

ТЕХНИКА

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1990/2

М.Аджиев

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

Новое
в жизни,
науке,
технике

ТЕХНИКА

Издается
ежемесячно
с 1961 г.

№ 2

В ЭТОМ НОМЕРЕ

М. Э. Аджиев
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ

Издательство «Знание» Москва 1990

РЕДКОЛЛЕГИЯ

К. В. Фролов,
академик (председатель)

А. И. Аристов,
кандидат технических наук

Б. М. Базров,
доктор технических наук, профессор

Г. В. Веников,
кандидат технических наук

Л. И. Волчкевич,
доктор технических наук, профессор

Ю. Т. Гринь,
доктор физико-математических наук

В. А. Данилычев,
доктор физико-математических наук, профессор

В. Я. Зайцев,
доктор технических наук, профессор

Е. П. Попов,
член-корреспондент АН СССР

Р. А. Чаянов,
начальник отдела ГКНТ

К. Ю. Чириков,
кандидат технических наук

ПОЧЕМУ МЫ ТАК НЕЭКОНОМИЧНЫ?

Нашу бедную экономику критикуют в последнее время, что называется, со всех сторон. Критикуют за низкие темпы роста, за отставание едва ли не по всем направлениям научно-технического прогресса, за плохую взаимосвязь и взаимозависимость результатов труда и материального поощрения и еще за многое, многое другое. Но чаще и острее всего ее ругают за низкую эффективность предприятий и отраслей, за непомерно большие материальные и трудовые затраты в расчете на единицу выпущенной продукции, за астрономическое количество отходов, некомплексное использование сырья — словом, за расточительство, неспособность извлечь максимальную пользу из расходуемых ресурсов. Добывая больше всех в мире железной руды, топливных ресурсов, выплавляя больше всех стали, первенствуя по производству еще множества различных изделий, мы испытываем нехватку в ресурсах едва ли не всех видов, в промышленной продукции множества наименований.

Мы крайне расточительно расходует едва ли не все виды энергоресурсов. За последние 15—20 лет энергоемкость национального дохода в СССР удалось снизить только на 15%. Это недопустимо мало. И главная причина такого положения — наше отставание в создании и внедрении прогрессивных энергосберегающих технологий. А отставание это — в свою очередь результат серьезных дефектов хозяйственного механизма, который отнюдь не нацеливает производственные коллективы на бережную работу, на получение максимальной отдачи от каждого киловатт-часа израсходованной электроэнергии.

В последнее время в нашей экономической печати разгорелась оживленная дискуссия на тему, какие необходимы рычаги и стимулы, чтобы побудить предприятия и объединения более экономно расходовать

электроэнергию. Предлагается, например, ввести налог за неэффективное использование энергоресурсов и льготы за снижение энергоемкости продукции. Иные уповают на установление оптимальных соотношений цен на энергоресурсы, введение дифференцированных, в зависимости от времени суток, тарифов на электроэнергию. Высказывается требование увеличить штрафные санкции за неэффективное использование энергоресурсов, перерасход электроэнергии. Однако эти экономические меры дадут должный эффект только в том случае, если будут подкреплены технически, если народное хозяйство будет располагать доступными для внедрения энергосберегающими технологиями и оборудованием для практического широкомасштабного внедрения этих технологий. Правда, кое-каких результатов можно добиться, просто повысив производственную культуру, укрепив дисциплину. Конечно же, токарь, вовремя включающий и отключающий станок, оператор химической установки, внимательно следящий за приборами, служащий, ввернувший в настольный светильник не слишком мощную электролампочку,— все по-своему способствуют экономии энергоресурсов. Но генеральное направление борьбы за экономию лежит через прогрессивные энергосберегающие технологии, основанные на передовой, часто принципиально новой технике.

Но прежде всего скажем о том, что экономия энергоресурсов — разумеется, не только наша внутренняя, но и мировая проблема. Большинство ныне используемых источников электроэнергии конечны: не беспредельны запасы нефти и угля в недрах, даже урану — топливу атомных электростанций — рано или поздно придет конец. Ограничено число рек и соответственно возможностей для строительства ГЭС. Что касается так называемых возобновляемых источников энергии — энергии солнца, ветра, морских приливов, то ныне еще не созданы технические средства, которые позволяли бы получать с их помощью утилитарную (т. е. пригодную для использования и притом в достаточно больших масштабах) энергию достаточно дешевыми и надежными способами. Тем не менее работы в этом направлении ведутся.

Существует немало и других причин, кроме небеспредельности запасов энергоресурсов, по которым мы должны, просто обязаны быть бережливыми по отноше-

нию к энергии. Рост производства энергии чреват для человечества многими нежелательными последствиями. Строительство гидроэлектростанций уменьшает площадь сельскохозяйственных угодий и количество продовольственных ресурсов. Нарастание производства электроэнергии на базе тепловых станций приводит к дополнительному выбросу в атмосферу огромного количества CO_2 , что ухудшает климат на планете; одновременно с вредоносным газом в воздух выбрасываются различные серосодержащие, канцерогенные и другие вредные для здоровья человека и вообще для всего живого вещества. Об опасности расширения строительства атомных станций после чернобыльской трагедии говорить не приходится. Электроэнергия, получаемая с помощью пока очень дорогих кремниевых солнечных батарей, обходится примерно в 100 раз дороже энергии, получаемой традиционными способами. Проблему снижения стоимости подобных источников тока до приемлемого уровня, по-видимому, удастся решить не раньше середины будущего века.

Значит ли это, что мы вообще должны взять курс на постепенный отказ от строительства ГЭС, ГРЭС и АЭС, прекратить эксперименты в области высокоэффективного использования энергии солнца? Нет, конечно, ведь одним расширенным внедрением энергосберегающих технологий проблемы, стоящие перед экономикой, не решить. Но вот определенное перераспределение ассигнований в наших планах решительно необходимо. Несомненно, надо больше средств вкладывать в изыскание технических и технологических путей, позволяющих снизить удельные расходы энергоресурсов, а средства на сооружение новых электростанций и энергоагрегатов расходовать более экономно.

Каковы основные направления технологического поиска в области энергетики, иначе говоря, основные направления разработки энергосберегающих технологий? Их немало. И для того чтобы достичь намеченных в принятой в нашей стране Энергетической программе рубежей, конструкторам, технологам предстоит изрядно потрудиться. В соответствии с этим программным документом к концу нынешнего века предстоит экономить (по отношению к уровню 1980 г.) 540—580 млн. т условного топлива. Кроме того, предусмотрено сберегать ежегодно 400—500 млн. т органического топлива (в ус-

ловном исчислении), замещая его главным образом энергией, вырабатываемой на АЭС и ГЭС.

По расчетам специалистов, примерно половина этой экономии можно получить при внедрении принципиально новых и совершенствования действующих технологий и оборудования; еще от одной четверти до одной трети — за счет более полной утилизации вторичных горючих и тепловых ресурсов, ликвидации прямых непроизводительных потерь; еще $1/8$ — благодаря организационно-техническим мероприятиям, иначе говоря, необходимо навести порядок на производстве; остальное — за счет улучшения структуры выпускаемой продукции, повышения качества используемых энергоносителей.

