра иногда оказывается достаточно иметь велосипедное колесо, велосипедный генератор, моток проволоки и немного ткани.

В ряде пояснений, стремясь упростить изложение, автор допускает отдельные неточности, которые при редактировании мы сочли возможным исправить, стараясь сохранить стиль книги. Некоторые исправления были внесены и в терминологию с тем, чтобы она соответствовала принятой в Советском Союзе.

Следует отметить четко выраженную практическую и экономическую направленность книги. И такой подход нам представляется вполне оправданным, так как решение многих вопросов использования солнечной энергии связано не столько с научными исследованиями, сколько с производственно-экономическими аспектами человеческой деятельности.

Поскольку книга издается в Советском Союзе, целесообразно дополнить ее краткими сведениями о развитии солнечной энергетики в некоторых других странах и, конечно же, отечественным опытом с тем, чтобы читатель мог иметь полное представление о проблеме в целом.

Потребление энергии в мире быстро расширяется, причем рост энергопотребления имеет не пропорциональный, а более интенсивный — экспоненциальный —

характер. Отсюда ясно, что невозможно долгое время поддерживать нынешние темпы роста производства энергии и потребления сырьевых материалов в сложившихся традиционных формах. И поэтому понятно, почему во второй половине XX в. проблемой солнечной энергетики стали заниматься во многих государствах, выделяя значительные средства на научные исследования в этой области. В основе нынешнего стремления развитых стран к использованию солнечной энергии лежит прежде всего озабоченность скорым истощением других видов топлива.

Журнал «Энергия» Министерства промышленного и научного развития Франции, переработав данные многих публикаций разных стран (1971—1973 гг.), приводит следующую интересную таблицу:

Мировые ресурсы	Год истощения
Уголь — 6 641 200 млн. т.	2083—2500
Нефть — 76 200 млн. т	1992—2100
Природный газ — 49 900 млрд. м ³	1994—2015
Уран — 761 400 т	Между 1980 и концом нашего века; срок значительно увеличится, если будут введены в строй реакторы-бридеры. Ядерный синтез с использованием дейтерия был бы, вероятно, неограничен.
Гидроэнергия	Практическое применение ограничено, но ресурсы неисчерпаемы.

С солнечной радиацией на Землю поступает более 1500 квадрильонов (1500 с пятнадцатью нулями) киловатт-часов энергии. Атмосферой поглощается 47% этой энергии, остальное отражается в космическое пространство. Поглощенная Землей энергия примерно в 35 000 раз превышает годовое энергопотребление человечества. Вклад Солнца в энергетический баланс Земли в 5000 раз превышает то, что дают все другие

источники энергии, вместе взятые. Количество солнечной энергии, падающей на крышу любого дома на протяжении целого года, значительно превышает ту энергию, которая в большинстве развитых стран требуется для отопления дома.

Согласно прогнозам американских специалистов, за счет солнечной энергии США рассчитывают покрыть к 2000 г. до 30% своих энергетических потребностей, что позволит несколько ослабить энергетический кризис и сократить объем использования нефти, газа, каменного угля и горючих сланцев. В соответствии с последними наметками Федерального управления по энергетике США смогут удовлетворить за счет использования энергии Солнца 2% своих энергетических потребностей уже в 1985 г.

Практическое использование солнечной энергии лимитируется прежде всего уровнем развития инженерно-технических средств улавливания, аккумуляирования, преобразования и использования солнечных лучей. Перспективам развития солнечной энергетики посвящены многие специальные исследования.

В 1954 г. ЮНЕСКО совместно с Индией провела в Дели международный симпозиум по использованию энергии Солнца и ветра. Известный вклад в развитие идеи солнечной энергетики внесла и ООН, организовавшая в Риме (1961 г.) симпозиум по изучению практических идей использования энергии Солнца. В материалы симпозиума были включены доклады по использованию геотермальной и ветровой энергии.

В 1972 г. был проведен семинар в Ниамлее (Нигер) по использованию солнечной энергии, а в 1973 г. в Париже — международный конгресс «Солнце на службе человека».

Усилиями многих научных и инженерных коллективов определены энергетические возможности основных источников энергии и, в частности:

- поступающей на Землю солнечной радиации;
- геотермальной энергии — тепло земных недр;
- приливной энергии, обусловленной кинетико-гравитационными силами, действующими в системе Земля — Луна — Солнце.

Выделены основные направления работ: создание установок по использованию солнечной энергии для отопления и охлаждения зданий; превращение солнечного тепла в электроэнергию; прямое преобразование солнечного излучения в электричество; использование энергии ветра и земного тепла; превращение

энергии океана в электрическую; использование солнечной энергии для превращения органического сырья, включая разнообразные отходы, в топливо и различные продукты.

Наиболее перспективным направлением считается использование солнечной энергии для отопления и охлаждения зданий (жилищ, школ, административно-хозяйственных помещений). Установки для отопления и охлаждения зданий с использованием солнечной энергии в демонстрационных вариантах уже существуют, но не достигли еще стадии массового коммерческого производства. Подсчитано, например, что почти 25% всей энергии, потребляемой в США, используется на эти цели. Если бы здесь удалось заменить традиционные топливные ресурсы солнечной энергией хотя бы на $\frac{1}{3}$, экономия в целом по стране составила бы около 6 млрд. долларов ежегодно.

Важным направлением считается разработка систем преобразования солнечной радиации в тепловую энергию, а затем и в электрическую. Она воплощается в конструкциях «солнечных ферм», солнечных «силовых вышек» и других видах солнечных электростанций.

Работы над проектами солнечных энергетических станций ведутся в СССР, США и других странах, реализация проектов ожидается в 80-х годах XX в. В «солнечных фермах» коллектор собирает тепло и направляет его в специальные установки, где оно может храниться и при необходимости использоваться для вращения турбин.

В коллекторе, поднятом на высоту примерно 100 м, энергия солнечных лучей будет нагревать воду до кипения, превращать ее в пар и приводить в движение турбину электростанции. По оценке специалистов такая установка, занимающая площадь около 2 км² вокруг вышки с коллектором, эквивалентна обычной электростанции мощностью 400 МВт и способна удовлетворить энергетические потребности города с населением 800 тыс. человек.

Идея не нова. Солнечная паровая электростанция, основной частью которой было большое зеркало, фокусирующее солнечные лучи на специальный котел, демонстрировалась на Всемирной выставке 1878 г. в Париже. Такие установки были построены в Калифорнии (1901 г.) и в Египте (1913 г.).

В Сандийской лаборатории создана солнечная тепловая электростанция мощностью 32 кВт. Здесь же

начато строительство солнечной термальной установки мощностью 5 МВт, но не для производства электроэнергии, а для испытания и доводки различных компонентов и систем. К выполнению программ в области солнечной энергетики стали подключаться крупные фирмы, аэрокосмические компании.

Специалисты считают, что солнечные лучи можно использовать не только для получения энергии, но и для осуществления различных производственных процессов. Стремление использовать этот поистине неисчерпаемый источник энергии привело к появлению различных приборов и установок, питаемых энергией Солнца: возникли солнечные печи для обжига кирпича, плавки и термообработки материалов; водоопреснительные установки, системы отопления в домах и теплицах, системы кондиционирования; солнечные насосы и солнечные кухни различного назначения и мощности, солнечные энергетические установки.

Таким образом, проблема разностороннего применения солнечной энергии приобрела уже инженерно-технологический характер.

С древнейших времен человек использовал энергию ветра, сначала в судоходстве, а затем для замены своей мускульной силы. В Египте сохранились остатки ветряных мельниц, построенных во 2—1 вв. до н. э.

В начале XX в. русский ученый Н. Е. Жуковский разработал теорию быстроходного ветродвигателя и заложил научные основы создания высокопроизводительных двигателей, способных эффективно использовать энергию ветра. Они были построены его учениками в 1918 г.

Первая в мире ветроэлектрическая станция (ВЭС) мощностью 8 кВт с инерционным аккумулятором энергии построена в СССР в городе Курске в 1929—1930 гг. по проекту советского изобретателя А. Г. Уфимцева и профессора В. П. Ветчинкина. А в 1931 г. уже была сооружена ветроэлектрическая станция мощностью 100 кВт, которая имела ветроколесо диаметром 30 м и до 1942 г. давала энергию в электрическую сеть Севастополя.

В середине 50-х годов у нас в стране резко возрос выпуск ветроагрегатов различных типов, только в 1956 г. было произведено более 9 тыс. ветродвигателей. Были изобретены новые системы регулирования быстроходных ветродвигателей, разработаны высокопроизводительные ветроагрегаты различного назначения: «Беркут», «Ветерок», «Вихрь», «Сокол» и др.

За рубежом наиболее широкое применение нашли насосные и электрические ветроагрегаты, произведенные фирмами США, Франции, Англии, Австралии, Аргентины, Нидерландов, Индии. Значительные исследования в области ветроэнергетики проводят канадские, датские, английские, французские, американские и индийские ученые.

Работы по созданию современных и экономичных ВЭС ведутся в СССР, Великобритании, Франции, ФРГ, Канаде. Разработаны проекты станций мощностью до 5 МВт (Филиппины). В перспективе применение полностью автоматизированных ВЭС, а также тропопаузных (высотных) станций.

Высотная станция будет поднята в зону тропопаузы на аэростатах с жесткими оболочками, как у дирижаблей. Аэростат будет находиться на высоте 8—12 км, в зоне постоянно действующих воздушных потоков, скорость которых достигает 100 м/с.

В настоящее время считается перспективным использование энергии моря, связанное с различиями температур водных слоев. Солнечная энергия накапливается в виде тепла в верхних слоях океана. Нижние слои воды остаются холодными. Разница температур, составляющая 15—20° С, может быть использована для производства электрической энергии.

Впервые идею применения нагретых Солнцем вод океана выдвинул в начале XX в. французский ученый Ж. Клод. Экспериментальные установки построены на побережье Кубы (1920 г.) и Африки (1956 г.). При удачной конструкции такой способ мог бы оказаться рентабельным для утилизации гигантской тепловой энергии, накопленной, например, Гольфстримом, обладающим годовым энергетическим потенциалом в 26 триллионов киловатт.

Специалисты подсчитали, что количество энергии, которую можно получить от преобразования тепловой энергии океана, в 300 раз превышает современный объем мирового потребления энергии всех видов и эквивалентен потреблению 18 млрд. т. нефти в год. Исследователи пришли к выводу, что использование тепловой энергии океана весьма перспективно как с технической, так и с экономической точек зрения.

В канун 1969 г. на севере Кольского полуострова над узким фиордом — Кислой губой — вспыхнуло яркое электрическое солнце. Это дала первая в Советском Союзе экспериментальная приливная электростанция (ПЭС). На станции установлены два гидроагрегата мощностью 400 кВт каждый.

Тринадцать морей омывают берега Советского Союза. И только три из них — Охотское, Баренцево и Белое — обладают достаточно мощными приливными явлениями. Например, в Белом море уровень воды изменяется до 9 м. На долю СССР приходится почти четверть мирового запаса приливной энергии: около 250 млн. кВт.

Перекрыв плотиной залив или устье впадающей в море (океан) реки, можно при амплитуде прилива более 4 м создать напор, достаточный для вращения гидротурбин и соединенных с ними гидрогенераторов.

В 1966 г. во Франции введена в эксплуатацию мощная ПЭС на 240 МВт, расположенная на реке Ранс.

Создание ПЭС Ранс и Кислогубской ПЭС и их опытная эксплуатация позволили приступить к проектированию Мезенской ПЭС (6—14 ГВт) в Белом море, Пенжинской (35 ГВт) и Тугурской (10 ГВт) — в Охотском море и ПЭС в заливах Фанди и Унгава (Канада) и в устье реки Северн (Великобритания).

Уместно отметить, что в условиях капиталистической системы хозяйства планы, разработки новой техники, даже если они диктуются острой экономической необходимостью, наталкиваются на большие трудности, связанные не только с привлечением частного капитала. Как признается в докладе о «Национальном плане энергетических исследований» (США), существует сильное сопротивление со стороны строительных фирм, разработчиков, кредитных институтов и других организаций строительной индустрии, не желающих идти на риск внедрения новой технологии. Для преодоления этого сопротивления правительство США вынуждено предпринимать дополнительные шаги. Важной мерой была, в частности, разработка критериев оценки экономической эффективности солнечных энергетических систем, выполненная Национальным бюро стандартов.

Не менее трудна проблема приспособления новых проектов к рыночным условиям для достижения коммерческого успеха. Для расширения рыночного спроса на солнечную технологию и соответствующего стимулирования частных капиталовложений в ее производство Федеральное управление по энергетике (США) разрабатывает проект оснащения правительственных зданий солнечными установками. Это, как полагают, будет стимулировать массовое производство новой техники, способствовать снижению издержек производства.

К выполнению исследований в области использования солнечной энергии подключились многие технические вузы и университеты. В них создают специальные лаборатории и научные центры, читают новые курсы лекций, готовят специалистов нового профиля знаний. Все это свидетельствует о широких масштабах работ по подготовке к освоению солнечной энергии.

Большое внимание уделяет проблеме использования солнечной энергии Япония, которая практически не имеет почти никаких ресурсов ископаемого топлива и так же, как Швеция, в этой области полностью зависит от импорта. Именно поэтому там реализована обширная программа исследовательских работ, направленных на изыскание новых источников энергии с символическим названием «Солнечный свет». Так же, как и в США, здесь ставится задача обеспечить стране «энергетическую независимость», и средства для ее решения отпущены очень большие. На период до 2000 г. — 3,5 млрд. долларов. Подчеркнем, что в отличие от других стран в Японии особое внимание уделяется фотоэлектрическим электростанциям. Намечаются быстрые темпы строительства фотоэлектрических станций: к 1980 г. — мощностью 1 МВт, а к 2000 г. — 100 МВт.

Значительные средства на разработку соответствующих проектов выделяются в ФРГ, Англии, Дании. Намечены конкретные программы во Франции, Италии, Индии и других странах. В каждой из них есть своя специфика и свои достижения. Так, в Англии получили известность плавательные бассейны с обогревом солнечной энергией.

В Индии национальной физической лабораторией была показана рентабельность применения простых солнечных концентраторов для сушки сахарного тростника и пальмовых листьев в условиях очень бедной индийской деревни.

Во Франции в Одейо (Пиренеи) создана самая мощная солнечная печь — это установка на 1000 кВт, предназначенная для производства сверхчистых огнеупорных материалов.

Резервы человеческой изобретательности не исощаются подобно запасам ископаемого горючего. Много оригинальных идей и предложений поступает от ученых и изобретателей всего мира. Вот одно из них. Если основываться на здравом смысле, то наилучший способ аккумуляции солнечной энергии мы по-

черпнем на пути, указанном самой природой, — фотосинтез, процесс, при котором растения с помощью солнечной энергии синтезируют сахар, крахмал, целлюлозу из углекислого газа.

Джордж К. Сцега (США) предложил выращивать специальные деревья, которые пойдут на топливо. Есть и другие способы превращения энергии излучения в топливо, во многих из них конечным продуктом становится водород и метан. Водород — чистое, легко транспортируемое горючее. Метан можно получить с помощью бактерий из разного рода твердых отходов.

Имеются данные о создании установки, использующей энергию солнечных лучей, в процессе химического обогащения урана. Нагретая до 70°C вода необходима для реакции выщелачивания элементов. За два часа до захода солнца нагретая вода перекачивается в гигантскую цистерну — термос, которая на протяжении трех облачных дней способна обеспечивать нормальный процесс промышленного обогащения урана.

Советские ученые проблеме использования солнечной энергии уделяют большое внимание, поскольку значительная часть территории СССР имеет благоприятные климатические условия для использования солнечной энергии. Сюда относятся южные районы Украины, Крым, Северный Кавказ и Закавказье, Южное Поволжье, Казахстан и республики Средней Азии (Узбекская, Киргизская, Таджикская и Туркменская). В этих районах продолжительность солнечного облучения составляет от 220 до 3000 ч в год, а годовой приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность — от 1280 до 1869 кВт · ч/м². В наиболее солнечном месяце — июле количество солнечной энергии, приходящееся на 1 м² горизонтальной поверхности, составляет в этих районах в среднем от 6,4 до 7,5 кВт · ч в день. Таким образом, широкое использование солнечной энергии может иметь народнохозяйственное значение.

Исследования, опытно-конструкторские и проектные разработки по использованию солнечной энергии ведутся в Министерстве энергетики и электрификации СССР, Академии наук Узбекской и Туркменской ССР и в других министерствах и ведомствах. Эти работы координирует Государственный комитет СССР по науке и технике.

Широкое использование солнечной энергии позво-

лит нам экономить топливо и уменьшить загрязнение окружающей среды. При этом имеется в виду первоочередное использование простейших низкопотенциальных солнечных установок для горячего водоснабжения, систем солнечного отопления, охлаждения зданий, опреснения воды, сушки сельскохозяйственных продуктов, отопления культивационных сельскохозяйственных сооружений и т. п. Массовое использование этих устройств в быту, сельском и коммунальном хозяйствах позволит, по ориентировочным подсчетам, сэкономить 15—20 млн. т условного топлива в год.