Более интенсивный поиск энергосберегающих технологий должны развернуть в первую очередь сами энергетики. Да, да, потери энергии начинаются уже на стадии ее производства, доставки потребителям. В огромную сумму — 2 млрд. руб. в год — обходится государству ежегодно низкое качество электроэнергии — несоответствие ее стандартам по частоте и напряжению. Велики потери в сетях Минэнерго на пути электроэнергии от электростанции до потребителя — ныне на этом этапе теряется более 9% всей вырабатываемой электроэнергии. Безусловно, совсем без потерь не обойтись, но их может быть гораздо меньше. Совершенствование технологии передачи электроэнергии может довольно быстро сократить их на 15—20 млрд. кВт·ч в год.

Мы уже говорили выше, что в деле экономии электроэнергии рассчитывать исключительно на инициативу, добрую волю и желание работать экономно явно недостаточно. Стимулировать, подталкивать конструкторов и ученых на поиск путей более экономного расходования энергоресурсов должны высокоэффективные и при этом постоянно совершенствуемые, ужесточаемые по мере совершенствования техники нормативы. Вообще говоря, ресурсы топлива и электроэнергии распределяются у нас между отраслями в соответствии с нормами, утвержденными Госпланом СССР. А на производство наиболее энергоемкой продукции, например на выплавку каждой тонны чугуна и алюминия, эти нормы утверждаются Советом Министров СССР. Из 160—170 млн. т условного топлива, которые мы должны сэкономить в нынешней пятилетке, половина будет «до-

быта» за счет уменьшения норм расхода топливно-энергетических ресурсов.

Скажем, в начале пятилетки на выплавку 1 т чугуна расходовалось 638 кг условного топлива. К началу следующей пятилетки эта цифра должна значительно уменьшиться. Чтобы добиться этого, нужно было на 0,5% увеличить содержание железа в шихте. А стало быть, на 10% снизить содержание мелочи в агломерате. В свою очередь, изменение структуры агломерата требует на 20% повысить температуру дутья в доменных печах. Понятно, все это делается не бесплатно — необходимо усовершенствовать, обновить, модернизировать ряд агрегатов, создать новые технические средства. В общей сложности нужны 1,4—2 млрд. руб. дополнительных затрат, но окупятся они не более чем за 6 лет. Эти вложения дадут и важный побочный эффект — повысится производительность труда на металлургических заводах, вырастет качество металла.

Еще один важный рычаг воздействия на конструкторов и технологов, ответственных за создание энергосберегающих технологий и соответствующего оборудования, — стандарты. У нас ежегодно пересматриваются в сторону ужесточения сотни стандартов. Предмет особой заботы стандартизаторов — удельная (в расчете на единицу мощности и производительности) масса машин и оборудования. Ведь чем легче станок, трактор, автомобиль, тем меньше топлива и энергии он расходует в процессе работы. Снижение массы машин на 3—5% позволяет уменьшить расход энергоресурсов в процессе их эксплуатации на 4—5%. Хорошо поставленная работа по стандартизации позволяет ежегодно экономить до 250 тыс. т металла, 1,2 млн. т условного топлива, свыше 0,5 млрд. кВт·ч электроэнергии. В нашей стране утверждена «Программа нормативно-технического и метрологического обеспечения повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов». Согласно ей будет пересмотрено и разработано около 2 тыс. нормативно-технических документов.

К сожалению, и совершенствование нормативов, и улучшение работы по стандартизации все же не исчерпывают список экономических рычагов, которые призваны содействовать интенсивному внедрению энергосберегающих технологий. Не нацеливают на бережливость, например, принятые у нас очень низкие тарифы на

электроэнергию. Промышленные предприятия платят, скажем, за 1 кВт·ч 2 коп., а предприятия сельского хозяйства и того меньше — всего 1 коп. А отдача от каждого киловатт-часа в народном хозяйстве составляет и 5, и 10, и 20 коп. Нужно ли в таких экономических условиях заботиться об экономии электроэнергии, о создании и внедрении экономичных технологий, о замене оборудования на более прогрессивное, — рассуждают многие хозяйственники. Специалисты давно ставят вопрос о введении дифференцированных тарифов на электроэнергию, используемую в дневные и ночные часы. Мало того что вечером и ночью многие агрегаты электростанций крутятся впустую, огромные дополнительные затраты электроэнергии возникают из-за необходимости включать и выключать в часы пик резервные мощности.

Есть определенные перекосы в агитации за экономию электроэнергии, в пропаганде методов борьбы за экономию. Почитаешь газеты, посмотришь телевидение — одни призывы беречь энергию в быту, где потребляется всего... 6,2% от общего ее производства... Туда ли направляют критические стрелы средства массовой информации? Не лучше ли пропагандировать передовой опыт, усилить поиск резервов экономии там, где они действительно велики, — в промышленности, на транспорте, в строительстве и сельском хозяйстве?

Несомненно поучителен для нас опыт сокращения энергопотребления и внедрения энергосберегающих технологий в зарубежных странах. Скажем, в США за период с 1973 по 1983 г. потребление энергоносителей на доллар произведенного национального продукта снизилось на 22%, а использование энергоресурсов на душу населения — на 14%. Снижение потребления энергоносителей в последнее время наблюдается практически во всех секторах хозяйства США. Так, за счет улучшения теплоизоляции домов и контроля за температурным режимом в помещениях существенно понизилось потребление энергоресурсов на отопление и кондиционирование жилых и служебных зданий. Сотни тысяч американских домов сейчас используют солнечные системы обогрева. За относительно короткое время удалось более чем вдвое уменьшить удельное потребление электроэнергии такими бытовыми приборами, как холодильники и стиральные машины.

Небезынтересно, что, несмотря на быстрое увеличение парка автомобилей в стране, потребление моторных топлив снижается. Это результат растущего спроса на более дешевые в эксплуатации и экономичные машины.

Североамериканские автомобильные компании стали вкладывать крупные средства в создание подобной продукции. Скажем, «Дженерал моторс» и «Форд» расходуют на эти цели ежегодно миллиарды долларов.

Заметно быстрее энергопотребления растет производство продукции в американской химической промышленности. В алюминиевой промышленности все интенсивнее используется вторичный алюминий, что позволяет сберечь большое количество электроэнергии на такой энергоемкой операции, как получение алюминия из глинозема. В сельском хозяйстве потребление энергоресурсов снижается благодаря совершенствованию технологических процессов — сокращению количества операций при обработке полей и уборке урожая, а также в связи с переводом сельскохозяйственной техники с бензина на дизельное топливо.