Актуальная задача применения солнечных энергетических установок для энергообеспечения автономных маломощных потребителей. При общем весьма высоком уровне электрификации в СССР имеются обширные пустынные и полупустынные районы с малой плотностью населения. Вместе с тем в этих районах есть много маломощных рассредоточенных, главным образом сельскохозяйственных, потребителей, централизованное энергоснабжение которых на обозримую перспективу экономически нецелесообразно. Энергоснабжение таких потребителей встречает серьезные трудности. Между тем большинство указанных районов обладает благоприятным климатом для использования солнечной энергии.

Заслуживают внимания методы преобразования солнечной энергии в электрическую в больших масштабах; использование солнечной энергии для реализации различных технологических высокотемпературных процессов; биологическое использование солнечной энергии, в частности, для световой стимуляции роста растений, увеличения их урожайности, повышения эффективности фотосинтетических процессов и т. п.

К настоящему времени созданы опытные образцы гелиоустановок теплоснабжения и опытно-промышленные объекты различного народнохозяйственного назначения (жилые дома, общественные здания, пионерские лагеря и детские учреждения, сельскохозяйственные объекты) с системами использования солнечной энергии. Общее их число в 1977 г. составляло 25, а в 1978 г. — уже 43.

Горячее водоснабжение является наиболее развитой областью применения солнечной энергии. Разработан ряд конструкций солнечных коллекторов-нагревателей на основе алюминиевых и стальных панелей.

В настоящее время в Узбекистане и на Украине ус-

пешно эксплуатируются для сезонных объектов — летних душевых, пионерских и туристских лагерей — установки производительностью до 10 т горячей воды в день. Имеется несколько более мелких установок в разных районах страны.

Новым направлением в этой области является создание комбинированных солнечно-топливных котельных, в которых солнечная установка покрывает нагрузку горячего водоснабжения в летнее время, а топливная — отопительную нагрузку в зимний период. Первая в стране солнечно-топливная котельная для теплоснабжения пятиэтажной гостиницы в г. Симферополе сдана в эксплуатацию в 1977 г. Производительность солнечной установки составляет 15 т горячей воды в летний день, что обеспечивает экономию 25—30% годового расхода топлива. Перспектива этого направления обусловлена большим количеством ныне действующих мелких отопительных котельных, которые могли бы быть дополнены солнечными водонагревателями.

Солнечное отопление и кондиционирование воздуха — более сложные задачи. Система солнечного отопления должна обеспечивать нормальную тепловую нагрузку при минимальном поступлении солнечной радиации. Поэтому такая система, помимо солнечных нагревателей, включает в себя тепловой аккумулятор необходимой емкости, дублирующий топливный источник. Соотношение этих элементов системы должно быть оптимизировано по минимуму приведенных затрат для климатических условий различных районов СССР.

Немалый опыт США, Франции и других стран, имеющих иные климатические условия, не может быть непосредственно использован в наших условиях. Требуется проведение большого объема опытных работ в разных зонах СССР. Эти работы уже ведутся. В Узбекистане построено три дома с системами солнечного отопления. Экономия электроэнергии за отопительный сезон составляет 50—60%. Сооружается и уже сдано в эксплуатацию несколько опытных двух- и четырехэтажных жилых домов с системами солнечного отопления и горячего водоснабжения. Проектируется ряд других объектов с системами солнечного теплоснабжения с вводом в действие в 1980 г. Эксплуатация экспериментальных домов с солнечным отоплением должна выявить наиболее удачные конструктивные решения для применения их в типовых проектах.

Разработаны система и установки для охлаждения (кондиционирования) воздуха помещений в условиях жаркого и сухого климата. С 1972 г. в Туркменской ССР эксплуатируется трехэтажный девятиквартирный дом, оснащенный такой системой. В Ашхабаде заканчивается строительство и вводятся в эксплуатацию три жилых дома (общее число квартир 128) с солнечным кондиционером холодопроизводительностью 30 000 ккал/ч.

По-видимому перспективным с точки зрения повышения эффективности использования оборудования является создание единых автономных систем солнечно-го отопления, охлаждения и горячего водоснабжения.

Сезонный характер сельскохозяйственного производства предопределяет благоприятные возможности использования в нем солнечной энергии, например, для водоснабжения пастбищ в пустынной и полупустынной местности. В Туркменской и Узбекской ССР разработаны системы гелиоопреснителей. Созданы экспериментальные образцы солнечных опреснителей, которые прошли опытно-промышленную проверку, разработаны и опробованы гелиотеплицы с аккумулярованием тепла в грунте, позволяющие при температуре наружного воздуха до -15°C обходиться без топливного дублера и экономить до 70% топлива, расходуемого в обычных теплицах.

Расчеты показывают, что в целом по стране для экономии, например, 1 млн. т условного топлива требуется $6 \div 7$ млн. m^2 солнечных коллекторов с расходом около 60 тыс. т алюминия для коллекторов с алюминиевыми панелями, или 75 тыс. т стали для коллекторов со стальными панелями.

Уже разработана и освоена технология изготовления основных элементов солнечного коллектора — нагревательных панелей. В марте 1978 г. сдан в эксплуатацию первый в стране специализированный завод гелиотехнической аппаратуры в Узбекской ССР (Бухарская область) с проектной производительностью 30 тыс. m^2 солнечных коллекторов в год.

В СССР рассматриваются также возможности преобразования солнечной энергии в электрическую с использованием как фотоэлектрического, так и термодинамического методов преобразования. В настоящее время успешно эксплуатируются в опытном порядке около 60 фотоэлектрических источников питания. Основная задача в этой области состоит в значительном (не менее чем на два порядка) снижении стоимости

фотопреобразователей. Разработана схема солнечной паротурбинной электростанции и начаты проектные проработки. зации совместной спасательной службы на Балтике, в обеспечении чистоты ее вод и др.

Активно ведутся исследования в области отечественной высокотемпературной гелиотехники, направленные на реализацию различных высокотемпературных технологических процессов в «солнечных печах». Хотелось думать, что предлагаемая советскому читателю книга Свена Уделла станет еще одной, пусть небольшой, вехой на пути к укреплению сотрудничества, в частности, в освоении энергии Солнца. Взаимный обмен опытом разработки этой проблемы и пропаганды путей ее решения среди самых широких кругов читателей, включая и школьников, несомненно, послужит научно-техническому прогрессу.

До последнего времени эти исследования проводились с помощью прожекторных зеркал диаметром до 2 м. В 1978 г. в Армянской гелиолаборатории Министерства электротехнической промышленности СССР (г. Ереван) введена в действие «солнечная печь» с параболическим зеркалом диаметром 10 м и гелиостатом при вертикальном расположении оптической оси параболического зеркала. В этой же лаборатории в течение ряда лет ведутся успешные работы по созданию установок и разработке методик ускоренных испытаний различных материалов (изоляционных, текстильных, строительных, лакокрасочных и др.) на так называемое световое старение.

Упомянутые здесь и другие направления в развитии гелиотехники возникли в нашей стране не сегодня. Еще в 30-е годы нашего века под руководством профессора Б. П. Вейнберга были разработаны методы расчета и практически созданы первые эффективно действующие аппараты, использующие солнечную энергию для нагрева, кипячения и опреснения воды, получения пара и других целей. Далее работы развивались академиком Туркменской ССР В. А. Баумом, членом-корреспондентом АН СССР Н. С. Лидоренко, профессором А. П. Лансманом.

И в настоящее время Советское правительство уделяет большое внимание вопросам солнечной энергии. Работу по этой проблеме активно ведут академик В. А. Кириллин, член-корреспондент АН СССР Д. И. Жимерин, академик А. Е. Шейндлин, профессор Э. Э. Шильрайн. Большой вклад в решение этой проблемы вносит Министерство энергетики и электростанций (Институт им. Г. М. Кржижановского, Институт высоких температур АН СССР и ряд проектных организаций и промышленных предприятий).

Приведенный выше краткий обзор позволяет сделать вывод о том, что проблема использования солнечной энергии нашла отклик во всех государствах.

У Советского Союза и Швеции традиционные добрососедские, дружеские отношения. Они проявляются во многих аспектах — в торговле, в органи-

*Доктор технических наук
В. А. БАШКАТОВ*

Введение

На земле не существует неисчерпаемых источников энергии, которые являлись бы причиной возникновения и развития, а также образования ряда косвенных источников энергии. Человек открыл множество способов производства энергии и ими широко пользуется. Время покажет, какой из них решит проблему постоянно растущих потребностей человека в энергии. Может быть, это будет какой-либо комбинированный источник?

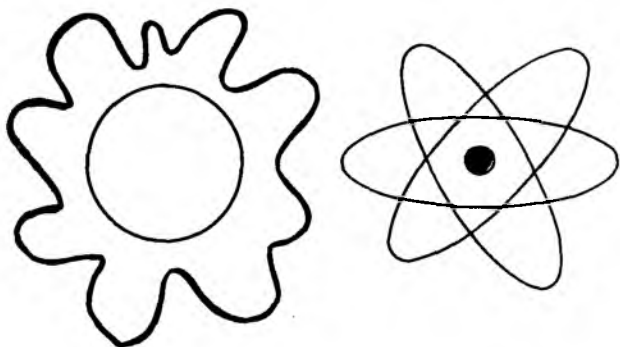
Еще в середине XIX в. Швеция представляла собой страну, большая часть населения которой проживала в сельской местности и только 10% жили в городах. В этот период люди испытывали потребность в энергии прежде всего как источнике тепла и света, и эти потребности покрывались за счет лесных богатств. Потребности промышленности в энергии покрывались за счет использования водяных колес и ветряных мельниц. Лошадь долгое время заменяла трактор и другие машины и была универсальным двигателем.

Солнечная энергия — в прямой или косвенной форме — давно уже использовалась человеком.

Все более развивающаяся промышленность повлекла за собой потребности в новых, легко доступных источниках энергии. Начались поиски. Сначала обнаружили каменный уголь, позднее — нефть. Именно они обеспечили бурное развитие промышленности и транспорта, которые развиваются и сегодня... Однако ни одного из этих источников энергии нет в Швеции, и, следовательно, они должны ввозиться. Поэтому естественным стало строительство в стране гидростанций.

Все эти виды энергии в косвенной форме являются солнечной энергией.

Развитие промышленности между тем продолжалось. Потребности в энергии все более возрастали. Мы с беспокойством заметили, что некоторые источники энергии, несколько десятилетий назад считавшиеся неисчерпаемыми, начинают иссякать. Если еще 100 лет назад мы работали, заботясь только о дне сегодняшнем, то теперь мы работаем, думая о будущем. Благодаря исследованиям ранее, казалось бы,



никчемные химические элементы сейчас стали тем, что рассматривается как средство спасения человечества от энергетического голода.

Население Швеции значительно возросло. В 1850 г. эта цифра составляла 3,5 млн. человек, а в 1974 г. — уже 8,1 млн. человек. Цифра роста населения отражает большую часть наших растущих потребностей в энергии. Приходится часто говорить об источниках энергии, ибо мы ее потребляем. Это не совсем верно, так как энергия не появляется ниоткуда и не исчезает бесследно. **Строго говоря, мы не расходует энергию, а превращаем ее.** Мы превращаем одну форму энергии, например потенциальную, в другую — энергию движения, или тепловую.

Второй закон термодинамики гласит: тепло не может само по себе передаваться от более холодного к более теплomu предмету, или в другой формулировке: энтропия Вселенной (т. е. ее «беспорядок») постоянно увеличивается.

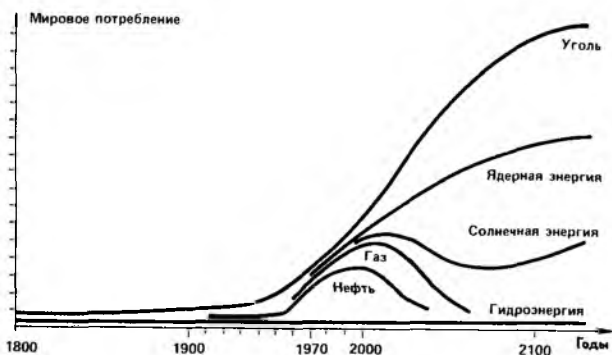
Если все же невозможно целиком использовать энергию, то можно весьма легко ее извлечь за счет уменьшения качества; чтобы выделить энергию, необходимо наличие какой-либо разницы в среде: разницы температур, высот и т. д.

Пример: Камень, лежащий на Земле, не обладает потенциальной энергией по отношению к Земле. Если же камень поднят над поверхностью, он обладает определенной потенциальной энергией по отношению к Земле. Эта энергия будет преобразована в работу, если камень упадет на Землю.

Общественное потребление энергии — это та энергия, качество которой мы уменьшаем в различных процессах. На практике это означает, что в результате каких-то преобразовательных процессов мы получаем тепловую энергию столь низкого качества, что уже не сможем извлечь из этого никакой пользы

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ

Диаграмма представляет собой попытку сделать прогноз на возможные предстоящие потребности в энергии и то, как эти потребности могут покрываться за счет различных источников энергии. Ежегодно по-



требление энергии (ее рост) составляет $4,5\%$. Это означает, что в течение 15 лет ее потребление удваивается. Если рост потребления будет продолжаться без изменений, то к 2000 г. оно возрастет вчетверо. Возникает вопрос: насколько такое развитие желательное?

Из диаграммы вытекает также, что ныне надо серьезно считаться с тем, что отдельные источники энергии, прежде всего нефть и природный газ, должны иссякнуть. Поэтому в будущем нам придется использовать такие источники, о которых сейчас известно немного.

В 1975 г. парламент утвердил энергетический план, согласно которому, в частности, необходимо ограничить рост потребления энергии в стране на 2% .

Потребление энергии

Мы привыкли к тому, что с наступлением темноты включаем свет, что ездим на автомобиле, в поезде и когда на улице холодно — предпочитаем находиться в теплом помещении.

Мы часто не задумываемся над тем, что каждый раз, когда пользуемся освещением, средствами транспорта и т. д., мы расходует энергию. Во многих случаях затраченную энергию восстановить невозможно. Весьма важно в этой связи, чтобы мы пользовались энергетическими ресурсами экономно и целенаправленно.

Наше расходование энергии иллюстрируется круговой диаграммой.



Общее потребление энергии составило в

1973 г. — 428,7 млрд. кВт · ч;

1974 г. — 405,4 млрд. кВт · ч;

1975 г. — 418,8 млрд. кВт · ч.

Таким образом, общее потребление электроэнергии в 1974 г. было несколько меньше, чем в 1973 г., объясняется это рациональным расходованием и экономией. Следовательно, возможна экономная и рациональная трата энергоресурсов.

В литературе по энергетике используются большие цифры, поэтому необходимы сокращения:

10^{12} , сокращенно Т — тера — 1 000 000 000 000

10^9 , сокращенно Г — гига — 1 000 000 000

10^6 , сокращенно М — мега — 1 000 000

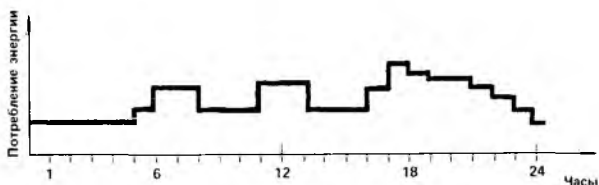
10^3 , сокращенно к — кило — 1 000

ИЗМЕНЕНИЯ В ПОТРЕБЛЕНИИ

Наши потребности в электроэнергии изменяются во времени. Выделим несколько периодов в нашей жизни — сутки, неделю, год.

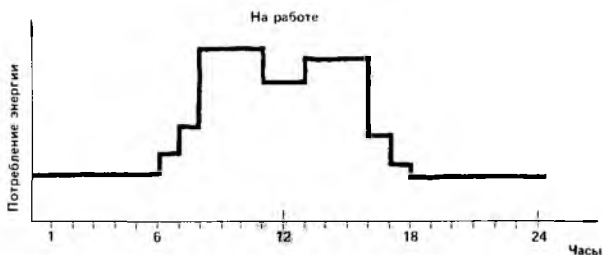
СУТКИ

Наша потребность в энергии изменяется в течение суток частично от того, в каких условиях мы живем, и частично от нашей работы. С 6 до 8 ч утра мы



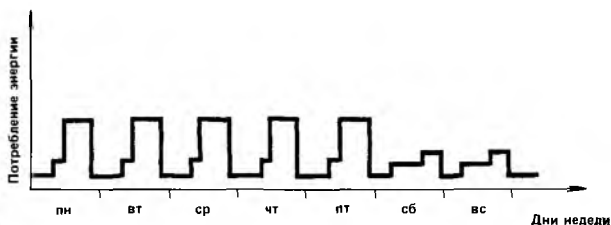
встаем и готовим завтрак. Второй завтрак часто бывает с 11 до 13 ч, в 16 ч — обед. Затем вечером мы смотрим телевизор и слушаем радио. Во время популярной телевизионной программы потребление энергии повышается. Как правило, все время работают системы теплоснабжения. Отопление наиболее интенсивно зимой и наименее — летом (практически равно нулю).