Небезынтересно, что сами американцы весьма критически относятся к достигнутым успехам по части экономного расходования энергии. В США было проведено исследование, которое показало, что в этой стране можно было бы сберечь до 53% электроэнергии, расходуемой в бытовом секторе, до 59% — в коммерческом, до 65% — в промышленном и до 58% — в транспортном. Впрочем, то, что Соединенные Штаты в этой области весьма расточительны, видно буквально невооруженным глазом. В этой стране на одного человека в середине нынешнего десятилетия приходилось 83 тыс. кВт·ч электроэнергии в год (для сравнения: в странах СЭВ — 45 тыс. кВт·ч электроэнергии в год) — примерно столько же, сколько в Швеции. Но затраты на выработку единицы валовой продукции энергии в США примерно вдвое выше, чем в этой стране.

И если уж проблема энергосбережения актуальна для такой высокоразвитой в промышленном отношении страны, как США, то что же тогда говорить о некоторых развивающихся странах, где годовое потребление энергии на душу населения составляет всего 4—6 тыс. кВт·ч? Словом, не будет преувеличением сказать, что задача внедрения энергосберегающих технологий актуальна

для всех без исключения стран и регионов. Какими техническими средствами она реализуется — об этом пойдет речь в следующих главах.

У ИСТОКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕКИ

Начнем с самого начала — с экономии энергии на стадии ее производства, с поисков более экономичных источников энергии и методов более эффективного использования имеющихся действующих источников.

Но сначала договоримся, что считать энергосберегающими технологиями непосредственно в производстве электроэнергии. Очевидно, это такие технологии, которые позволяют сокращать удельный расход энергоносителей — газа, нефти, угля, либо в гидроэнергетике уменьшать расход воды на производство каждого киловатт-часа электроэнергии.

Подавляющее большинство производимой в нашей стране электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях. Как обстоят дела в этой сфере с разработкой и внедрением энергосберегающих технологий? Еще несколько десятилетий назад эта проблема не слишком волновала работников тепловых электростанций. Основным видом топлива был высокосортный каменный уголь, запасы которого казались безграничными. Но месторождения такого угля истощались быстрее, чем предполагалось. Сжигая в топках котлов нефть и газ, нельзя не задумываться, что и этим энергоносителям уготована судьба каменного угля — скоро и их будет не хватать.

Выход один — вовлекать в энергетический оборот низкосортное топливо, которого на Земле, по разным оценкам, в 10—100 раз больше, чем нефти, природного газа и каменного угля. К низкосортным видам топлива относятся торф, бурый уголь, горючие сланцы, высокозольные газовые угли, отходы углеобогачительных фабрик и даже отвалы шахт и углеразрезков. Теплота сгорания такого топлива в несколько раз меньше, чем высокосортного. К тому же содержание золы в нем очень велико — нередко превышает 40%. Из-за этого низкокалорийные и высокозольные угли, не говоря уже о дру-

гом низкосортном топливе, плохо сгорают в топках обычных котлов, много тепла уносится с золой. Итак, перед технологами-энергетиками встала задача — как добиться устойчивого и высокоэффективного сжигания твердого топлива плохого качества в топках современных котлоагрегатов.

Самый простой способ — добавлять к твердому топливу нефтяное жидкое топливо. Такая «подсветка» факела дает эффект, но метод этот трудно считать экономичным, ведь в пересчете на полученное тепло топлива сжигается все же слишком много. Такой метод годится в тех случаях, когда иного способа сжигать низкосортное топливо в данных конкретных обстоятельствах предложить невозможно.

Известен еще один способ сжигания низкосортного топлива — в так называемом кипящем слое. Этот метод позволяет сжигать уголь с содержанием золы до 60—70%, что не под силу традиционным котельным установкам. Однако внедрение этого метода сопряжено с рядом технических трудностей. В частности, его нельзя пока использовать в крупных котлоагрегатах.

Недавно специалистами Энергетического института имени Г. М. Кржижановского и производственного объединения «Южтехэнерго» разработан так называемый аэрофонтанный способ сжигания низкосортного топлива с предварительной термической обработкой. Суть его в том, что в отличие от обычных котлов топливо здесь сжигается как бы в две стадии. Вблизи энергетического котла размещается ряд дополнительных и вспомогательных устройств — аэрофонтанная топка, реактор полукоксования и др.

Вначале непосредственно из бункера низкосортное топливо, например, бурый уголь или сланец, попадает в реактор. Здесь при температуре 600—650°С происходит полукоксование — нагрев без доступа воздуха. При этом выделяются летучие компоненты, которые направляются в горелочное устройство котла, а коксозольный остаток — смесь полукокса и золы — подается в аэрофонтанную топку — основной элемент схемы. В аэрофонтанной топке полукокс сжигается при температуре до 1050°С. В нижнюю часть аэрофонтанной топки вентилятор нагнетает горячий воздух. Мощный поток подхватывает куски топлива, и они, летая в воздушном фонтане, сталкиваясь друг с другом, не только истира-

ются, но и в значительной степени выгорают.

Высокотемпературные дымовые газы, полученные в процессе горения, направляются в циклон, очищаются от золы и также поступают в горелочное устройство основного энергетического котла. А выделенная, как бы «отсеянная» в циклоне горячая зола снова возвращается в реактор и поддерживает в нем температуру, необходимую для коксования исходного топлива. Излишки же золы выводятся из установки; подобно золе любой тепловой электростанции, ее можно использовать, например, для производства строительных материалов.

Таким образом, полученные в аэрофонтанной топке продукты сгорания, подобно природному газу, дожигаются в топке энергетического котла. А основная масса золы в котел не попадает — в этом основное преимущество нового способа, предназначенного для сжигания низкосортного высокозольного топлива. Так обеспечивается практически полное сжигание, использование с максимально возможным эффектом такого топлива.

Аэрофонтанные топки прошли довольно длительные испытания на различных энерготехнологических установках, в том числе и на крупной Эстонской ГРЭС. Задача, которую поставили перед собой ученые-энергетики, — с помощью опытно-промышленной установки отработать технологию сжигания низкосортного топлива разных месторождений, марок и классов, получить исходные данные для создания унифицированного агрегата-модуля аэрофонтанного типа. Располагая таким модулем, можно будет приступить к широкомасштабному переводу котлоагрегатов энергетических блоков мощностью 200 и 300 тыс. кВт·ч на эффективные методы сжигания низкосортного топлива.

Таким образом, появилась возможность использовать низкокалорийные высокозольные угли без добавок дорогостоящего газомазутного и высококачественного твердого топлива. Внедрение нового метода существенно расширит топливную базу энергетики, повысит маневренность котлоагрегатов. Благодаря новой технологии сжигания топлива удастся довести технико-экономические характеристики пылеугольных котлов до уровня таковых у газомазутных. Вдобавок резко улучшатся экологические показатели тепловых электростанций. Выбросы оксидов серы и азота уменьшатся на одну пятую, а золы — более чем вдвое. Зола — в зависимости

от ее химического состава — может быть использована в сельском хозяйстве или в стройиндустрии. Есть все основания полагать, что аэрофонтанный способ сжигания низкосортного топлива с предварительной термической обработкой найдет со временем широкое применение в энергетике.