Начинаем работу и включаем оборудование и машины между 6 и 8 ч, а в 11—13 ч делаем перерыв. Ночью также работает часть машин, но энергия больше необходима для отопления



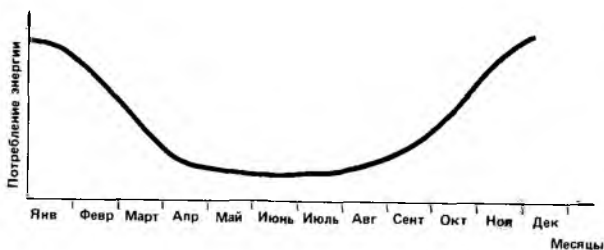
НЕДЕЛЯ

Потребление энергии в течение недели складывается из пяти суток, в субботу и воскресенье потребление энергии низкое.



ГОД

Летом обычно светлее и теплее, а в июле мы, как правило, находимся в отпусках. Это означает, что общие потребности энергии низки. Зимой, напротив, высоки.



ЭКОНОМИЯ

Мы живем в обществе, потребности в энергии которого очень велики. Нефтяной кризис 1974 г. продемонстрировал, насколько ранимо наше общество. Различные влияния извне, случайные события могут привести к тому, что привычный образ жизни серьезно изменится. Поэтому наша цель — быть независимыми от источников энергии, поставляемых из-за рубежа.

В этом случае, вероятно, мы должны использовать такие источники энергии, которые на сегодня представляются несколько необычными, и одновременно должны эффективно экономить.

Потребление энергии — это такая область, в которой весьма сложно провести быстрые и решительные изменения. Снабжение энергией и ее потребление связаны с дорогостоящим оборудованием и длительным периодом эксплуатации. Элементы снабжения и потребления нельзя заменять без больших материальных затрат, даже если эксплуатация со временем сделала их ветхими и дорогими в использовании.

Транспортировка связана с имеющимися в наличии транспортными средствами. Переход к коллективной транспортировке требует времени. При этом экономичные двигатели еще только разрабатываются.

В промышленности тоже возможна экономия энергии, например переход к процессам, требующим меньших затрат энергии. Имеется возможность использовать теплорегуляторы и в других целях, например для отопления домов.

Среди обслуживающего персонала районных и городских систем отопления следовало бы провести серию мероприятий по экономии. Необходимы теплоограничители при строительстве новых зданий, лучшая изоляция старых, а также уход за уже имеющимся теплооборудованием. Все эти меры должны снизить потребление энергии.

Вот несколько способов сохранения тепла. Пять первых стоят всего несколько крон в пересчете на 1 м² поверхности, но дают очень хороший эффект:

1. Улучшение КПД у отопительного котла.
2. Несколько уменьшенная температура внутри дома
3. Уменьшенная циркуляция воздуха.
4. Ограничение потребления горячей воды.
5. Дополнительная изоляция ветровых балочных рам.
6. Дополнительная изоляция внутренних стен, расположенных непосредственно над поверхностью Земли.
7. Замена двухрамных окон трехрамными.

Источники энергии

ОТКУДА БЕРЕТСЯ ЭНЕРГИЯ?

На схеме видно, какими источниками энергии мы пользуемся. В промышленно развитом обществе преобладают и будут в дальнейшем использоваться следующие источники: ископаемое топливо (такие, как уголь и нефть), гидроэнергия, уран. Попробуем изучить свойства этих источников энергии. Получение энергии из ископаемого топлива и гидроресурсов по сути своей представляет высвобождение накопленной солнечной энергии.



Уран — химический элемент, выделяющий тепло при расщеплении. Таким образом, накопление и получение ядерной энергии не связаны с солнечной деятельностью.

НЕФТЬ

Животные и растения появились в теплых морях примерно 10—400 млн. лет назад¹. Органическая масса от погибшей флоры и фауны скапливалась на дне и в результате длительного процесса превращалась в

¹ Первые признаки жизни появились на Земле 2-3 млрд. лет назад. БСЭ, т. 21, ст. «Происхождение жизни». (Прим. ред.)

нефть. Сырая нефть — это главным образом химическое соединение углерода и водорода, так называемая смесь углеводородов.

Наиболее богатые месторождения нефти находятся в США, Канаде, Венесуэле, Советском Союзе, в странах Персидского залива — Саудовской Аравии, Иране, Кувейте, Ираке, а также в Северной Африке.



Все нефтепродукты, используемые в Швеции, представляют собой импорт из Советского Союза и стран Персидского залива. Последние годы интенсивная разведка месторождений нефти ведется и в Швеции. Некоторое ее количество было обнаружено на острове Готланд, и надежды на обнаружение больших запасов нефти связаны в первую очередь с районом Балтийского моря. Сырая нефть измеряется баррелями (1 баррель = 159 л). Примечательно, что Швеция является третьей страной в мире по потреблению энергии на душу населения и первой в мире по потреблению нефти.

Нефть — это накопленная солнечная энергия.

УГОЛЬ

Уголь образовался из обильных отложений растительности, богатых органическими соединениями, этот процесс начался на Земле примерно 350 млн. лет назад. Отложения спрессовались большим давлением и

окаменели. Уголь состоит из летучих, легковоспламеняющихся органических элементов, которые при сгорании оставляют пепел и золу. Имеется несколько видов угля: бурый, каменный и антрацит. Наименьшая энергия заключена в буром угле, наибольшая — в антраците.



Наиболее значительные месторождения угля расположены в США, Канаде, Европе, Советском Союзе и Австралии. В Швеции уголь добывается в небольших количествах прежде всего в губернии Сконе, но основная часть потребностей в угле удовлетворяется за счет импорта из Польши. В Швеции использование угля значительно сократилось после второй мировой войны. Уголь — ископаемый источник энергии с наибольшими запасами в земле. **Уголь — это накопленная солнечная энергия.**

ВОДА

Вода встречается в стране в больших количествах в виде грунтовых вод. Однако вода атмосферных осадков не представляет интереса с точки зрения получения энергии. Наибольшее количество осадков выпадает в горных районах, в отдельных местах их уровень достигает 2500 мм в год. В равнинных районах Южной



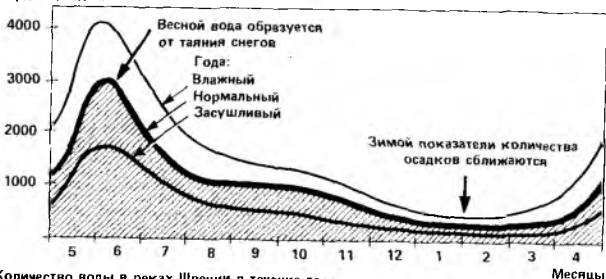
Солнце регулирует круговорот воды

Швеции уровень осадков составляет 400 мм в год. На севере большая часть осадков в течение длительного периода времени ложится снежным покровом. Накопленные массы снега летом тают, и вода интенсивно стекает вниз.

Кругооборот воды в природе состоит из следующих циклов: выпадение осадков — стекание вод — испарение. Этот процесс регулируется солнцем.

Чем дальше на севере расположена река, тем меньше воды в ней зимой и тем больше в период половодья. Наименьшее количество воды в реках Швеции приходится на период декабрь — март. Однако в это время наши потребности в энергии наибольшие. Это видно из схемы на стр. 25. Необходимо накапливать избыток воды в специальных накопителях и использовать ее в будущем по необходимости. Поступление воды следует регулировать в соответствии со временем года.

млрд. ГВт/неделя



Количество воды в реках Швеции в течение года. Масса воды по схеме подсчитана таким образом, что это соответствует производству энергии

Паросиловые станции

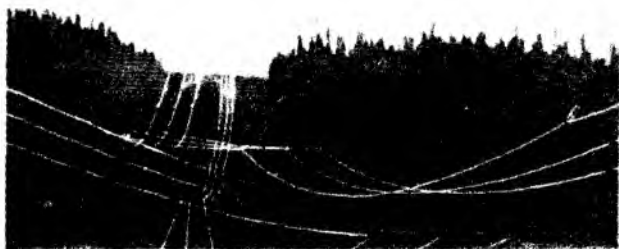
Некоторые шведские города, например Мальме и Норчепинг, отапливаются при помощи центральных систем теплоснабжения. Это означает, что вода нагревается в теплоцентрали и затем по трубам доставляется к потребителю.

Ограничение в поступлении электроэнергии чаще всего случается от станций, работающих на нефти. Такие станции запускаются в том случае, когда запасы воды недостаточны. Эти два вида энергии (тепловая и электрическая) вырабатываются станциями, работающими на угле или нефти.

Если электростанция вырабатывает только электроэнергию, ее называют конденсирующей электростанцией. Если станция вырабатывает только тепловую энергию, она называется станцией с противодавлением. Тепловую и электрическую энергии можно вырабатывать одновременно, т. е. комбинировать в одном сооружении.

Работа электростанции основана на сгорании нефти или углерода, выделенной энергией вода превращается в пар. Пар вращает турбину, которая, в свою очередь, приводит в движение генератор, вырабатывающий электричество.

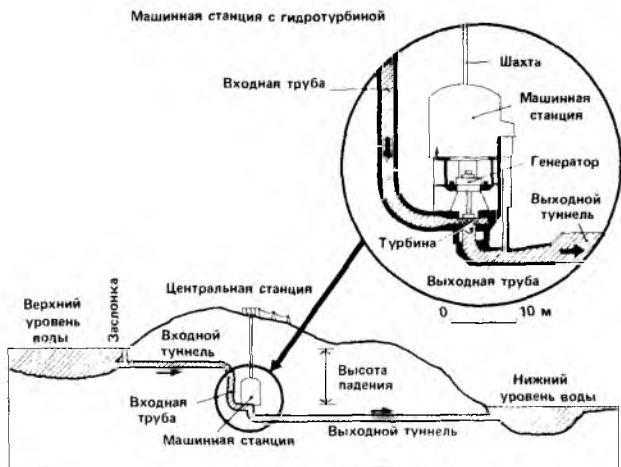
Паросиловые станции начали строить в конце 60-х годов. Гидростанции до этого были столь распространены, что их дальнейшее строительство наталкивалось на определенное противодействие со стороны местного населения и со стороны администрации, отвечающей за охрану окружающей среды. Нефть была дешевой, и ее использование представлялось выгодным.



Гидроэнергия (ГЭС)

Гидроэнергия имеет важнейшее значение для Швеции. В гидроэлектростанциях потенциальная энергия воды преобразуется в энергию вращения турбины. Турбина соединена с генератором, который преобразует энергию движения в электрическую.

Эффект действия ГЭС прямо пропорционален количеству воды, которая проходит через турбину, и высоте падения воды, поэтому машины ГЭС часто устанавливают в горах. При малых и средних высотах падения воды (около 50—60 м) используются, как правило, клапан-турбины с регулируемыми турбинными лопатками.



При высоте падения свыше 50—60 м применяют турбины с жестко закрепленными турбинными лопатками. В обоих случаях генератор крепится горизонтально и непосредственно соединен с турбиной.

В Швеции около 1000 гидроэлектростанций, 400 из них имеют мощность чуть более 1 МВт, 166—10 МВт, 124—20 МВт.

Крупнейшие ГЭС Швеции:

Название	Река	Мощность, МВт	Производительность, Гвт/год
Летси	Лула	450	1770
Стурнорр-форс	Ума	410	2020
Харспронтет	Лула	330	2080
Транслет	Дальэльвен	330	770

На сегодняшний день мы получаем от наших ГЭС 57 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. Эта цифра могла бы через несколько лет достигнуть 61 млрд. кВт·ч в год при условии, что все наиболее значительные электростанции будут введены в эксплуатацию. Парламент принял решение не превышать выработки энергии в 66 млрд. кВт·ч в год.

Государственное управление гидроэлектростанций сделало подсчеты, согласно которым можно было бы построить еще несколько станций и получать от них 30 млрд. кВт·ч электроэнергии. Следовательно, общая мощность электростанций, которая практически могла бы использоваться, составляет примерно 87 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. По соображениям охраны окружающей среды на некоторых реках ГЭС не строятся, например на реках Каликс, Пите, Виндель, а также Торне-Муонио.

Наибольшее количество электростанций расположено на реках северных районов страны. Большая часть потребителей находится в Средней и Южной Швеции, это диктует необходимость передачи электроэнергии при помощи линий электропередач высокого напряжения.

ВЫВОДЫ

Нефть и уголь являются органическими видами ископаемого топлива, в их формировании активное участие принимала энергия Солнца.

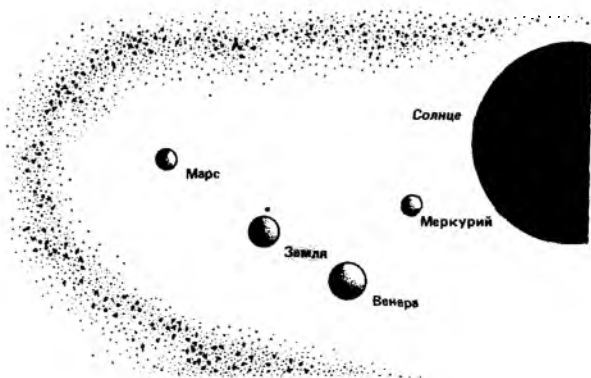
При сжигании нефти и угля расходуется накопленная солнечная энергия.

Уран является химическим элементом.

Независимо от того, какой источник энергии мы используем — нефть, уголь, уран или воду, в любом случае мы должны привести в движение электрический генератор.

Солнце

Солнце — ближайшая, расположенная к Земле звезда, центр Солнечной системы, состоит приблизительно из 100 млрд. звезд. Наблюдатель с Земли видит их как белесую полосу, пересекающую звездное небо почти по кругу, — это так называемый Млечный Путь.



ФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Расстояние от Солнца до Земли составляет примерно 149,5 млн. км. Наименьшее расстояние 147,1 млн. км — в январе, наибольшее — 152,1 млн. км — в июле. Солнце имеет форму шара ровной поверхности, его диаметр составляет примерно 1 392 000 км. Это расстояние в 109 раз больше диаметра Земли, или в 3,6 раза больше расстояния от Луны до Земли.



ДВИЖЕНИЕ

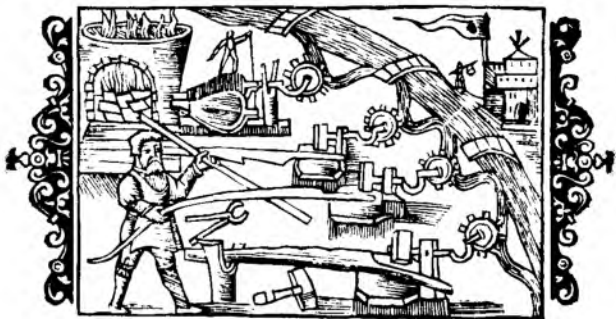
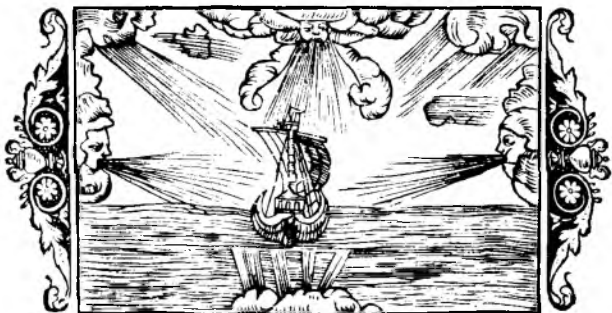
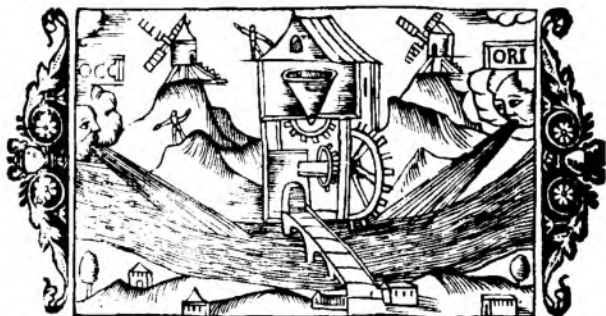
Из-за движения Земли вокруг своей оси наблюдателю с Земли представляется, что Солнце движется с востока на запад. Аналогично, из-за движения Земли вокруг Солнца наблюдателю кажется, что Солнце движется среди звезд с запада на восток.

В действительности Солнце с другими планетами движется по орбите в направлении созвездия Геркулес. Одновременно Солнце с планетами и другими звездами принимает участие в движении вокруг своего центра — Галактики. Солнце находится на расстоянии 26 тыс. световых лет от центра Галактики, вероятно, в одном из ответвлений звездной системы.

СТРОЕНИЕ

Так же, как и другие звезды, Солнце представляет собой раскаленный газ. В его составе 82% водорода и 17% гелия, остальные элементы составляют 1%. Возможно, на Солнце имеются и другие химические элементы в тех же пропорциях, что во Вселенной и на Земле.

Внутри Солнца существует область высокого давления, где температура достигает 15—20 млн. градусов. Светящаяся поверхность, которую мы рассматриваем сквозь очки (при наблюдениях всегда следует пользоваться очками с цветным стеклом или сложенной в несколько слоев негативной пленкой), называется фотосферой — температура ее достигает 6000°C. Вокруг нее образуется тонкая газообразная масса — хромосфера, которая, в свою очередь, окружена еще более тонким слоем газообразной массы, называемой короной Солнца. При полном солнечном затмении корона выглядит как светящийся венок вокруг Солнца. К сожалению, в Швеции можно будет наблюдать полное затмение Солнца только в 2126 г. На поверхности Солнца происходит процесс постоянного движения. Это движение мы можем наблюдать с Земли. Темные районы — солнечные пятна, их температура на 1—2 тыс. градусов ниже температуры фотосферы.



СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

Незначительное содержание кислорода на Солнце приводит к тому, что процесс горения в его обычном понимании невозможен. Та колоссальная энергия, которая накапливается на Солнце, вырабатывается от взаимодействия химических элементов. Водород взаимодействует с гелием с последующим выделением энергии синтеза.

В процессе образования энергии Солнце теряет в своей массе 43 кг в секунду. Если бы Солнце светило непрерывно в течение 10 млрд. лет, то за это время оно потеряло бы в массе всего 0,07%. Пока имеется водород, такая картина может продолжаться, согласно подсчетам, непрерывно в течение 10 млрд. лет.

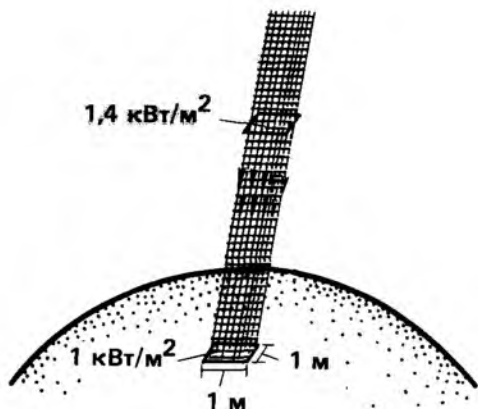
Солнечные лучи

Солнечные лучи, которые достигают поверхности Земли, подразделяют на два вида: прямые и рассеянные.

Прямые солнечные лучи — это, как видно из названия, лучи, которые непосредственно с поверхности Солнца достигают поверхности Земли. Мощность прямого солнечного излучения зависит от чистоты (ясности) атмосферы, высоты Солнца над линией горизонта (зависит от географической широты и времени дня), а также от положения поверхности по отношению к Солнцу.

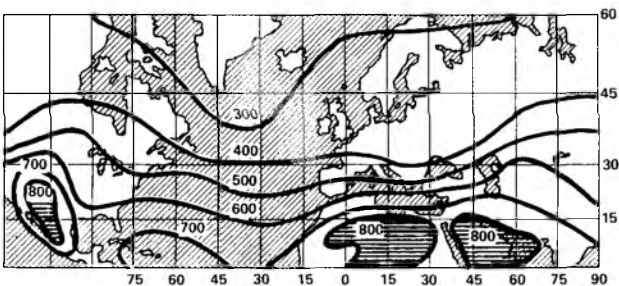
Рассеянные солнечные лучи поступают из верхних слоев атмосферы и зависят от того, каким образом прямые солнечные лучи отражаются от Земли и окружающей среды. Благодаря повторяющемуся процессу отражения между покрытой снегом поверхностью Земли и нижней стороной облаков мощность рассеянного солнечного излучения может достигать больших значений.

Солнечные лучи несут с собой неиссякаемый поток энергии. Они постоянно доставляют на Землю большее количество энергии, чем нам сегодня необходимо



Плотность солнечных лучей в космосе равняется примерно $1,4 \text{ кВт/м}^2$. Из них около 30% отражается назад в космос, так и не достигнув Земли. На поверхности Земли плотность солнечных лучей составляет 1 кВт/м^2 . Солнечная энергия, достигая поверхности Земли, несет с собой тепло, испаряет воду, образует ветер и движение воды в морях, дает жизнь растениям.

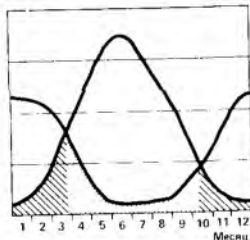
Та солнечная энергия, которая непосредственно не поглощается на Земле, отражается в космос. Земля находится в постоянном тепловом балансе с окружающей ее средой. Если бы этого не происходило, то Земля нагревалась бы все сильнее и в результате всякая жизнь на ней оказалась бы невозможной. На схеме показано ежегодное излучение солнечной энергии. Как видно, наиболее жаркие места Северного полуша-



рия расположены в юго-западной части США, Сахаре и вокруг Персидского залива. В этих местах годовое излучение солнечной энергии составляет 800 относительных единиц. На Швецию и Северную Европу приходится годовое излучение, равное 400 относительных единиц, т. е. половина того, что приходится на наиболее жаркие места на Земле. Существует определенная разница в количестве солнечной радиации между северным и южным районами Швеции. Можно отметить, что для района Лулео (Северная Швеция) в декабре и январе степень солнечного излучения падает до нуля.

Запасы энергии велики, если не сказать, неограничены. Проблема заключается в том, что мы получаем наибольшее количество солнечной энергии летом, т. е. в то время, когда меньше всего в ней нуждаемся. Зимой же, когда нам требуется большое количество энергии, Солнце светит только короткое время днем, да и то под низким углом.

Ситуация такова: летом — большое количество энергии — малые потребности. Зимой — незначительное количество энергии, но, напротив, огромные потребности. Ответ прост: надо накапливать энергию летом и использовать ее зимой. Как это сделать? Проведены



большие исследования с тем, чтобы найти верный путь. Предложены два вида накопления. Во-первых, накопление тепла с помощью, например, солнечных панелей. В этом случае мы хотим сохранить тепло в течение нескольких дней, возможно, недель. Во-вторых, накопление энергии, когда нам необходимо перетранспортировать запасы ее из одного времени года в другое, — это общенациональная проблема.

Несколько упрощая, можно сказать, что перенос запаса энергии из одного времени в другое — это проблема накопления энергии.

На диаграмме (стр. 22) показаны наши потребности в энергии, а на схеме (стр. 38) — количество поступающей к нам солнечной энергии. Если бы удалось на 100% использовать солнечную энергию по нашим потребностям в летнюю половину года, то и тогда, несмотря ни на что, мы могли бы истратить лишь незначительную часть падающего на Землю солнечного излучения (полностью затушеванная площадь на диаграмме, см. стр. 39).

В зимнюю половину года наши потребности в энергии велики, их можно лишь частично покрыть за счет энергии Солнца.

Для Швеции было бы хорошо компенсировать то незначительное количество энергии, которое мы используем в летнюю половину года энергией, полученной непосредственно от Солнца или энергией ветра. Это бы позволило экономить много гидроресурсов и нефти, используемых для получения энергии в летнее время. И было бы еще лучше, если мы получим возможность складировать часть того количества энергии, которое получаем в течение летнего полугодия.

В различное время года Солнце находится на разном расстоянии от Земли. Летом в 12 ч дня Солнце находится в наивысшей точке. Зимой же Солнце едва поднимается над линией горизонта.

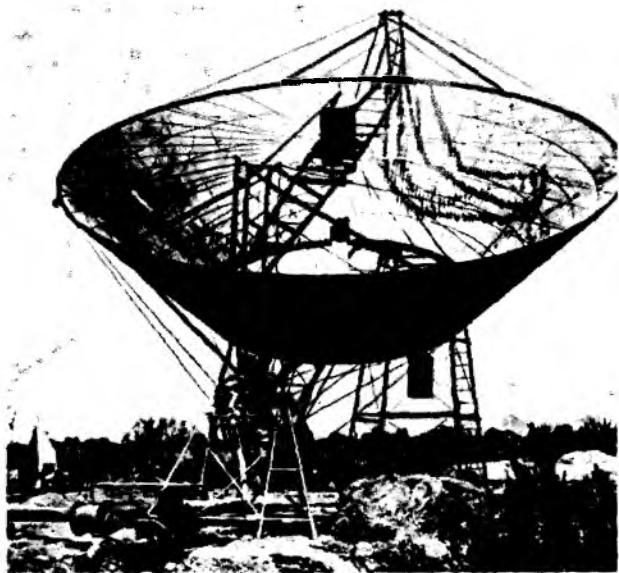
Мысль отапливать жилые помещения при помощи Солнца не нова. Одно из старейших, сохранившихся до сих пор сооружений, которое наглядно демонстрирует, как люди практически использовали энергию Солнца, находится в штате Аризона (США). Монтезума Кастил до сих пор является единственным, возможно, одним из лучших теплорегулирующих строений. Оно размещено внутри обширной нависающей скалы из белого камня у южной стены. В летние жаркие месяцы передняя сторона здания заслонена полностью нависающей скалой. Стены не нагреваются падающими



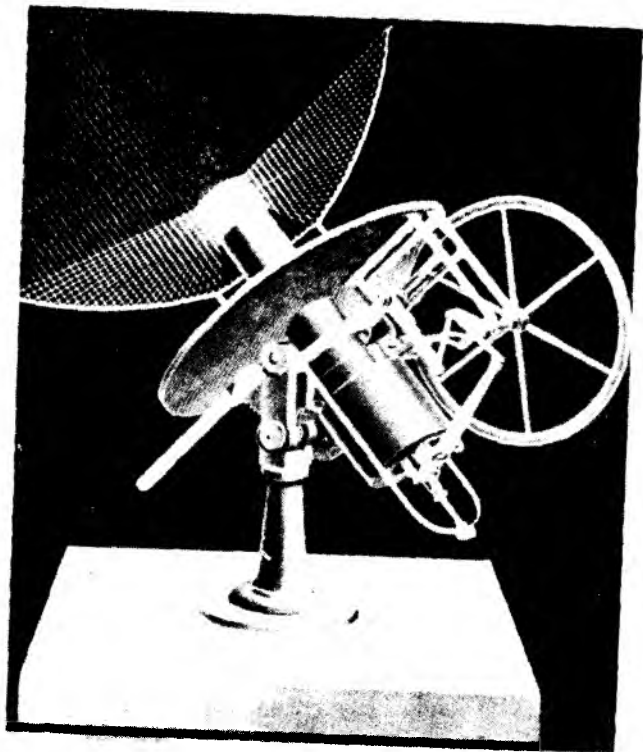
прямыми солнечными лучами, и в комнатах на всех семи панелях дома прохладно. Зимой же, когда Солнце стоит низко, передняя стена здания полностью принимает прямые падающие лучи и их энергию. Передняя сторона здания нагревается, пока светит Солнце, и после его захода тепло еще долго продолжает сохраняться.

Исследованиями установлено, что Монтезума Кастрл начал строиться в VII в. и по неизвестным причинам здание было оставлено людьми в 1300-е годы. Там вновь появились люди только в 1600-е годы, когда первые испанцы из Мексики достигли берегов Аризоны и Калифорнии.

В 1901—1904 гг. начала действовать солнечная электростанция. По внутренней стороне рефлектора располагалось 1000 зеркал. Они отражали и концентрировали солнечную энергию на котел (кипятильник). Рефлектор автоматически повторял движение Солнца по небу. Эта станция использовалась для накачивания воды к искусственно орошаемому району.

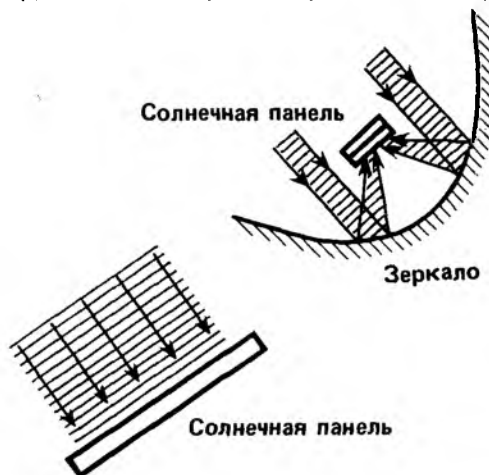


Уже в конце XIX в. был проведен эксперимент с машиной, работающей на солнечной энергии. Шведский изобретатель Эрикссон представил модель солнечной машины, которая, однако, не нашла практического применения. Но она послужила прообразом для создания других машин такого же рода.



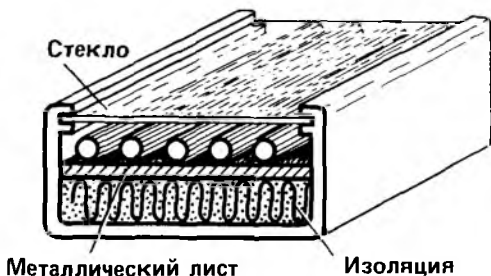
Солнечные панели — поглотители Солнца

Солнечная панель и поглотитель Солнца — суть одно и то же. В них поглощается энергия Солнца и преобразуется в тепловую. Существует несколько их видов. Наиболее распространенная солнечная панель — плоская, в которой энергия солнечного излучения попадает непосредственно на поверхность панели. Есть конструкции, где энергия излучения концентрируется



сферическим зеркалом, в фокусе которого расположена панель, — это так называемый фокусирующий поглотитель. Фокусирующий поглотитель, видимо, наиболее экономичен и наиболее приемлем для крупных сооружений. Этот вид панелей в настоящее время проходит испытания в США и будет использован в ближайшие годы.

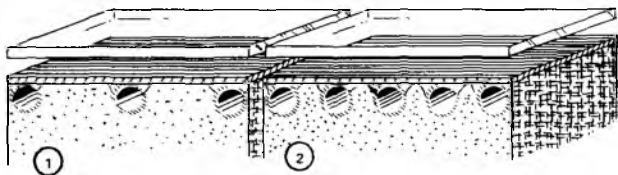
Солнечная панель состоит из коллектора — зачерненной металлической поверхности, внутри которой располагаются трубы с циркулирующей в них жидкостью. Коллектор помещен внутри ящика, закрытого стеклом и изоляцией на задней стенке. Через коллектор солнечной панели проходит жидкость или воздух, там



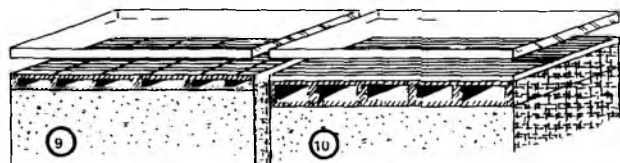
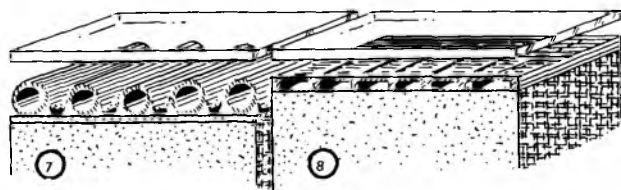
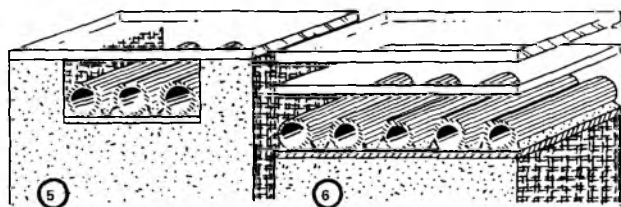
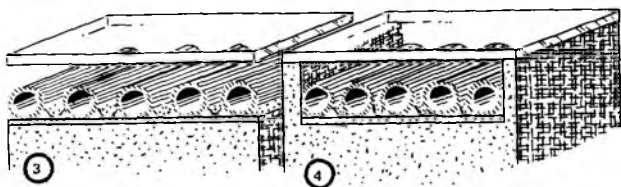
нагревается и поступает для непосредственного использования, например для нагревания комнаты, или в ванную и туалетную комнату для накопления. Жидкость самоциркулирует или накачивается через коллекторные трубы.

Солнечная энергия, попадающая на зачерненную металлическую поверхность, преобразуется, как уже сказано, в тепловую, но может также отражаться от передней стороны металлической поверхности или поглощаться задней стенкой. Низкий КПД — это недостаток такого использования солнечной падающей энергии. Необходимо придать солнечной панели такую форму, чтобы максимально полно улавливать солнечную энергию.

Для того чтобы избежать отражения лучей от металлической поверхности, на передней стенке панели помещается стекло. Это, конечно, несколько уменьшает количество получаемой энергии, но зато улавливает ее лучше. Задняя стенка панели и боковые стенки изолируются минеральной ватой толщиной 50—100 мм. Слой ваты не прилегает плотно к стенкам, иначе тепло накопится в больших количествах на стенках и теплоизоляция может расплавиться. Предложим несколько вариантов конструкции солнечных панелей.



Второй вариант панели лучше, чем первый, так как трубы уложены ближе одна к другой и тепло легче передается жидкости. Третий вариант лучше, чем второй, так как трубы расположены на металлической поверхности непосредственно под Солнцем, поэтому сохраняется тепло, поступившее и на металлическую поверхность.



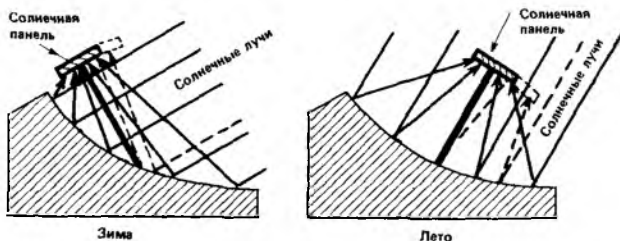
Толстый слой изоляции на металлической поверхности в данном случае будет вреден. Больше пользы, если поверхность собирает солнечную энергию.

В отдельных случаях шестой вариант лучше, чем седьмой, иногда наоборот, восьмой вариант лучше, чем седьмой, так как жидкость циркулирует непосредственно под поглощающей теплоту металлической поверхностью. Девятый вариант лучше, чем десятый, так как коллектор охлаждается при заходе Солнца или когда облака закрывают Солнце днем даже на короткое время.