Поиск путей высокоэффективного сжигания низкокачественного топлива — одно из направлений в разработке энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий непосредственно в энергетике. Еще одно и тоже довольно мощное направление «технологического прорыва» — это внедрение в тепловую энергетику так называемого парогазового цикла, искусственное повышение коэффициента полезного действия классических паровых турбин путем введения в их конструкцию ряда дополнительных устройств.

Но вначале напомним, что первые энергетические паровые турбины, появившиеся, кстати, более 100 лет назад, имели КПД всего 12—14%. Последовательное совершенствование агрегатов, повышение давления пара и его температуры привели в начале 60-х гг. к повышению КПД до 37—38%. После этого улучшение экономических показателей резко замедлилось. Только у отдельных агрегатов удалось поднять КПД до 40—41%; но за ними так и осталась репутация опытных, в серийное производство они не пошли. Одна из причин этого — при сочетании очень высоких температур и давлений — а такой путь был единственным, позволяющим повышать КПД энергоустановок, — очень сложно обеспечить длительную надежную работу оборудования. Пришлось искать обходные пути для повышения эффективности паротурбинных установок. Так возникли комбинированные энергетические установки — КЭУ, в которых турбина работает в комплексе с другим тепловым двигателем.

Скажем, можно объединить паровую турбину с газовой. Правда, коэффициент полезного действия последней еще меньше — 20%, четыре пятых подведенной теплоты не превращается в работу, а отводится в окружающую среду вместе с выхлопными газами. Но как раз эту-то теплоту и можно использовать для получения пара, поступающего в паровую турбину, КПД КЭУ такого типа составит 52%, что на 30% выше, чем у паротурбинной установки. Правда, этот выигрыш в основном теоретиче-

ский, на самом деле он не так велик из-за дополнительно возникающих потерь при передаче тепла от одного агрегата к другому.

В настоящее время эксплуатируются газовые турбины с температурой газа на выходе $750\text{--}800^{\circ}\text{C}$, разрабатываются рассчитанные на температуру $950\text{--}1100^{\circ}\text{C}$, а в дальнейшем — до 1250°C с охлаждаемыми лопатками. Сейчас температура газа за турбиной не превышает $500\text{--}520^{\circ}\text{C}$, что не позволяет получать пар высокой температуры, необходимый для высокоэффективной работы паровой турбины. Стало быть, есть два пути создавать комбинированные парогазовые установки: либо сжигать дополнительное топливо и получать пар высоких параметров, либо объединять газовую турбину с паровой, рассчитанной на пониженные параметры пара. Окончательный выбор определяется технико-экономическим анализом и зависит от многих факторов, в частности от стоимости газового и твердого топлива.

В нашей стране работают парогазовые установки и того и другого типа. На Невинномысской ГРЭС эксплуатируются ПГУ с высоконапорным парогенератором, на Молдавской ГРЭС (2 блока) — с низконапорным котлом-утилизатором. Эти установки имеют газовые турбины с температурой газа на выходе всего 750°C , и поэтому их КПД невелик. К тому же довольно высок расход дожигаемого топлива. В итоге преимущества комбинированных установок раскрываются не в полной мере. Их КПД всего $38\text{--}39\%$, по существу, он такой же, что и у хороших паровых турбин обычного типа. Однако подсчитано, что с внедрением газовых турбин с охлаждаемыми лопатками ситуация в корне изменится. Если удастся повысить температуру газа на выходе из газотурбинной установки до 950°C , то КПД комбинированной установки достигнет $42,4\%$. При 1100°C он составит 45% , а при 1250°C — $47,2\%$.

Переход энергетики к комбинированным установкам — не простая задача хотя бы потому, что они гораздо сложнее, а значит, и менее надежны и устойчивы в работе. Тем не менее этот путь продуктивен, эксперименты в данном направлении продолжаются. Создание парогазовых установок — важный этап в освоении энергосберегающих технологий в энергетике.

Своеобразно решается проблема создания и внедрения энергосберегающих технологий в атомной энер-

гетике. Эксплуатационники таких станций столкнулись с тем, что агрегаты АЭС настроены на долгосрочную ровную работу в постоянном режиме — им претят какие-либо изменения нагрузок, частые включения и выключения. Неизбежный недостаток АЭС — значительная часть электроэнергии, вырабатываемой ими в ночные часы, расходуется впустую...

Правда, в принципе выход найден. Некоторые АЭС строятся в комплексе с расположенной рядом гидроаккумулирующей станцией (ГАЭС). Ночью «лишняя» энергия АЭС расходуется на то, чтобы закачать в верхний бассейн ГАЭС воду, в часы пик эта вода вращает турбины и вырабатывает дополнительную электроэнергию. Можно также строить «под боком» у атомных станций воздухоаккумулирующие газотурбинные электростанции. В те же ночные часы воздух при помощи компрессоров, действующих на «избыточной» энергии, закачивается под большим давлением в специальные подземные хранилища. Днем компрессоры отключаются, и сжатый воздух направляется на лопатки газотурбинных энергетических установок.

Оба эти способа хороши, но далеко не универсальны. Для их практической реализации требуются определенные горно-геологические условия: в районе строительства АЭС либо должен быть большой перепад высот (для сооружения ГАЭС), либо естественные подземные полости (искусственные сооружения такого рода слишком дороги). Природа преподносит строителям АЭС такие подарки не слишком часто. А вот системы теплового аккумулирования энергии (СТА) можно создать практически на каждой АЭС. Как они устроены, каков принцип их действия?

Ночью часть энергии, выделяемой в ядерном реакторе, расходуется не на получение пара для турбин, а на нагрев воды, которая затем перекачивается в специальную емкость — аккумулятор. Вода хранится там под большим давлением и при высокой температуре — 240°С. Утром, когда наступает час пик, вода из аккумулятора вновь направляется к ядерному реактору, точнее, к парогенератору, где непосредственно образуется пар для турбин. Таким образом, экономится энергия, которая обычно расходуется на подогрев воды в регенеративных подогревателях, составляющих важный элемент любой АЭС. Таким образом, экономится изрядное количество

энергии, расходовавшейся прежде на подогрев воды, и АЭС получает возможность отпускать ее в часы пик потребителям.

Системы теплового аккумулирования энергии не дешевы, их сооружение увеличивает капитальные затраты на возведение АЭС примерно на 10%. Аккумуляторные баки, испытывающие высокое давление, должны быть изготовлены из стали специальных марок, иметь хорошую теплоизоляцию. Да и в техническом отношении эти баки емкостью 5—15 тыс. м³ — достаточно сложные изделия. И тем не менее системы теплового аккумулирования энергии выгодны, их целесообразно сооружать во всех случаях, когда нет возможности возвести рядом с атомной электростанцией ГАЭС. Основные технические решения по АЭС с различными системами аккумулирования энергии защищены авторскими свидетельствами. Эти работы, выполненные в Государственном научно-исследовательском энергетическом институте им. Г. М. Кржижановского (ЭНИН), удостоены наград ВДНХ СССР.