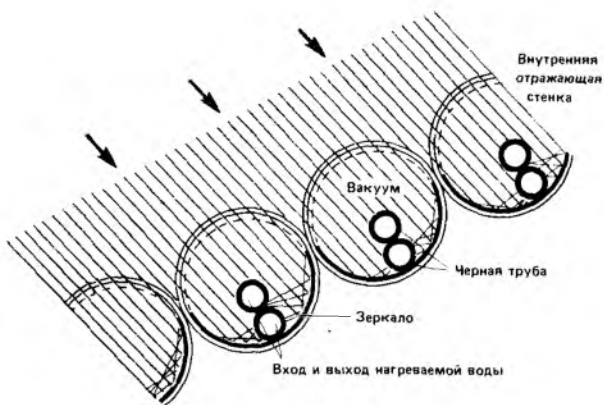
Коллектор с большой массой воды теряет большее количество тепла и может получить его в большем количестве, прежде чем начнет действовать.

ФОКУСИРУЮЩАЯ СОЛНЕЧНАЯ ПАНЕЛЬ

В фокусирующей солнечной панели энергия солнечного излучения фокусируется и концентрируется на небольшой поверхности, где достигаются очень высокие температуры.



На рисунке показана принципиальная схема солнечной панели, состоящей из зеркала и закрепленного на подвижной перегородке коллектора. Зеркальная поверхность имеет изгиб, который зависит от того, где и как помещается солнечная панель. Изгиб зеркала должен быть таким, чтобы солнечная энергия всегда падала на поверхность панели. Эта подвижная перегородка автоматически следует за движением солнца таким образом, чтобы сконцентрированная солнечная



энергия падала на коллектор, закрепленный на перегородке. В коллекторе циркулирует нагреваемая теплом жидкость.

На схеме показан принцип устройства фокусирующей солнечной панели. Каждый элемент панели представляет собой стеклянную трубу около 1 м длиной и 7 см в диаметре. В эту стеклянную трубу вложены две трубки. В них циркулирует жидкость. Солнечная энергия отражается зеркальной внутренней стороной большой трубы и концентрируется на две черные трубки.

Если внутри коллектора циркулирует обычная вода, то в зависимости от содержания в ней кислорода и других элементов (солей железа, хлора и извести) возникает проблема коррозии. Когда вода соприкасается с металлами, возникает та же проблема. Поэтому необходимо добавлять в воду средства, затормаживающие коррозию, например гликол.

В период холодных ночей солнечная панель может легко переохладиться, а с образованием льда коллектор будет поврежден. Гликол и антикоррозийные средства ядовиты, поэтому ими можно пользоваться только в закрытых системах.

Масло—это та жидкость, которая в многих случаях предотвращает коррозию и обледенение. Например, хорошо применять масла, используемые в электро-трансформаторах.

Сегодня еще неизвестно, когда появятся солнечные панели в широком применении. Видимо, это будет не ранее чем через 15—20 лет.

РАЗМЕЩЕНИЕ

Каким образом следует располагать солнечную панель с тем, чтобы получить от нее максимальный эффект? Вполне естественно, что панели в Северном полушарии должны быть повернуты в южную сторону. Время, в течение которого Солнце светит на панель, должно быть максимально продолжительным.

Наклон панели должен быть 10—15° плюс географическая широта места. Для Стокгольма, который лежит на 59-м градусе, наклон панели должен быть 70—75°. Во всяком случае весьма близко к вертикальному положению.

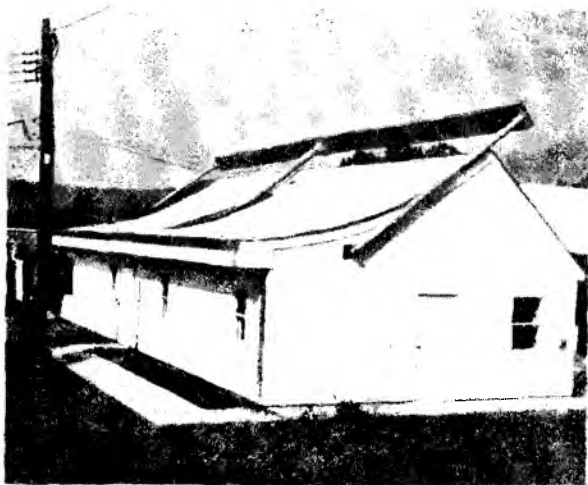
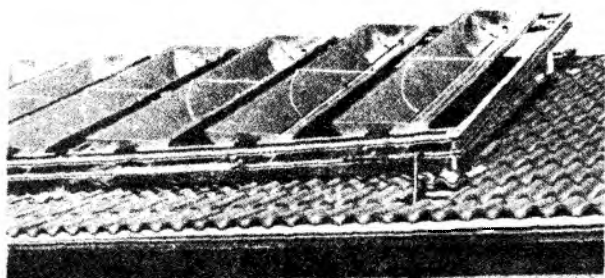
Поверхность панели принимает наибольшее количество солнечной энергии в том случае, когда она расположена перпендикулярно по отношению к падающим солнечным лучам.

Приведем таблицу, показывающую процентное отношение возможного падающего солнечного света на ровную поверхность, когда она поворачивается на некоторый угол.

Градус	Процент	Градус	Процент
0	100,0	50	64,3
5	99,6	55	57,4
10	98,5	60	50,0
15	96,5	65	42,3
20	94,0	70	34,2
25	90,6	75	25,8
30	86,6	80	17,4
35	81,9	85	8,7
40	76,6		
45	70,7		

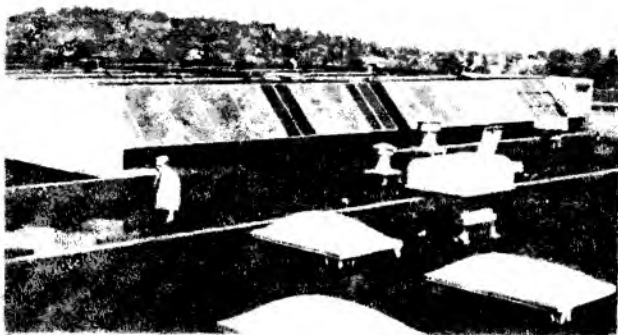
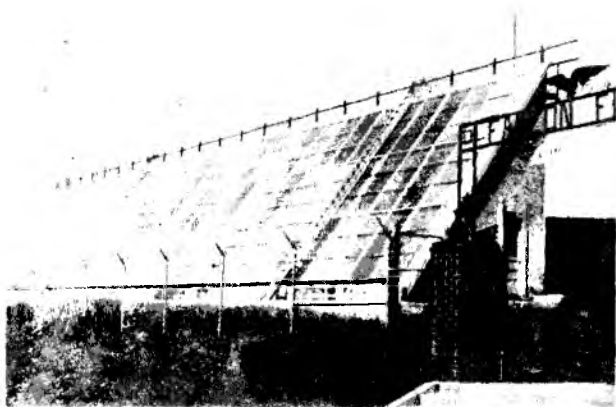
Из таблицы вытекает, что не столь важно, как точно установлен угол наклона поверхности. Если она наклонена под углом 25°, это соответствует тому, что мы

получаем более 90% энергии излучения Солнца. Это подтверждает то, что жесткозакрепленные солнечные панели могут дать хороший эффект. В процессе движения Солнца по небу соответственно изменяется угол



падения солнечных лучей. Наибольший эффект достигается в том случае, когда солнечная панель поворачивается за движением Солнца, при этом лучи всегда падают на нее перпендикулярно. Такой вариант весьма дорог и нерентабелен для применения в жилых домах.

Для школы в окрестностях Вашингтона было построено специальное здание. На южной стороне его размещались солнечные панели. В специальном отделении помещено все остальное оборудование, необходимое для этого: насос, теплообменник и накопитель тепла. Это здание построено несколько лет назад. Необходимы лестницы для того, чтобы время от времени протирать поверхность панели от грязи.



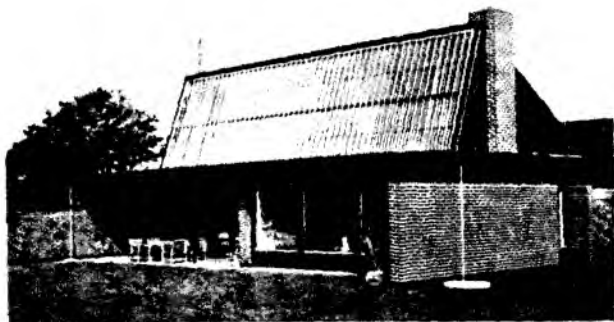
На фотографии — крыша школы в Тимониуме, недалеко от Балтимора, США. Она была одной из тех школ, которую выбрали для испытаний различных комбинаций солнечных сооружений. На крыше установлено несколько рядов панелей.

Первоначально все сооружение предназначалось только для нагревания, но позднее стало возможным использовать оборудование и для охлаждения воздуха в теплые дни. По северной стороне солнечных панелей закреплены зеркала таким образом, чтобы солнечная энергия могла эффективно восприниматься солнечными панелями. На этой фотографии изображена крыша расположенной на открытой местности виллы в Флагстаффе, штат Аризона, США.

В конструкцию крыши уложено 70 м^2 солнечных панелей для нагревания воздуха. Накопленное тепло поднимает температуру в каменном резервуаре объемом 30 м^3 до $55\text{—}65^\circ\text{C}$. Резервуар органически составляет северную сторону дома.

Подсчитано, что $75\text{—}80\%$ общей потребности дома в тепле покрывается за счет солнечной энергии, остальная — сжиганием топлива. Переход от использования солнечной энергии к газу осуществляется автоматически. Такая же вилла расположена к югу от Вашингтона. В конструкции крыши уложено около 75 м^2 солнечных панелей для нагревания жидкости. Нагретая до $90\text{—}150^\circ\text{C}$ жидкость накапливается в резервуаре объемом 15 м^3 , расположенном в погребе здания. От резервуара тепло нагревает воздух в комнате, нагреватель расположен под полом.

Осенью 1975 г. в Швеции был построен так называемый Терморк-хюсет в Люмхамне, к югу от Мальме. Это кирпичный дом с жилой площадью 150 м^2 , оборудованный системой, нагревающей пол за счет использования энергии Солнца. С южной стороны дома — открытый фасад с поверхностью крыши 42 м^2 , покрытой солнечными панелями. Наклон крыши — 70° . Перед солнечными панелями на крыше помещена жесткая выступающая часть, верх ее покрыт полированной пластиной из нержавеющей стали. Нагретая до 85°C вода накапливается в двух резервуарах, каждый объемом $1,5 \text{ м}^3$. Резервуары снабжены электрическими элементами для подогрева воды, когда солнечной энергии недостаточно. В течение летних месяцев сол-



нечное тепло используется для нагревания воды, а в отопительный сезон — также и для отопления дома.

Опишем отопительное оборудование лаборатории в Векшессе, имеющей поверхность пола соответственно от 70 до 180 м². Потолок, пол и обе стены дома хорошо изолированы. Все окна имеют тройные рамы, небольшие по размерам и снабженные изолированными оконными задвижками, которые закрываются в холодное время, и нормальная деятельность в доме не нарушается.

На крыше лаборатории установлено шесть фокусирующих солнечных панелей, с помощью которых в солнечный день получают более 1000 л воды, нагретой до температуры 60° С. На передней стенке дома расположено пять окон, которые также действуют в качестве экспериментальных улавливателей энергии. В лаборатории проводят опыты с металлическими поверхностями различных сортов, стеклом, изоляцией и т. д., с тем, чтобы впоследствии можно было производить солнечные панели.

В США в настоящее время изготавливается и продается большое количество солнечных панелей, некоторый разнородный во внешнем виде панелей объясняется тем, что каждый производитель имеет свои собственные взгляды по этому вопросу и соответственно стремится к воплощению панелей на практике по своему вкусу.

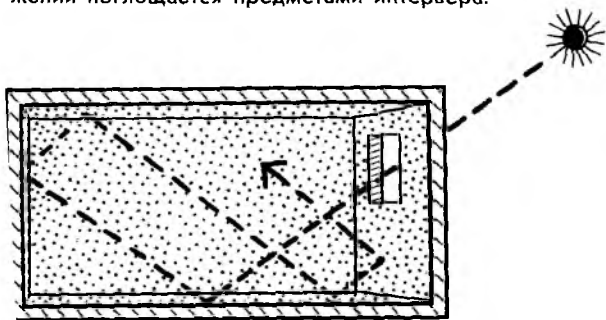
Простейшие и соответственно дешевые панели сделаны из пластмассы без покрытия стеклом, предназначены они для подогревания плавательных бассейнов или душевых. Как правило, солнечная панель выполне-

на из меди и алюминия с одним или двумя покрывающими стеклами. Определенные сорта пластмассы, возможно, могут иметь те же свойства, что и стекло, но они еще мало проверены на практике. Стоимость солнечной панели с коллектором из алюминия ниже, чем при использовании меди.

Применение алюминия связано с проблемой коррозии, медь же гораздо дороже. Так как солнечные панели в большинстве случаев состоят из стекла, это создает трудности с транспортировкой на большие расстояния. Некоторые фирмы, исходя из этого, производят и рассылают узлы панели по частям и монтируют панель полностью на месте ее применения.

ОКНО

Окно в комнате, обращенное в южную сторону, представляет собой отличный улавливатель солнечных лучей. Выясним, почему? Солнечным лучам, попавшим в комнату, весьма трудно найти путь назад через окно. В комнате нет необходимости иметь темную поверхность на внутренних стенах, чтобы функционировать как хорошему коллектору. Энергия солнечного излучения попадает в комнату и после нескольких отражений поглощается предметами интерьера.



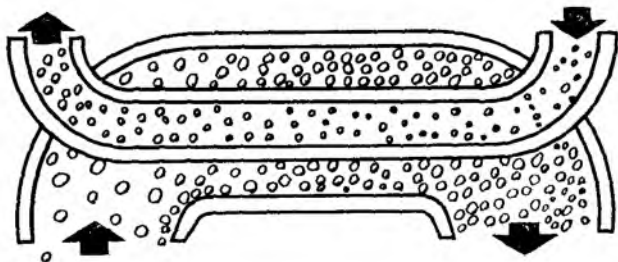
Но тепло может уходить через окно. До тех пор пока окно сохраняет такую же температуру, как и комната, или более нагрето, тепло остается в комнате. Если же окно холоднее, что обычно бывает в ночное время, тепло из комнаты уходит через стекло наружу. Улучший способ помешать такой утечке тепла — защи-

тить окно гардинами или жалюзи. Жалюзи можно использовать и с большей эффективностью. Для этого их помещают между двумя стеклами окна. Одна их сторона покрашена в черный цвет, другая — белая. В солнечный день жалюзи опускаются черной стороной наружу. Солнце нагревает их поверхность, а воздух свободно циркулирует между оконными стеклами и нагревается. Теплый воздух накапливается и может быть использован для нагревания комнаты в ночное время. Ночью жалюзи нужно опустить ниже. Холодный ночной воздух охлаждает жалюзи, и циркулирующий между оконными стеклами воздух становится также холодным. Этот холодный воздух может затем скапливаться и использоваться для регулирования температуры в комнате в жаркий день. Такой способ предполагает, однако, необходимость сохранения (накопления) как холодного, так и теплого воздуха одновременно. Если жалюзи опускаются белой стороной наружу, то солнечный свет отражается и тепло не проникает в комнату.

Теплообменник

В предыдущих главах мы отметили, что если в коллекторе используется вода, то в нее необходимо добавлять антикоррозийные средства и антифризы. Это означает, что непосредственное использование такой воды для домашних нужд или купания невозможно.

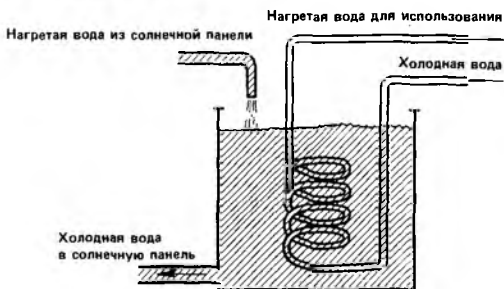
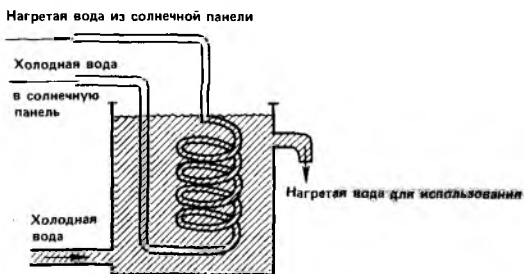
Нужно, чтобы в коллекторе тепло было передано чистой воде, которую затем можно использовать. Лучший пример теплообменника — радиатор горячей воды, который устанавливается в наших домах для отоп-



ления. В данном случае теплая вода нагревает воздух. Другой пример — охладитель (радиатор), устанавливаемый в автомобиле. В этом случае горячая вода охлаждается воздухом.