В качестве важного ресурса энергосбережения надо рассматривать строительство малых ГЭС, интерес к которым в последнее время растет во всем мире. По принятой у нас классификации к малым ГЭС относятся гидроэлектростанции единичной мощностью не более 30 тыс. кВт·ч. Их можно строить на малых и средних реках, а также и на реках крупных при частичном использовании стока.

Когда-то в нашей стране было очень много таких станций. Только в 1946—1952 гг. их было введено около 7 тыс. Они сыграли большую роль в восстановлении разрушенной войной экономики, а потом стали отходить на второй план, вытесняться большой энергетикой. Сейчас в нашей стране осталось не более 400 малых ГЭС общей мощностью 1,3 млн. кВт. А скажем, во Франции действует 1100, в Швеции — 1200, в Японии — 1300 малых ГЭС. Больших успехов в этой области добился в последние годы Китай, где счет таким станциям идет на десятки тысяч. Лидирует КНР и в производстве оборудования для малых ГЭС, которое экспортирует всему миру.

Потребовалось время, чтобы оценить многочисленные преимущества малых ГЭС. И вот уже в США составляются расчеты, согласно которым предполагается

со временем получить от малых ГЭС до 200 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. По приблизительной оценке специалистов института «Гидропроект», потенциал малых рек европейской части страны составляет около 90 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. А сколько энергии можно получать от них во всей стране? Во всяком случае, не меньше, чем собираются получать американцы,— по своему гидроэнергетическому потенциалу наши страны схожи.

Но можно спросить: в чем проявляется энергосберегающий фактор малых ГЭС? Прежде всего в том, что они способны заменить огромное количество широко применяемых у нас маломощных дизельных электростанций. Особенно дорого обходится энергия таких станций на Севере, Северо-Востоке страны, в высокогорных районах Средней Азии, на Дальнем Востоке, где чрезвычайно велики затраты на транспортировку дизельного топлива. Себестоимость электроэнергии дизельных станций достигает в этих регионах 1 руб/кВт·ч. А стоимость электроэнергии, производимой малыми ГЭС, как правило, не превышает 2 коп/кВт·ч, причем в большинстве случаев она даже меньше. Очевидно, что даже частичное вытеснение дизельных станций малыми ГЭС позволит экономить огромное количество дизельного топлива и многие миллионы рублей.

С помощью малых ГЭС можно получать дополнительную энергию там, где она просто безвозвратно теряется. Их можно монтировать в судопропускных сооружениях — сейчас вода из шлюзов сбрасывается, как известно, без всякой пользы. Они будут к месту на сбросах воды горно-обогатительных предприятий, атомных и тепловых электростанций, на оросительных водохранилищах. Нельзя не учитывать, что малые ГЭС в отличие от крупных гидроузлов почти не затопляют сельскохозяйственные угодья, не изменяют гидрологический режим прилегающих к рекам земель. К сожалению, до сих пор нет надежной методики расчета эффективности малых ГЭС. Между тем в ряде стран, например в Румынии, подходят к этой проблеме очень просто: не мудрствуя лукаво, считают, что малая ГЭС себя оправдывает, если себестоимость ее энергии ниже среднего районного тарифа.

Крупным источником экономии энергоресурсов, прежде всего топлива разных видов, может служить исполь-

зование в промышленности и в быту тепла земли. В нашей стране есть два региона, где ведутся работы в этом направлении,— Кавказ и Камчатка. Еще в 1966 г. были созданы Кавказское и Камчатское управления по использованию глубинного тепла земли. Ими был проведен ряд интересных экспериментов. Важные работы по использованию подземных термальных вод выполняются в Дагестане. Институт проблем геотермии Дагестанского филиала АН СССР специализируется в области фундаментальных геолого-геофизических и геотехнологических проблем, геотермии и геотермальной энергетики, Дагестанский филиал Энергетического института имени Г. М. Кржижановского — в области теплотехнических проблем геотермальной энергетики, научно-производственное объединение «Союзбургеотермия» и институт «ВНИИГеотерм» работают в сфере прикладной геотермальной энергетики. Каковы практические результаты выполняемой ими работы?

За последние два десятилетия из земных недр откачены многие десятки кубометров геотермальной воды, за счет чего сэкономлены десятки тысяч тонн условного топлива. В Махачкале термальной водой отапливается множество зданий, в которых проживают десятки тысяч человек. В Кизляре ликвидировано много котельных установок коммунального сектора, здесь счет площадям, отапливаемым термальной водой, идет уже на сотни тысяч квадратных метров.

Справедливости ради, однако, нужно сказать, что далеко не все проблемы практического использования термальных вод решены. Не ясно, как закачивать обратно термальную воду, отсутствует комплекс арматуры и измерительной аппаратуры, необходимый для исследования и нормальной эксплуатации термальных скважин, не ясно, как избавиться от токсичных соединений — фенолов, сброс которых в водные бассейны категорически запрещен. Однако, несмотря ни на что, геотермальная энергетика развивается. Первые объекты, использующие подземное тепло Земли, появились в Чечено-Ингушской АССР, Ставропольском и Краснодарском краях, Закавказье.

Чрезвычайно интересные планы использования геотермальной энергии разработаны для Камчатки. Ресурсы ее здесь настолько велики, что имеются возможности сооружать довольно крупные геотермальные электро-

станции. Первая в нашей стране Паужетская геотЭС была построена на Камчатке еще в 1976 г. Правда, из-за малой мощности — всего 11 тыс. кВт·ч и из-за удаленности от потребителей энергии она не играла существенной роли в энергообеспечении края. Основные производители электроэнергии на Камчатке — электростанции, работающие на привозном мазуте. Дефицит этого топлива и его возрастающая стоимость послужили главными стимулами к принятию решения о строительстве на Камчатке крупной геотЭС на Мутновском месторождении геотермальных вод. Станция будет снабжать электроэнергией в основном город Петропавловск-Камчатский.

Принципиальная схема Мутновской геотЭС мало чем отличается от схемы любой тепловой электростанции. В ней также присутствуют в качестве основных элементов турбина, генератор и конденсатор. Только пар для турбины поступает не из парового котла, а из подземной кладовой через геотермальную скважину. Правда, стандартное оборудование для Мутновской и, видимо, всех подобных геотЭС не подходит. Создать машины и агрегаты, способные длительно выдерживать воздействие геотермального теплоносителя, нелегко.

Природный пар содержит ионы хлора, сероводорода, углекислого газа, карбонатов и т. д. Присутствие этих примесей в теплоносителе вызывает ускоренную коррозию важнейших узлов электростанции, уменьшает прочность и приводит к образованию трещин в турбинных лопатках. Кроме того, природный пар насыщен множеством пылевидных твердых частиц, которые слабо поддаются сепарации и вместе с паром поступают на лопатки турбин, истирая их и снижая долговечность лопаток.

Ряд проблем рождает и то обстоятельство, что Мутновская геотермальная электростанция сооружается вблизи действующего вулкана. Поэтому стационарные постройки предполагается сконцентрировать на возможно меньшей площади. Все сооружения будут, естественно, повышенной сейсмостойкости. В связи с неблагоприятными природными условиями при строительстве и эксплуатации Мутновской геотЭС решено использовать вахтовый метод.

Немаловажная, особенно для Камчатки, проблема — куда отводить минерализованную воду, после того как она отработает свое в турбинах электростанции? Сбра-

сывать в открытые водоемы нельзя, чтобы не испортить нерестилища ценных пород рыб, да и вообще не нанести ущерб хрупкой природе Камчатки. Поэтому признано целесообразным закачивать отработавшие термальные воды обратно в подземные пласты.

Ввод в действие Мутновской геотЭС резко улучшит энергоснабжение региона, позволит экономить в Петропавловском энергоузле не меньше 400 т условного топлива в год. И, что весьма существенно, позволит отработать технологию строительства и эксплуатации других подобных и более мощных геотермальных электростанций, которые со временем наверняка появятся и на Камчатке, и в других регионах страны.

Кстати, экологические проблемы, возникающие при строительстве геотермальных ГЭС, ни в коем случае нельзя недооценивать. Горячая вода выносит из недр земли множество вредных веществ, в числе которых сероводород, соединения мышьяка, пары ртути.

Как уменьшить воздействие этих веществ на окружающую среду? Здесь бесполезно ознакомиться с опытом ближайшего соседа Камчатки — Японии, — страны, где работы в области использования геотермальной энергии ведутся в весьма широких масштабах.

В этой стране, бедной другими энергоресурсами, почитали использование подземного тепла земли делом весьма перспективным. По подсчетам японских специалистов, буровые скважины дебитом 100 т пара в 1 ч позволяют экономить ежегодно 20 тыс. м³ сырой нефти. В Японии действует довольно много геотЭС разной мощности, но сравнительно высокие экономические показатели, достигнутые ими, омрачает то обстоятельство, что содержание мышьяка повсеместно превышает нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для сточных вод. Поэтому эти воды не сбрасывают, а закачивают обратно под землю, обработав предварительно специальными методами, чтобы уменьшить содержание мышьяка. Беспокоит японцев и то, что при эксплуатации геотЭС возможны просадки грунта и даже землетрясения. Ведутся работы для предотвращения и этих крайне нежелательных явлений.

Нельзя не учитывать и то обстоятельство, что геотермальные теплоэлектростанции — весьма шумные объекты. И пар, и горячая вода поступают из земных недр с весьма большим шумом, к которому добавляется шум

от работающих турбин, генераторов, насосов и т. д. Вот почему по строительным нормативам, принятым в Японии, все здания геотЭС строятся с применением звукоизолирующих материалов и конструкций. Ведется контроль также за тем, чтобы работа геотЭС не сказывалась на балансе горячих источников в данном регионе.

О том, насколько преуспели японские специалисты в решении всех этих проблем, свидетельствует тот факт, что одна из геотермальных электростанций «Онума» мощностью 100 тыс. кВт, построенная для снабжения электроэнергией нефтеперерабатывающего завода в г. Акито, расположена на территории национального парка недалеко от г. Сикацуно в префектуре Акито. Она эксплуатируется уже более 15 лет, и за все это время не отмечено признаков ее отрицательного влияния на состояние окружающей среды. Так, концентрация сероводорода вне станции не превышает 0,009 мг на 1 м³, соединений ртути в сбрасываемой воде вообще нет, средний уровень шума составляет 47,4 дБ, что приемлемо, каких-либо изменений в окружающем растительном мире не отмечено.

Приведем в завершение рассмотрения данной темы список стран, где геотермальная энергия применяется уже в довольно широких масштабах,— это США, Филиппины, Италия, Новая Зеландия, Мексика, Япония. По прогнозам, сделанным еще несколько лет назад, к 1990 г. суммарная мощность геотЭС мира должна достигнуть 3,5 млн. кВт. Во всех перечисленных странах с дальнейшим развитием геотермальной энергетики связываются довольно большие надежды: разрабатываются проекты новых, в том числе весьма мощных геотЭС, готовится освоение новых источников геотермальной энергии на глубинах до 1,5—3 км, ведутся исследования в области повышения экономичности подобных станций, ужесточения мероприятий по охране окружающей среды.

...Время от времени — обычно это бывает, когда на страницах печати развертывается обсуждение очередного проекта пятилетнего плана,— в редакции центральных газет и журналов косяком начинают поступать письма примерно такого содержания: «Опять вы планируете строительство новых тепловых и гидравлических электростанций... Пора с этим кончать, прекратите сжигать нефть, уголь, газ, гробить природу. Давайте строить экологически чистые и экономичные солнечные, ве-

тровые, приливные электростанции! Ведь эти возобновляемые источники электроэнергии практически безграничны».

Эти письма необходимо прокомментировать. И здесь моя роль как автора книги об энергосберегающих технологиях достаточно сложна. С одной стороны, использование энергии солнца, ветра и приливов действительно экономит традиционные топлива, и с этих позиций технология получения электроэнергии на солнечных, ветровых и приливных электростанциях действительно относится к энергосберегающим — не рассказать о них на страницах этой книжки вроде бы нельзя. Но с другой стороны, при всех своих несомненных достоинствах, и прежде всего экологической чистоте, экономичными эти станции назвать никак нельзя: производимая на них энергия обходится обществу, экономике слишком дорого, мнение о вроде бы очевидной дешевизне солнечной и других подобных видах энергии глубоко ошибочно и проистекает от незнания технической стороны вопроса. Постараюсь прояснить картину и несколько охладить энтузиазм ревнителей новых источников энергии.

Здесь в популярной работе нет смысла приводить подробные расчеты (они достаточно сложны) себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на тепловых электростанциях. Для электростанции, работающей на канско-ачинских углях (граничные параметры расчетов: стоимость угля — 20 руб. за 1 т условного топлива, расход топлива — 3,5 г условного топлива на произведенный киловатт-час, что соответствует КПД 38%, время работы — 6,5—7,0 тыс. ч в год из 8760 ч, затраты на ремонт, амортизационные отчисления, зарплата учитываются), она будет равна 1,48 коп. за 1 кВт·ч. Заметим, что 44% этой суммы — топливная составляющая. При использовании возобновляемых источников энергии эта «составляющая» отсутствует вообще. Отсюда и иллюзии, возникающие у сторонников строительства электростанций на базе этих источников энергии.

Действительно, по всем стандартам количество солнечной энергии, посылаемой на Землю, практически беспредельно: ныне дневное светило посылает нам примерно в 20 тыс. раз больше энергии, чем производится ее во всем мире. Однако плотность солнечного потока мала, иначе говоря, «собирать» эту энергию чрезвычайно трудно, и потому она оказывается весьма дорогой,

Наиболее простой, известный и технически разработанный способ использования солнечной энергии — превращение ее в низкопотенциальное — температурой до 100°C — тепло, которое можно использовать для отопления, горячего водоснабжения, сушки продукции. Однако может ли служить солнце конкурентом обычному топливу?