На схеме показан принцип действия теплообменника. Теплая жидкость или воздух движется в широкой трубе. В узкую трубу поступает жидкость или воздух, имеющие более низкую температуру, чем вещество, содержащееся в широкой трубе. Тепло передается через металлическую поверхность узкой трубы более холодной жидкости или воздуху, которые затем нагреваются. Какова будет степень нагревания и как быстро будет происходить выравнивание температуры в обеих трубах после того, как произойдет взаимодействие, зависит от размера труб, свойств жидкости и скорости ее движения.

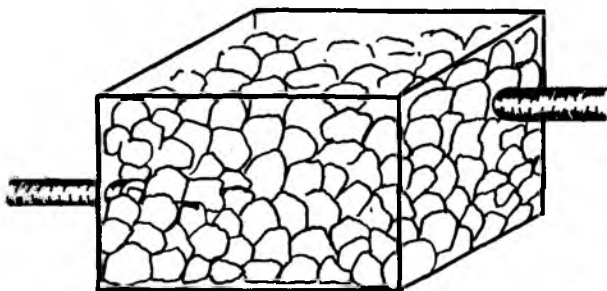
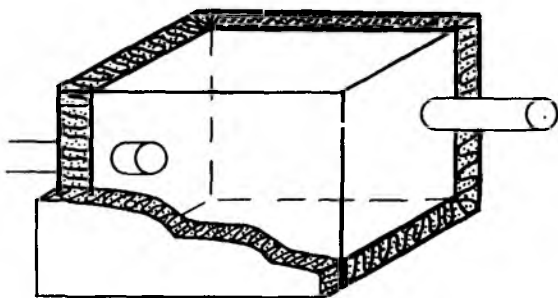
На этой схеме показаны способы передачи тепла от жидкости воде.



Теплонакопление

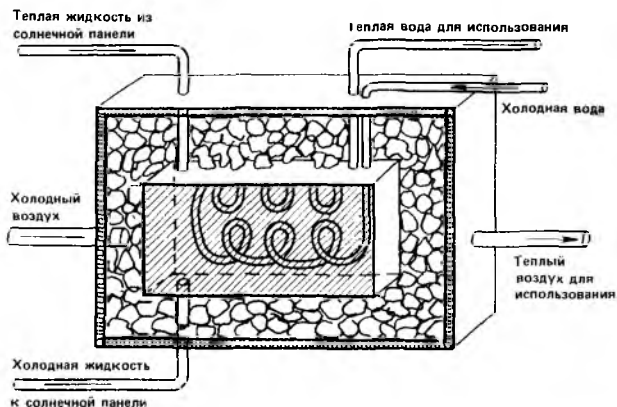
Если рассматривать накопление энергии в ближайшей перспективе и думать только об отоплении домов, то в данном случае есть несколько способов накапливать избыток тепла, получаемого в солнечный день, и использовать его в другой день, когда солнечная панель не дает достаточного количества тепла.

От солнечной панели мы получаем теплую жидкость или нагретый воздух. Если у нас нет необходимости в них в данный конкретный момент, то мы накапливаем тепло в водном резервуаре или каменном контейнере.



Хорошо изолированный водный резервуар может сохранять тепло с высокой температурой в течение недели, а в лучшем случае — до 10 дней. Каменный контейнер наполнен несколькими кубометрами обычного серого камня. Каждый такой камень имеет в диаметре от 3 до 10 см. Каменный контейнер наиболее подходит для накопления теплого воздуха. Теплый воздух подается с одной стороны каменного контейнера. Тепло передается холодным камням до тех пор, пока их температура не сравняется с температурой воздуха.

Чтобы извлечь максимальную пользу от исходящего от контейнера тепла, последний размещают в центре дома, как правило, в погребе. В США обычно каменный резервуар служит частью конструкции дома, на-



пример, в северной стене дома. Какой должен быть объем воды или каменного резервуара, зависит от многих факторов, например, от нагреваемой площади жилища и необходимого периода накопления.

В южной части США, где расположено большинство домов, обогреваемых Солнцем, даже в зимнее время дни теплые и солнечные, в то время как ночи — холодные. Как правило, тепло накапливают в дневное время с тем, чтобы использовать в ночное, но зимой отдельные дни бывают пасмурными, что для накопления тепла необходимо один—три дня.

В Швеции проблема выглядит совсем иначе. Невоз-

можно определить без практического опыта, какое количество теплой жидкости можно получить в течение солнечного зимнего дня, как много тепла можно накопить.

На схеме изображен случай, когда резервуар — накопитель тепла и теплообменник — жидкость (вода) помещены в каменный резервуар. Нагретая жидкость от солнечной панели накапливается и нагревает воду, которую затем можно использовать. Та часть тепла, которая остается в накопительном резервуаре, распространяется в каменном контейнере и нагревает его. Проходящий сквозь контейнер воздух нагревается и подается в помещение.

ОХЛАЖДЕНИЕ

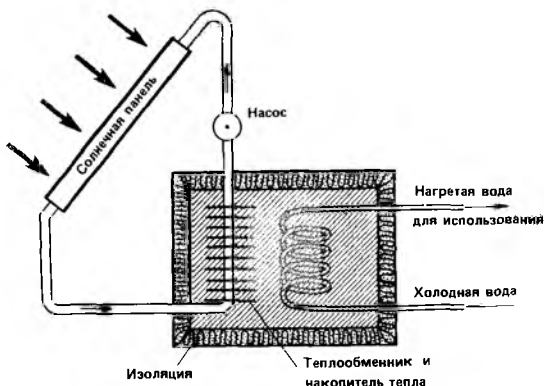
В южных странах существует глобальная проблема охлаждения жилища летом. В Швеции не следует устанавливать какие-либо системы охлаждения — это дорого и сложно.

Даже простейшая система охлаждения и ночью обеспечивает работу солнечных панелей. Если воздух холодный, то и жидкость или воздух солнечной панели также будут охлаждены. Охлажденная жидкость или воздух накапливаются в водном резервуаре или каменном контейнере. После теплообмена, если таковой необходим, они поступают в жилые помещения в жаркие дни.

Такой режим предусматривает два варианта накопления: водный резервуар, или каменный контейнер, для накопления тепла, которое используется в холодное ночное время; водный резервуар, или каменный контейнер, для охлаждения жидкости или воздуха, которые используются в теплое дневное время.

Системы

В предыдущих главах были рассмотрены солнечные панели, теплообменник и теплонакопитель. Эти три важные части комбинируются и используются в системе. При этом необходимо иметь еще одну важную деталь — помпу, которая придает движение жидкости или воздуху и регулирует скорость циркуляционного процесса.



Три основные составные части можно комбинировать в разных вариантах. Каждый конструктор имеет свои мысли и идеи. Для всех, однако, основная цель — **получить максимально возможное количество тепла от использования солнечной энергии.**

Очевидно, если это даже касается богатых солнцем частей земного шара, невозможно пока покрывать все потребности в тепле за счет солнечной энергии. Необходимо принимать во внимание какие-либо дополнительные способы нагревания.

В Швеции мы могли бы, вероятно, использовать нагревание электрическими панелями, установленными в комнатах, вместо того, чтобы монтировать масляный котел. Правда, преимущество такого рода котла в том, что его можно использовать с таким же радиатором теплой воды в комнате, как и для системы солнечного нагревания. Думается, что главное здесь — экономичность и простота в эксплуатации.

Солнечная башня

В предыдущих главах была рассмотрена фокусирующая солнечная панель, в которой солнечная энергия отражается и концентрируется на меньшую поверхность. В этом случае выявляются хорошие технические возможности (показатели) солнечной панели, но и более сложное ее техническое исполнение.

Можно пойти еще далее и собирать большее количество солнечной энергии с одной точки поверхности, где достигается температура в несколько тысяч градусов. Но и эта мысль не нова.

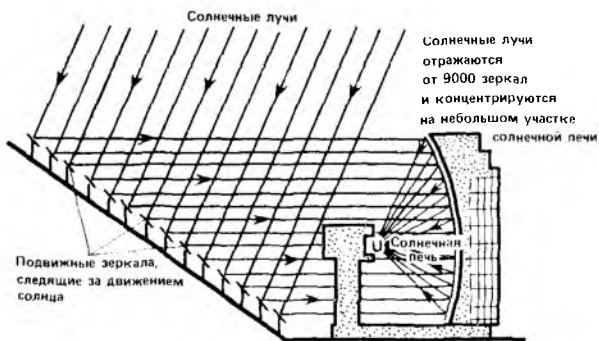
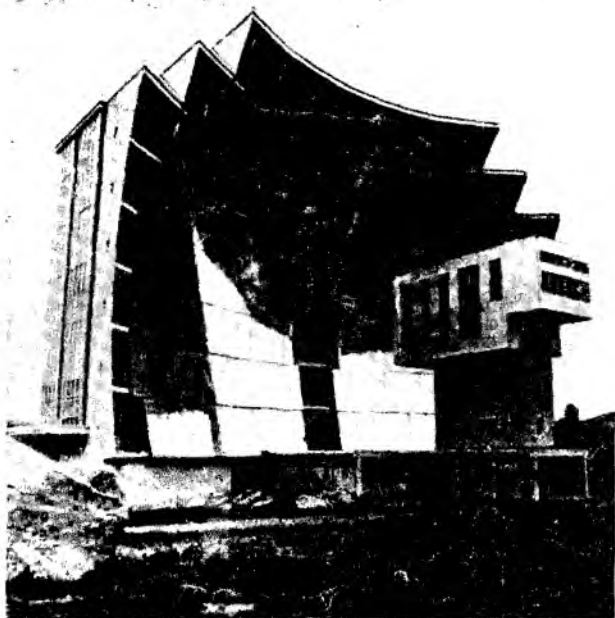
Всем известно увеличительное стекло, концентрирующее солнечную энергию на маленькой площади, и при этом достигается такая высокая температура, что происходит воспламенение. Уже несколько сот лет назад человек использовал эффект увеличительного стекла для плавки металла.

Архимед предлагал остановить вражеский флот при помощи солнечного рефлектора: сконцентрировать лучи и поджечь корабли.

Большие линзы и зеркала концентрируют солнечные лучи на маленьком участке (площади). На этом участке поверхности можно легко получить тепловую энергию, достаточную для превращения воды в пар. Пар, в свою очередь, приводит в движение генератор, который вырабатывает электроэнергию. Человек создал солнечные паросиловые станции. Сейчас во многих странах мира идет процесс изучения работы таких станций. Каким образом солнечные паросиловые станции могут быть использованы в Швеции, сегодня сказать трудно.

Французский проект такой станции в городе Одейло во Французских Пиренеях начал действовать в 1970 г.

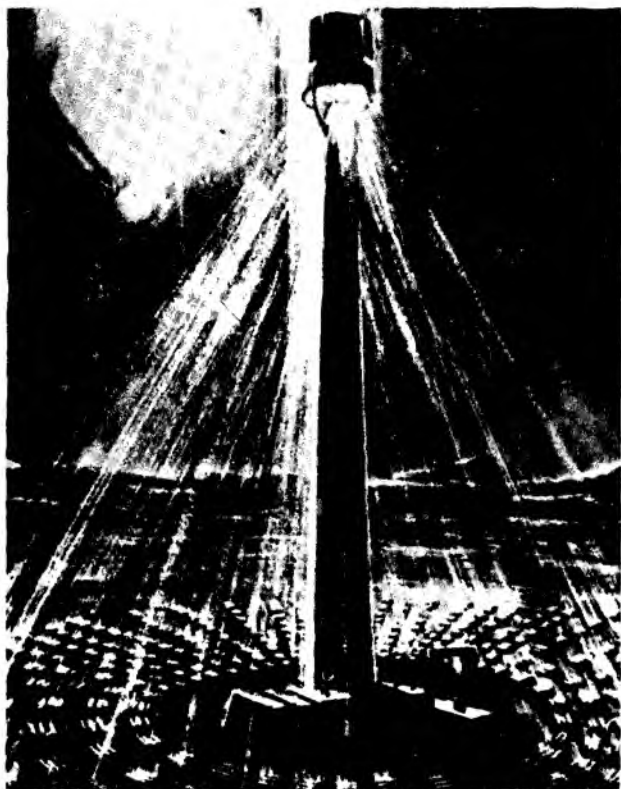
Солнечная энергия отражается от 63 подвижных зеркал (зеркала повторяют движение Солнца), размещенных на прочно закрепленном щите высотой 40 м и шириной 54 м. Всего щит имеет 9000 маленьких зеркал, его можно сравнить с внутренней поверхностью стены семизэтажного дома.



Лучи концентрируются на медную пластину, выкрашенную в черный цвет и находящуюся на расстоянии 18 м. Интенсивность светового пятна позволяет достичь 3800°C .

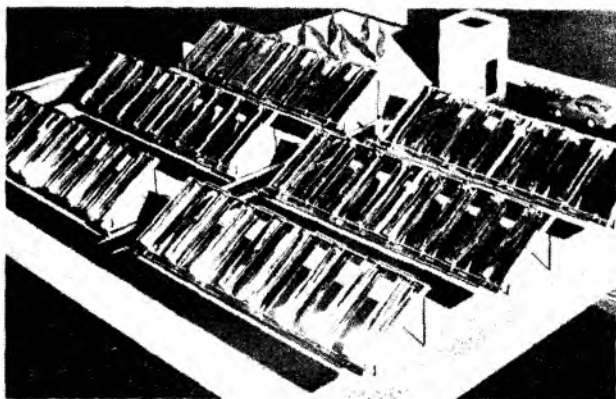
Полученная теплота используется для преобразования жидкости в пар. Пар, в свою очередь, приводит в движение турбину, которая соединена с генератором.

Здесь изображена модель солнечной станции — солнечная ферма. Сооружение запланировано построить в каком-либо из южных штатов США. Вокруг башни, на земле, на площади диаметром около 1600 м



размещено более 1000 зеркал. Каждое зеркало диаметром 2,5 м имеет автоматическое устройство, благодаря которому оно повторяет движение Солнца и всегда отражает солнечную энергию на одну и ту же точку. Эта точка расположена на верху башни высотой 200 м. Здесь достигается температура, достаточная для испарения жидкости. Пар подается вниз к основанию башни, где и движет паросиловую установку.

В Швеции также разработана модель солнечной паросиловой станции. Сорок восемь фокусирующих солнечных панелей (каждая площадью $2,65 \text{ м}^2$) нагревают воду, превращая ее в пар, доведенный до температуры 120° С . Это тепло передается в теплообменнике газу (фреону), который движет турбину, соединенную с генератором. Сооружение может дать 900 л воды, нагретой до температуры 90° С .



Солнечные батареи

Ранее были изучены различные возможности преобразования солнечной энергии в тепловую. Тепло, содержащееся в воде или воздухе, это, к сожалению, энергия с низкими показателями.

Высокими показателями обладает электрическая энергия. С помощью электричества мы можем, например, зажигая лампочки накаливания, получать свет; двигать моторы, получая работу; включать радио и телевизоры, получая информацию. Всего этого мы не можем сделать, если имеем дело с энергией в форме теплой воды или нагретого воздуха.

Очень выгодно непосредственно преобразовывать солнечную энергию в электрическую. Такая возможность стала реальностью с началом космического века.

Непосредственное преобразование солнечной энергии применяется на всех спутниках (искусственных) Земли.

Первым искусственным спутником, на котором были установлены солнечные батареи, был «Авангард-1» (США), выведенный на орбиту 17 марта 1958 г.

Во всех случаях применения в космосе солнечных батарей учитывается, что они надежны в работе, имеют малую массу и небольшой объем. Затраты, напротив, не имеют решающего значения. К тому же стоимость солнечных батарей мала по отношению к общей стоимости спутника. Трудно описать, как технически функционирует солнечная батарея. В принципе это описание будет похоже на объяснение работы транзистора. Когда солнечная энергия попадает на батарею, то возникает постоянное напряжение, мощность которого зависит от количества поступившей энергии. Недостаток состоит в том, что если Солнце скрыто облаками или же падающая солнечная энергия ниже необходимых определенных показателей (по количеству), то солнечная батарея перестает работать.

Выполнена солнечная батарея из кремния — одного из самых распространенных материалов. Каждый отдельный элемент батареи занимает всего несколько сантиметров в диаметре. Затем сериями, параллельно они соединяются в более крупные панели.