Начнем с того, что возможности современного солнечного коллектора весьма ограничены. Он «работает» только в ясную, солнечную погоду, и даже в южных краях, на широте $40\text{—}45^{\circ}$, вода или воздух нагревается в нем только на $50\text{—}60^{\circ}\text{C}$. Стоимость такой установки составляет ныне около 100 руб. на 1 м^2 — гигаджоуль полученного тепла обойдется примерно в 9 руб. А в обычной отопительной котельной, работающей на природном газе, обойдется всего в 2 руб. 16 коп. за гигаджоуль — традиционная котельная примерно в 4 раза выгоднее солнечной установки.

Правда, есть и другие факторы, которые нельзя не учитывать. Ныне топливо в списке наших многочисленных дефицитов, во многих регионах его трудно достать. Тем, кто взял курс на использование солнечной энергии, не надо заботиться о запчастях к оборудованию газовых и угольных котельных, о неизбежном их периодическом ремонте. Вот почему даже при относительно высокой цене солнечной отопительной установки (для индивидуального дома ее стоимость около 3 тыс. руб.) спрос на них довольно велик — отпадают многие заботы, неизбежные при эксплуатации котельных обычного типа. Видимо, многие справедливо считают, что нервы дороже...

Кроме того, есть сферы, где применение солнечных отопительных установок, действительно, не скажем выгодно, но целесообразно. Это курортные зоны, где важен экологический фактор — отсутствие вредных выбросов в атмосферу. Кстати, дорогие солнечные установки здесь могли бы окупиться. Для этого целесообразно повысить стоимость курортных путевок в подобные экологически чистые зоны. Здесь все логично: за столь редкий сейчас чистый воздух, безусловно, надо платить.

Часто приходится слышать, что в некоторых странах за рубежом солнечные установки распространены больше, чем у нас, и на этом основании делается вывод, что мы значительно отстали в этой области. Не следует быть

столь категоричными. Здесь надо учитывать многое: месторасположение каждой страны, ее природные условия, цены на традиционные виды топлива, экологическое законодательство, политическую обстановку — например, влияние партий «зеленых», отношение общественности к АЭС и многое, многое другое. То, что выгодно в одной стране, может оказаться невыгодным в другой. Равно как одни страны в силу социальных, политических и иных условий могут пойти на внедрение экономически неэффективных решений, а другие нет. Со всем этим нельзя не считаться, а значит, не следует делать скоропалительные выводы в сопоставлении положения с использованием солнечной энергии в нашей стране и в других государствах.

Теперь о солнечных электростанциях, которые на первый взгляд представляются тоже очень выгодным делом. Ныне существуют два типа солнечных электростанций. На первых с помощью солнечной энергии получают высокопотенциальное тепло, а затем преобразуют его в электроэнергию с помощью тех же агрегатов, что и на обычных тепловых электростанциях, — турбин, генераторов. На вторых солнечное излучение непосредственно, напрямую преобразуется в электроэнергию в фотоэлектропреобразователях (ФЭП).

Как известно, у нас в стране в Крыму в 1985 г. пущена опытная солнечная электростанция СЭС-5 мощностью 5 тыс. кВт, работающая по первому принципу. Ее строительство обошлось почти в 30 млн. руб., проектная годовая выработка электроэнергии — 5,8 млн. кВт·ч., годовые эксплуатационные расходы — 2,3 млн. руб. Себестоимость каждого киловатт-часа полученной на ней энергии достигает 1 руб. — это почти в 70 раз (!) дороже киловатт-часа, выработанного традиционной электростанцией на угле (кстати, этот показатель ближе к показателям аналогичных станций такого же типа, построенных в США и во Франции).

Так что же, строительство Крымской СЭС было ошибкой, пустой тратой 30 млн. руб. народных средств? Вовсе нет. Любая технология, если она в принципе не абсурдна и сулит со временем принести определенные преимущества, должна быть доведена до стадии опытной либо даже опытно-промышленной установки, на которой необходимо опробовать технические решения, позволяющие снизить себестоимость конечной продукции.

Роль такой установки и выполняет Крымская СЭС.

Правда, не исключено, что ветвь энергетики — солнечные электрические станции крымского типа — в дальнейшем в рост вообще не пойдет. Многие специалисты считают, что будущее за солнечными электростанциями на основе фотоэлектрореобразователей. Пока они чрезвычайно дороги, и получаемая с их помощью электроэнергия даже дороже вырабатываемой Крымской СЭС. Но по прогнозам специалистов, к 2000 г. стоимость ФЭП снизится по меньшей мере в 10 раз, что заметно повысит эффективность таких станций. История техники знает случаи, когда революционные технические решения обесценивали достижения, еще вчера казавшиеся весьма перспективными. Скажем, памятниками плодотворной, но не выдержавшей конкуренции технической идее возвышаются по всей территории европейской части страны башни радиорелейных станций, предназначавшиеся для последовательной передачи из города в город телевизионных изображений. Появившаяся спутниковая связь сделала их не нужными, по крайней мере для тех целей, для которых они первоначально предназначались. Так что не исключено, что и Крымскую СЭС со временем придется закрыть, коль скоро она не будет выдерживать конкуренции с солнечными станциями других типов. Что же, отрицательный результат в экспериментальной проверке технических идей тоже бывает необходимым. По крайней мере на долгие годы останется полная ясность в отношении «крымского пути» солнечной энергетики.

Что касается электростанций на фотоэлектрореобразователях, то ныне они есть практически в каждом доме. Именно такие мини-электростанции приводят в действие многие часы, микрокалькуляторы, игрушки. Есть и более серьезные сферы их применения. В 1958 г. впервые на советском, а затем и на американском спутниках были установлены солнечные батареи на кремниевых элементах. С тех пор вся малая космическая энергетика использует подобные устройства. Находят кремниевые элементы и более земное применение: их током питаются маяки, бакены, системы защиты газопроводов.

Предпринимались попытки создания электростанций промышленного типа на кремниевых элементах. Впервые они появились в США, были маломощными — не

более нескольких сотен киловатт, причем стоимость произведенного киловатт-часа составляла в середине 70-х гг. около 30 тыс. долл.; впоследствии она снизилась до 10 тыс. долл.

Как мы уже говорили выше, главная проблема — чрезвычайно большая сложность технологии изготовления материалов фотоэлектропреобразователей и, как следствие, их непомерная дороговизна. Притом даже для электростанции сравнительно скромной мощности требуется таких материалов очень много — ведь КПД подобных установок невелик. У фотоэлектропреобразователей на базе аморфного кремния он не превышает 4—5%, а у элементов на базе кристаллического кремния — 10—12%. Картина резко изменится, если удастся найти материалы с КПД, равным хотя бы 25%. Тогда солнечные электростанции на базе таких элементов были бы сопоставимы по своей эффективности хотя бы с атомными станциями.