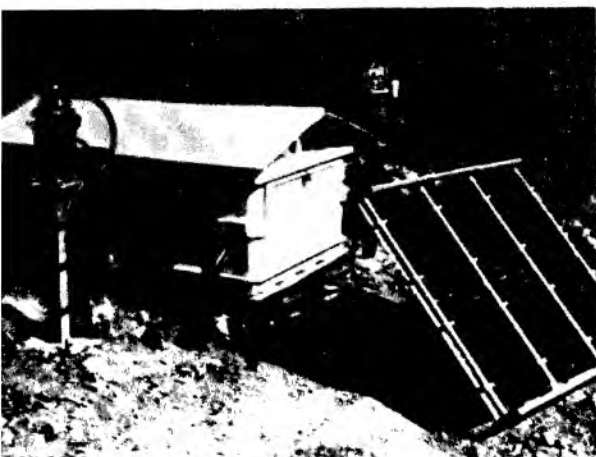
В солнечный день на каждый квадратный метр поверхности падает количество солнечной энергии мощностью 1 кВт · ч. Количество падающих солнечных лу-

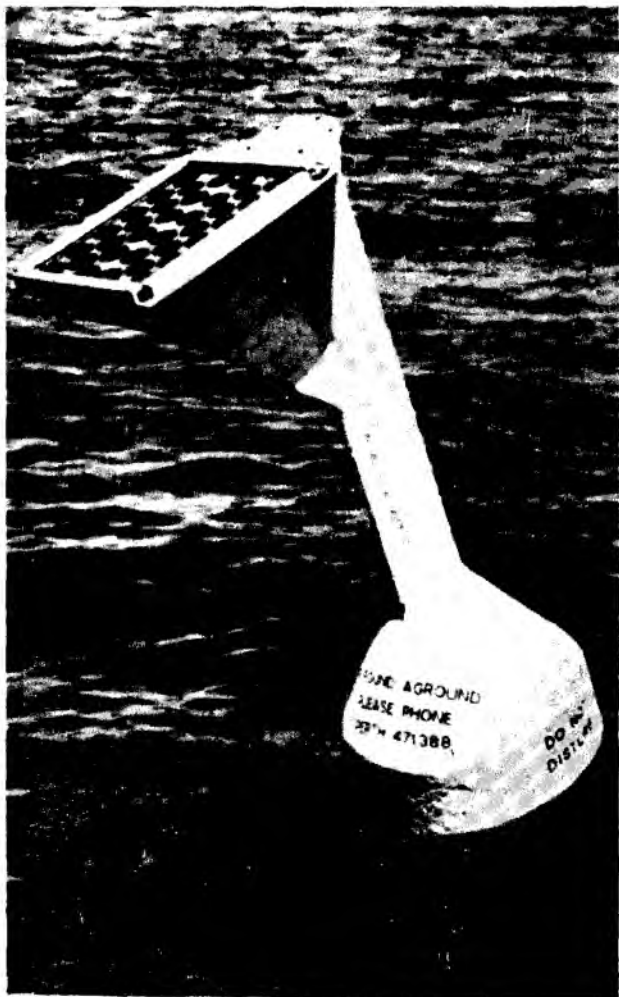
ей зависит от высоты положения Солнца над линией горизонта. Поэтому реально предположить, что за год количество энергии, падающей на Землю (на квадратный метр), равняется $500\text{--}100\text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Коэффициент полезного действия солнечной батареи изменяется от 10 до 20%. Это означает, что с их помощью можно преобразовать солнечную энергию непосредственно в электрическую и получать примерно $10\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ электроэнергии в год.

Недостаток этого способа в том, что электроэнергию нужно использовать в тот же момент, когда она вырабатывается, если невозможно каким-либо образом накапливать ее. Наиболее просто накапливать электроэнергию в аккумуляторах.

Исходя из этого создаются следующие установки: солнечные батареи, улавливающие энергию солнечного излучения и преобразующие ее в электрическую; аккумуляторные батареи, которые забирают избыток энергии и накапливают ее. Солнечная батарея, с помощью которой освещается аэродром Медина в Саудовской Аравии, имеет батареи, размещенные в боксе рядом с солнечной панелью.

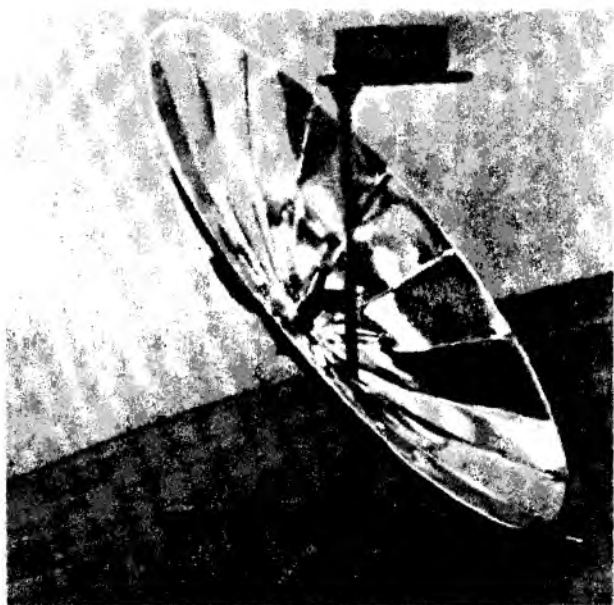




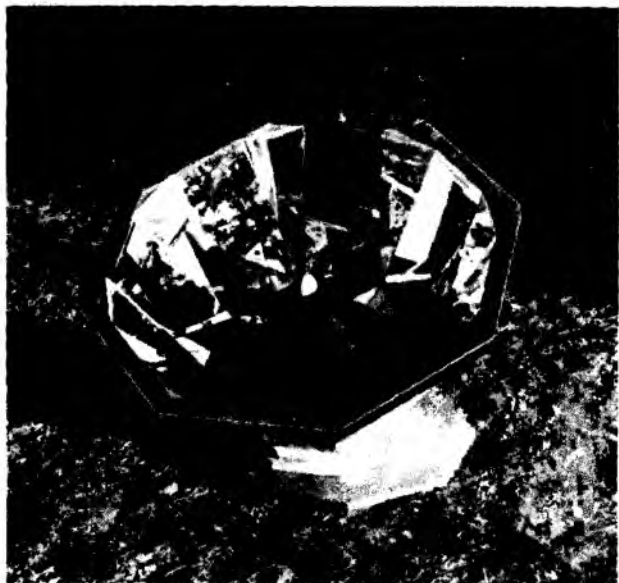
А здесь изображена солнечная панель, состоящая из солнечных камер, которая приводит в действие радиомаяк.

Практические примеры

Мы рассмотрим несколько практических случаев, на примере которых показано, как человек может использовать солнечную энергию. При желании каждый может легко построить подобные установки. Можно также найти им и практическое применение, скажем, на летней даче.

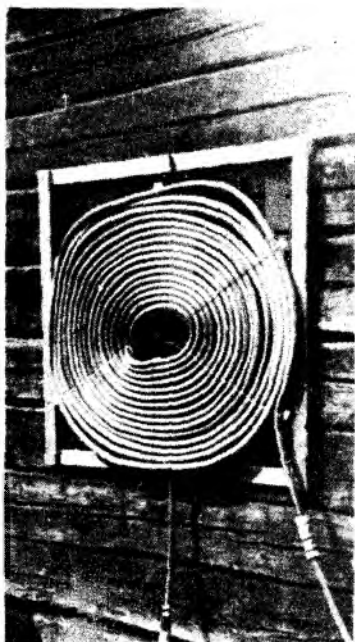


Приготавливать пищу с помощью солнечной энергии несложно. Вот такой солнечный гриль можно просто изготовить самому. По кругу деревянного каркаса монтируются зеркала. Они отражают солнечную энергию на участок поверхности в центре, где расположен шар.



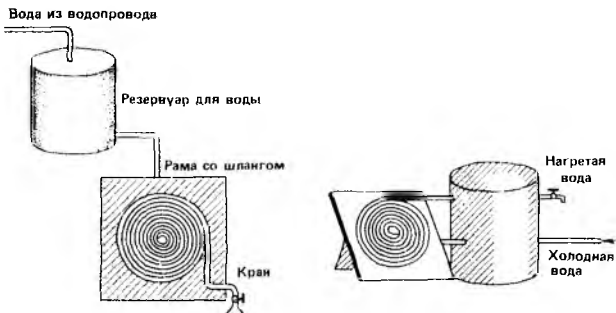
На другой фотографии показан складной гриль фабричного производства, а ниже — устройство для получения горячей воды. Резиновый шланг (примерно 20 м) укладывается на деревянную раму. В шланге находится 5 л воды, и на каждом его конце имеется устройство для быстрого соединения.

Шланг окрашен в красный цвет. Вся рама укладывается в солнечный день на землю. В солнечный июньский день в течение часа температура воды в шланге



повышается с 15 до 42°С. Если приподнять раму на ветер, происходит определенное охлаждение. Температура в течение часа понизится с 42 до 30° С.

Когда необходимо использовать воду, имеющую 42° С, шланг соединяется с системой водоснабжения для дальнейшей циркуляции под давлением. Другой конец шланга присоединяется к душу.



Теперь рассмотрим несколько иное устройство для получения горячей воды. Резервуар окрашивается в черный цвет. Скрученный шланг также можно окрасить в черный цвет, его монтируют на металлической поверхности или кладут под стекло. Вода в резервуаре не должна нагреваться до того, как она попадает в шланг.

Теплая вода в резервуаре и шланге имеет тенденцию к вытеснению. Давление в резервуаре компенсирует это. Необходимо, чтобы сохранялась разница в высоте расположения между нижним краем резервуара и верхней стенкой шланга примерно в 0,5—2 м.

Еще одно устройство (часто его применяют в Израиле, США и Австралии) основано на естественной циркуляции воды.

Скрученный шланг так же, как в двух ранее рассмотренных примерах, можно использовать в качестве солнечной панели и соединить его с накопительным резервуаром. Верхняя часть солнечной панели присоединяется примерно на высоте $\frac{2}{3}$ резервуара, нижняя часть шланга соединяется с нижней частью резервуара.

Труба для поступления холодной воды размещается в нижней части резервуара. Нагретая солнцем вода может вытекать из крана в верхней части резервуара, что показано на рисунке. Холодная вода тяжелее горячей, она перемещается на дно резервуара и течет в шланг. Затем вода в шланге нагревается и поднимается в верхнюю часть резервуара.

Предупреждение. Даже в простейшей солнечной панели жидкость может дойти до кипения и горячая вода вырвется наружу.

Энергия ветра

В том, что ветер имеет силу, легко убедиться в ветреный день. Трудно идти или ехать на велосипеде против ветра, зато по ветру передвигаться легко. В печати мы иногда встречаем сообщения, в которых рассказывается о случаях, когда сильный ветер вырывает деревья и разрушает дома. Таким образом, ветер обладает значительной силой.

ИСТОРИЯ

Ветер, вероятно, является наиболее старым из всех имеющихся источников энергии, используемых человеком. Люди очень давно научились ходить под парусами. С XIII в. сохранилось описание из Фреме Ориентен ветряной мельницы. В Греции небольшие ветряные мельницы были обычным явлением, а на Родосе и по сей день они встречаются. Старейшая известная ветряная мельница в Северной Европе относится к 806 г., находится она в Гройланде (Англия).

В Швеции ветряные мельницы — также явление очень старое, они использовались главным образом для перемолки зерна и перекачивания воды. Зерно перемалывалось между двумя тяжелыми жерновами, положенными одно на другое. Верхнее колесо, медленно вращавшееся по кругу, приводилось в движение ветром. Это означает, что энергия движения ветра преобразовывалась во вращательное движение жерновов. Таким образом, здесь преобразуется поступательное движение во вращательное. В конце XIX в. стали появляться пароходы, сила ветра была единственным энергетическим источником для движения судов.

Появление электроэнергии и нефти привело к тому, что применение ветровой энергии стало второстепенным. Электрические моторы, бензиновые и дизельные двигатели оказались более удобными и легкими в использовании.

Но определенный интерес к энергии ветра сохранился во многих странах. В Европе передовой в этом отношении страной стала Дания. Еще в 1890 г. начали проводить первые опыты, а в 1895 г. была пущена в действие первая ветровая электростанция. К 1918 г. действовало уже 120 ветровых станций мощностью 10—20 кВт. К началу второй мировой войны за счет энергии ветра вырабатывалось уже примерно 2,5 МВт.

В США в период с 1880 по 1930 г. было создано 6 млн. ветровых станций для использования их на отдельных фермах. Основное применение нашли они для перекачки воды, а также и для получения электроэнергии. Многие из этих станций действуют до сих пор.

Наиболее крупная ветровая электростанция была построена в 1941 г. в США на ферме около Рутлонда. Сооружение получило уменьшительное название Гранда'с Кноб. Башня имела высоту 33 м. Пропеллер состо-



влял в диаметре 53 м, масса его — не менее 16 т, скорость вращения — 29 оборотов в минуту. Мощность генератора составляла 1500 кВт. Станция успешно действовала в течение трех лет до тех пор, когда совершенно неожиданно пропеллер сломался, при этом он отлетел в сторону от башни на расстояние 230 м. Произошла эта авария весной 1945 г.

Основной вопрос вполне естествен: куда дует ветер и с какой силой? СМГИ (Шведский метеорологический и гидрологический институт) имеет станции по всей стране, с помощью которых, помимо всего прочего, собираются данные о перемещении воздушных масс. Берутся данные о движении воздуха, перемещающегося на высоте 10 м над поверхностью Земли.

ЭНЕРГИЯ ДВИЖЕНИЯ

Сила ветра возрастает с высотой. Если, например, около поверхности Земли ветер достигает скорости 3 м/с, то уже на высоте 10 м над поверхностью его скорость возрастает до 5—7 м/с.

Ветры — это движение масс воздуха, которое образуется в результате разницы температур в различных местах. Температура воздуха зависит от Солнца. Поэтому, несколько упрощая: энергия солнца переходит в энергию ветра.

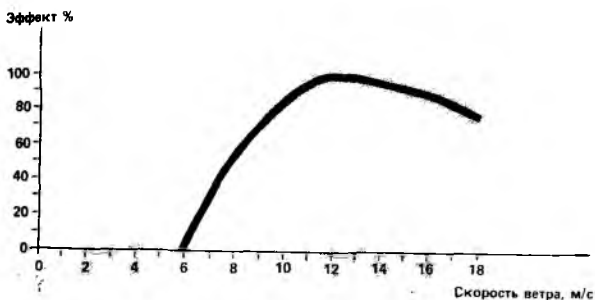
Та форма энергии, которая заложена в ветре, называется энергией движения, определяется она скоростью ветра и плотностью воздуха. Чем сильнее дует ветер, тем большее количество энергии заключено в нем.

Наиболее типичная и легко понятная форма энергии движения — это та, которая заключена в движущемся поезде или автомобиле. Энергия движения находится в зависимости от скорости движения поезда (автомобиля) и его массы. При торможении энергия движения преобразуется в тепловую. Если мы таким же образом притормаживаем скорость ветра до меньших показателей, соответственно уменьшается количество энергии движения.

Разницу между высшим и низшим показателями энергии движения воздушных масс можно преобразовать в другую форму энергии движения, например вращение пропеллера.

Необходимо помнить, что скорость ветра в среднем высчитывается за долгий период времени. Мы же должны рассматривать отношения за короткий отрезок времени.

Размеры ветровой станции соответствуют определенной скорости ветра. Например, при скорости 12 м/с можно получить максимальный эффект (100%) от гене-



ратора. Ослабеваешь скорость ветра до 8 м/с — получается меньший эффект — 50%, падает скорость ветра до 5 м/с — мы не получаем в чистом виде никакого эффекта. Повышается скорость ветра до 15 м/с — эффект получается чуть меньше максимального — 95%. Если скорость ветра возрастает до 18 м/с, эффект получается еще меньше — 80%.

Лучший момент для работы ветровой станции — при скорости ветра между 10 и 14 м/с. При работе станции в этих параметрах можно получить эффект от работы генератора станции до 90%. Это необходимо учитывать при подсчетах, а они свидетельствуют, что в те дни, когда скорость ветра меньше 6 м/с, как следует из нашего примера, эффект отсутствует.

Если ветровая станция построена в расчете на скорость ветра 10—14 м/с, то, когда сила ветра превышает расчетную величину, лишняя его энергия, образно говоря, проходит мимо нас.

Недостатки: нет никакой энергии — ветер дует недостаточно, имеется перебор энергии — ветер дует слишком сильно.

На каждом месте, где предполагается строить ветровую станцию, необходимо знать, как часто и с какой силой в этом районе дуют ветра. Как правило, к вечеру ветер утихает и в течение ночи ветра почти нет. Исходя из этого, а также из ранее названных причин видим, что из допустимых 8760 ч в году практически легко подсчитать, что необходимой силы ветер мы имеем лишь в течение 2000 ч.

ПРОПЕЛЛЕРЫ

Уже в 1927 г. немецкий физик Альберт Бец обосновал теоретически, как можно рассчитать пропеллер¹ (теория быстроходного ветродвигателя создана в начале XX в. русским ученым Н. Е. Жуковским.— Прим. ред.)

Различаются два вида пропеллеров: с горизонтально закрепленной осью и с вертикальной осью.

Теоретически наибольший эффект можно получить, когда движение пропеллера от ветра соответствует формуле:

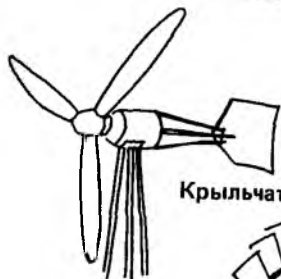
$$P = \frac{8}{27} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3,$$

где P — теоретически максимально получаемый эффект на оси пропеллера; ρ — плотность воздуха; $A = \pi \cdot R^2$ — площадь сечения воздушного потока, захватываемая пропеллером при вращении; R — радиус пропеллера; v — скорость ветра.

Равенство подчеркивает, что эффект пропорционален площади сечения потока от пропеллера и третьей степени скорости ветра. Это означает, что когда мы увеличиваем площадь поверхности пропеллера в 2 раза,

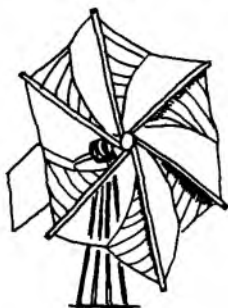
¹ В отечественной литературе применяется иная терминология ветродвигатель, или ветровое колесо. (Прим. ред.).

Ветро двигатели

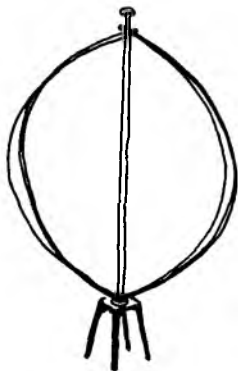
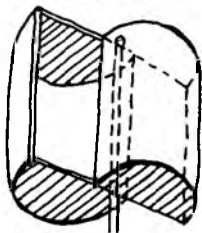


Крыльчатые

Парусные



Роторные



например, с 2 до 4 м², возрастает в 2 раза и эффект. Если же увеличивается скорость ветра с 2 до 4 м/с (увеличение в 2 раза), то в 8 раз увеличивается максимально получаемый эффект ($2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$).

Чтобы достичь наивысшего эффекта от сооружения, человек стремится размещать ветровые станции в пределах одного географического района. Но это связано с рядом проблем. Если две ветровые станции расположены прямо одна за другой в направлении движения ветра, то эффект от прохождения потока воздуха после первой станции на второй будет меньшим. Чем ближе башни расположены одна к другой, тем большее взаимное влияние они имеют. Одно из правил гласит, что расстояние между двумя башнями должно быть равно не менее восьми диаметрам пропеллера.

До сих пор речь шла о больших ветровых станциях, которые питают энергией линии высоковольтных передач. Другое важное применение — небольшие ветровые станции, поставляющие электроэнергию только, например, для отопления и освещения жилых домов. Такая станция имеет мощность до 10 кВт.

Небольшая вилла потребляет в год примерно 3 тыс. кВт · ч электроэнергии, или же, если она отапливается с помощью электричества, 20 тыс. кВт · ч. Ветровая станция мощностью 10 кВт может при времени эксплуатации 2 тыс. ч. в год вырабатывать 20 тыс. кВт · ч.

$10\,000 \text{ В} \times 2000 \text{ ч} = 20\,000\,000 \text{ Вт} = 20\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. По всей вероятности, у такой станции можно увеличить и время эксплуатации, ибо такая небольшая ветровая станция способна вырабатывать электроэнергию при скорости ветра 4—5 м/с, в то время как крупная станция перестает работать при скорости ветра 6 м/с. Если нельзя обойтись без использования других источников энергии, то все равно неплохо иметь свою собственную ветровую электростанцию. Даже если ее эксплуатация будет обходиться дороже.

Управление государственных электростанций провело исследование по возможному использованию ветровой энергии в Швеции. Были сделаны выписки экономических и технических характеристик ветровых станций.

Конкретные данные лучше определять при конструировании самостоятельно.

Башня должна быть умеренно высока с тем, чтобы ветер ровно с достаточной силой воздействовал на нее. Но высокая башня—сооружение дорогостоящее в эксплуатации и в строительстве. Наиболее подходящая высота — до 60 м.

Установлено, что ветровая станция должна сооружаться в расчете на скорость ветра 15 м/с и пригодный максимальный эффект генератора определен в 2000 кВт. Исходя из этого и размер пропеллера определен в диаметре 57 м, лучше — двухлопастной, скорость его вращения — 30 об/мин.

Чтобы передать обороты пропеллера, можно просто соединять его ось с генератором. Генератор должен в этом случае вращаться со скоростью 30 об/мин. Можно устанавливать ось таким образом, чтобы число оборотов генератора менялось, скажем, с 30 до 1000 об/мин, но в любом случае обороты генератора и пропеллера должны совпадать.

В нашем примере предпочтение отдано прямому соединению генератора и пропеллера. Выбран синхронный генератор массой 64 т. Для того чтобы постоянно держать пропеллер по направлению к ветру, требуется регулирующая система.

Общая масса размещенных в башне приспособлений (на ее вершине) не более 220 т. Башню следует монтировать таким образом, чтобы она выдержала эту массу, а также напор ветра на остов башни.

На Земле устанавливается оборудование для преобразования напряжения, чтобы можно было использовать линии высокого напряжения (например, от 1,6 до 20 кВ), а также другое оборудование для контроля и наблюдения.

Стоимость башни по подсчетам составляет 8 млн. крон.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Высота башни	60 м
Максимальный эффект	2000 кВт
Диаметр пропеллера	57 м
Количество лопастей	2
Число оборотов	30 об/мин
Скорость ветра	15 м/с
Стоимость	8 млн. крон

КАК СООРУДИТЬ НЕБОЛЬШУЮ ВЕТРОВУЮ СТАНЦИЮ

1. На велосипедное колесо натяните материю или полиэтилен таким образом, чтобы получились лопасти-паруса. Установите колесо горизонтально. Генератор (например, от велосипеда) устанавливается вплотную к колесу, и энергия с него выводится на лампу.

2. Возьмем роторный ветродвигатель (см. рисунок на стр. 77). Высота его должна составлять 70—80 см. Диаметр полуцилиндров — 40—60 см. Установите ротор на велосипедном колесе. От него затем энергию можно легко извлекать через велосипедный генератор. Можно снять больше энергии, если применить небольшой генератор и реостат.

Роторный ветродвигатель очень прост по конструкции и дает неплохой эффект при сравнительно небольшой скорости ветра.

Энергия моря и Земли

МОРСКИЕ ВОЛНЫ

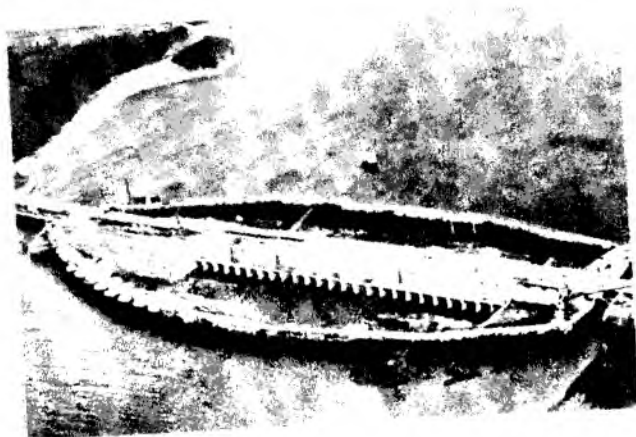
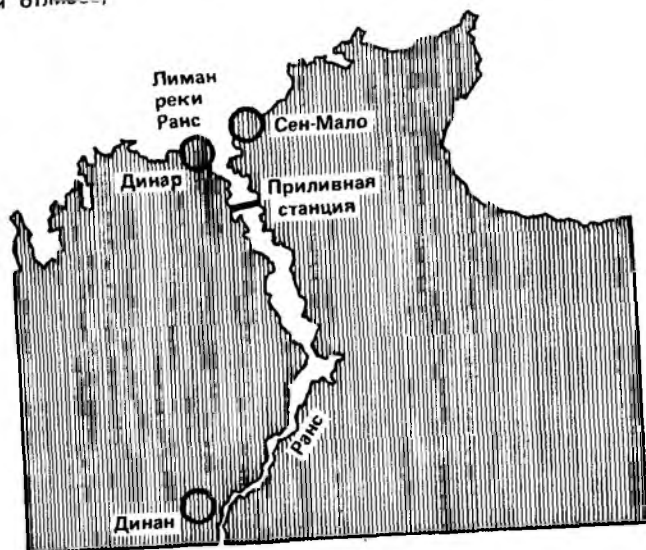
Морские волны обладают внутренней энергией, которую они получили от ветра. Эта энергия обусловлена поступательным движением молекул перпендикулярно водной поверхности (вверх — вниз).

ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ

Движение воды во времени является наглядным примером того, как Луна и Солнце воздействуют на движение масс воды. Это движение или то, что мы обычно называем приливами и отливами, проявляет себя по-разному в различных местах планеты. Движение воды во времени наименьшее по побережью вокруг Швеции.

В английском канале (проливе Ла-Манш) как с английской, так и с французской стороны отмечается значительная разница в уровнях поверхности воды. Очень большая разница наблюдается в устьях рек. Обычно разница в уровнях в 10—20 м не выглядит чем-то из ряда вон выходящим.

Во Франции (в Бретани) в устье реки Ранс построена электростанция, работающая на энергии приливов и отливов, мощность ее 240 тыс. кВт.



ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

ТЕПЛО НЕДР

В недрах Земли содержится большое количество геологической энергии. Подсчитано, что температура ядра Земли около 5 тыс. градусов. В отдельных местах толщина земной коры настолько мала, что тепло вырывается наружу.

В среднем температура поднимается на 3°C через каждые 100 м вглубь.

Такие места, как Исландия, Калифорния и Япония, имеют доступ к геотермальной энергии высоких температур, иначе водному пару с температурой 200—400°C. Этот пар можно непосредственно использовать для вращения турбины.

В Исландии, Англии и Италии теплая вода бьет наружу и используется для бассейнов. Во Франции часть построек города Милан (недалеко от Парижа) отапливается теплой водой, которая поступает из подземного озера. Вода с температурой 71°C вырывается наверх под собственным давлением из расщелины и обогревает около двух тысяч квартир. Затем в озеро подается холодная вода через другую скважину с тем, чтобы не изменялся уровень воды в озере.

С точки зрения охраны среды при этом методе отопления уменьшается загрязнение воздуха, но теплая вода из подземных кладовых может содержать различные соли и сероводород, поэтому надо быть предельно осторожным с ее использованием.

В Швеции такие ресурсы залегают весьма глубоко. В губернии Сконе получали горячую воду из старых нефтяных скважин. Дальнейшие исследования покажут, какое количество теплой воды из них можно будет выкачивать и как ее использовать.

Среда

СОЛНЦЕ

Солнце для северных районов Швеции издревле служило предметом поклонения. Наши предки праздновали восход Солнца весной религиозными обрядами.

ми. Даже в наше время мы встречаем следы преломления перед Солнцем, выраженных на рисунках и наскальных изображениях.

Солнечная энергия — наиболее чистый и с точки зрения сохранения среды — безопасный источник энергии, так как при этом не происходит никаких загрязнений, нет вредных отходов, никакого ограничения в использовании полезных ископаемых.

ВЕТЕР

Как форма энергии, ветер также абсолютно чист. Ветровые станции не выбрасывают загрязняющих атмосферу отходов. Ветровая станция или несколько таких станций представляют собой красивое зрелище, поэтому этот вид сооружений может получить быстрое распространение. Однако имеется риск травматизма в случае, если лопасть пропеллера сломается и отлетит в сторону. Разумеется, может возникнуть неприятное чувство от шума роторов.

УГОЛЬ

При сгорании угля образуется ряд опасных продуктов (компонентов): шлак, пепел (в определенной степени пепел можно отделить), часть его человек использует по своему назначению, но часть попадает в воздух.

НЕФТЬ

Нефть сама по себе опасна для окружающей среды. Вся нефть транспортируется в Швецию на танкерах, а внутри страны — поездами или автомобильным транспортом. В таких случаях имеется опасность дорожных происшествий, при которых нефть загрязняет значительную площадь в месте аварии.

Крушений танкеров больших размеров у берегов Швеции пока не происходило, но при очистке трюмов танкеров в море сбрасывают нефтяные отходы, которые несут с собой угрозу животным, растительной жизни морского дна, загрязняют пляжи.

При сгорании нефти на станциях или при отоплении домов в воздух выбрасывается большое количество сернистого ангидрида и угольной пыли.

СТОИМОСТЬ

Применительно к сельскому хозяйству энергия стоит немного меньше, чем в какой-либо другой отрасли. Древесина есть в лесу, лошади — в конюшнях, мельницы приводятся в действие энергией воды или ветра. Но индустриализация привела к образованию источников энергии иной стоимости.

Уголь залегает глубоко под землей. Вода, естественно, легкодоступна, но преобразование ее энергии в электрическую при помощи сооружения плотин, установки генераторов и т. д. — приемы дорогостоящие.

Нефть импортируется и рафинируется. Сырая нефть, естественно, имела раньше низкую цену.

Солнце — дешевый и неисчерпаемый источник энергии. Конечно, мы многое можем выиграть, если будем использовать солнечную энергию в Швеции. Основная проблема — сохранение солнечной энергии для тяжелых в энергетическом отношении дней, особенно в зимнее время.

СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ

В южных странах можно отапливать дома не только одной лишь солнечной энергией. Ночи обычно холодные, и поэтому необходимо какое-то дополнительное отопление. Как правило, это электрическая энергия. Как много могли бы стоить нагревательные сооружения, использующие энергию солнца в Швеции, сказать трудно.

Строить нагревательные сооружения, работающие на энергии солнца, тем самым уменьшая затраты на нагревание и отопление, в настоящее время сложно. Через несколько лет должны появиться серийно производимые солнечные панели. В этом случае затраты на отопление будут меньше, чем при использовании для этой цели сырой нефти.

СОЛНЕЧНЫЕ КАМЕРЫ

Солнечная панель, составленная из солнечных камер, которая вырабатывает 11 Вт при напряжении 15 В, стоила в 1976 г. около 1400 крон.

Чтобы в течение года выработать 25 тыс. кВт, необходимых для отопления виллы при интенсивности солнечного излучения до 2000 ч в году, необходимо использовать солнечную панель мощностью 12,5 кВт. Обнадеживающе выглядела бы установка панели на 8—10 кВт, но стоимость такой панели сегодня 1000 000 крон. Таким образом, это экономически неоправданно.

ДРЕВЕСИНА

При сгорании ископаемого топлива мы получаем отходы, которые затем выбрасываются. Процесс образования топлива из растений и останков диких животных требует такого количества времени, что это не представляет интереса. Однако можно производить синтетический бензин, не считаясь с затратами.

Древесина — вид топлива, который восстанавливается значительно быстрее. Дерево вырастает в течение 40—60 лет. Это время роста могло бы, конечно, быть ускорено. Возможно было бы выращивать деревья до «зрелого» возраста в течение 5—20 лет.

Некоторые виды деревьев, например верба или тополь, растут очень быстро, особенно в первые годы. Можно было бы использовать эти деревья уже через год. Деревья малых размеров и хворост можно использовать для преобразования в другую форму энергии.

Однако возникает категорический вопрос: не будет ли ошибкой сжигать редкие породы деревьев? Корни и ветви можно сжигать, но стволы необходимо сохранять для использования с большей пользой.

ВЕТЕР

Ветровая станция мощностью 2 тыс. кВт стоит, как подсчитано, 8 млн. крон. Эта стоимость, вероятно, уменьшится при серийном производстве станций. К этой сумме добавляются затраты на эксплуатацию и содержание.

По подсчетам каждый киловатт будет стоить 20—30 ере. Высшая цена при сравнении с электроэнергией, получаемой различными способами, выглядит следующим образом.

Электроэнергия (за 1 кВт), получаемая на тепловых станциях	— 11 ере;
гидростанциях	— 6 ере;
атомных станциях	— 5 ере;

(ере — низшая денежная единица Швеции.— Прим. пер.). Все цифры подсчитаны приблизительно. После производства энергии необходимо ее распределение, как правило, через местные распределители. Это также требует затрат, ибо необходимо создавать линии электропередач и трансформаторы. Обычно потребитель оплачивает энергию следующим образом: дом с низким потреблением энергии — 14—17 ере за 1 кВт, дом с большим потреблением, например, отапливаемый при помощи электричества, — 9,5—10,5 ере за 1 кВт.

К этому следует добавить, что государство в 50-е годы ввело налог на потребляемую энергию частично как источник доходов для государства, а частично как возможность воздействия на соблюдение экономии в потреблении энергии.

Таким образом, отопление виллы с помощью нефти или электроэнергии стоит дорого.

Электроэнергия, получаемая от солнечных камер, стоит пока в 100 раз больше.

Теплый воздух или вода, получаемые от солнечных камер, будут стоить (через пять лет) столько же, сколько энергия, получаемая сейчас от использования нефти и гидроресурсов.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Введение	20
Потребление энергии	23
Источники энергии	27
Паросиловые станции	31
Гидроэнергия (ГЭС)	32
Солнце	34
Солнечные лучи	37
Солнечные панели — поглотители Солнца	44
Теплообменник	55
Теплонакопление	57
Системы	59
Солнечная башня	61
Солнечные батареи	65
Практические примеры	68
Энергия ветра	72
Энергия моря и Земли	80
Среда	82

Свен Уделл

**СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И ДРУГИЕ
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Перевод со шведского
Переводчик Н. Н. Вуколов

Гл. отраслевой редактор В. П. Демьянов

Редактор Б. М. Васильев

Мл. редактор Н. А. Львова

Обложка художника В. А. Блинова

Худож. редактор М. А. Гусева

Техн. редактор Т. В. Пичугина

Корректор В. В. Каночкина

ИБ № 2407

Сдано в набор 10.10.79 г. Подписано к печати 15.02.80 г.
Формат бумаги 75×90¹/₃₂. Бумага офсетная № 1. Гарни-
тура журнальная, рубленая. Печать офсетная. Усл.
печ. л. 3,44. Уч.-изд. л. 3,81. Тираж 50 000. Заказ
№ Ц-408. Цена 25 коп. Издательство «Знание». 101835,
ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа
807716. Типография издательства Тат. ОК ЖПСС
г. Казань, ул. Декабристов, 2