В общем-то, ученые и инженеры, работающие в этой области, упорно приближаются к данному порогу. Но и при условии высокого КПД СЭС на фотоэлектропреобразователях целесообразно будет строить только в районах, где солнечного света очень много. Дорогие СЭС подобного типа, очевидно, будут окупаться только там, где число солнечных дней в году составляет не меньше 300. У нас в стране это только регионы Средней Азии. Отсюда нельзя не сделать вывод, что в обозримом будущем сфера применения этой энергосберегающей технологии будет все же ограниченной.

Наконец, об использовании энергии ветра. Здесь главная проблема — непостоянство скорости ветра, неизбежное чередование безветренных и ветреных дней. Иначе говоря, без дублирующих систем, обеспечивающих постоянно энергоснабжение объектов, ветровые энергоагрегаты использовать практически нельзя.

Очевидно также, что далеко не все районы пригодны для строительства таких электростанций. Для каждого агрегата существует расчетная скорость ветра, при которой удастся стабильно получать определенное количество электроэнергии каждый час. Принято считать, что если расчетная скорость ветра в данном регионе удерживается в течение менее чем 2,5 тыс. ч в год, то строить ветроэлектростанцию здесь нецелесообразно.

Наиболее элементарное применение ветроагрегатов —

использование их для подъема воды из скважин в пустынных местностях. Здесь энергосберегающий фактор налицо. Каждый кубометр поднятой воды (для установки производительностью 20 м³ в сутки) обходится при использовании ветроагрегата в 6—12 коп., а при использовании двигателя внутреннего сгорания — в 18 коп. Экономия, как видим, заметная.

Что касается использования энергетических ветроустановок для других целей, где экономический эффект проявляется не столь явно, то специалисты явно осторожничают, не торопятся с их внедрением. Что тому причиной?

Выпускаемые промышленностью ветроагрегаты — на их производстве специализируется Научно-производственное объединение «Ветрон» — пока недостаточно надежны, часто ломаются, и спрос на них невелик. К тому же создатели ветровых электростанций решили пока далеко не все возникающие технические проблемы. Скажем, не просто оказалось выбрать материалы для лопастей, испытывающих значительные, а главное, переменные нагрузки. После многих экспериментов вернулись, наконец, к традиционному материалу — дереву, естественно, соответствующим образом обработанному.

Непростой проблемой оказалось размещение ветроэлектрических станций. Дело в том, что мощные агрегаты влияют друг на друга в процессе работы. Чтобы ослабить это влияние, надо размещать их довольно далеко друг от друга — на расстоянии не меньше 30 диаметров колеса. Из-за шума при работе и возникающих телевизионных и радиопомех строить ветроэлектростанции приходится вдали от населенных пунктов. Много хлопот и трудностей создает неравномерность в работе агрегатов из-за постоянно меняющейся скорости ветра. Приходится встраивать в схему довольно сложные устройства, обеспечивающие нормальное поступление энергии в сеть. Для сглаживания непостоянства скорости ветра приходится также использовать довольно мощные компенсирующие аккумуляторы.

И все же работы в области использования для производства электроэнергии силы ветра ведутся во всем мире. В различных странах уже выпускаются ветроагрегаты мощностью до 100 кВт и даже более (у нас, в частности, небольшими сериями делают устройства мощностью 4—6 кВт). По расчетам (применительно к на-

шим условиям), стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, снимаемой с такого агрегата, будет около 16 коп. И хотя это более чем в 10 раз дороже электроэнергии тепловых станций, все же в ряде случаев их внедрение может оказаться целесообразным. Речь идет прежде всего о районах, куда трудно протянуть линии электропередачи. А с дизельными электростанциями ВЭС могут конкурировать уже сейчас.

Возможно, этот раздел книги охладит энтузиазм тех, кто возлагает слишком уж большие надежды на солнце и ветер, как источник «даровой» электроэнергии. Не такая уж она, как видим, «даровая», если учесть многочисленные технические трудности. Но вспомним: если бы эта книжка писалась лет тридцать назад, то к числу очень дорогих в эксплуатации установок мы отнесли бы и первые агрегаты первых атомных электростанций. С тех пор подавляющее большинство технико-экономических проблем атомной энергетики решено, что поставило АЭС в один ряд по технико-экономическим показателям с тепловыми и гидравлическими станциями, создало условия для мощного развития атомной энергетики. Будем надеяться, что и солнечные и ветровые электростанции ждет благоприятная судьба.

ЭНЕРГОЭКОНОМНЫЙ ЗАВОД

В последнее время довольно часто приходится читать о том, что то один завод, то другой заводит у себя... рыбоводные хозяйства. В газетных статьях описывается, как тщательно очищенная технологическая вода не сбрасывается теплой в ближайшую речку, а пополняет специально вырытые пруды. В этой воде в исключительно благоприятных условиях нагуливают жир сазаны и карпы, которых затем вылавливают и подают к столу в рабочих столовых.

Забота об общественном, тем более рабочем питании, безусловно, похвальна. Но невольно приходит на ум такая мысль: это сколько же тепла нужно, чтобы подогревать зимой и летом огромные пруды. Может быть, это тепло все же имело смысл тратить с большей пользой? И не сопоставимы ли по своей себестоимости выращиваемые здесь сазаны и карпы с золотой рыбой?

В предыдущей главе мы разобрали, как обстоят де-

ла с экономией энергии, с внедрением энергосберегающих технологий на стадии производства этой энергии. Теперь рассмотрим, как распоряжаются этой энергией получатели, какие энергосберегающие технологии применяются и только еще создаются и разрабатываются на предприятиях разных отраслей промышленности.

Не будет преувеличением сказать, что на этом участке хозяйствования дела идут из рук вон плохо. Не на отдельных предприятиях в целых отраслях промышленности энергосберегающие технологии применяются в крайне ограниченных масштабах, а безвозвратные, непроизводительные потери энергии чрезвычайно велики. В числе печально лидирующих в этой области отраслей — черная металлургия.

В этой отрасли, как ни в какой другой, много так называемых огнетехнических процессов, на них как в черной, так и в цветной металлургии приходится 60—70% суммарных отраслевых затрат. К сожалению, КПД использования топлива в этих процессах чрезвычайно низок — всего лишь 10—20%, а это значит, что уровень тепловых отходов, именуемых вторичными энергоресурсами, чрезвычайно высок.

Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий можно разделить на три вида: физическое тепло отходящих газов, физическое тепло самих продуктов производственного процесса и физическое тепло, отводимое от стенок технологического аппарата или рабочей среды, — его еще называют теплом кессонирования. Отходящие газы в большинстве огнетехнических процессов имеют на выходе температуру от 1000 до 1500°С, а суммарное их теплосодержание достигает 50—70% от теплосодержания всех вторичных энергоресурсов. Приблизительно такую же температуру имеют продукты производственных процессов — на них приходится 15—30% от суммарного теплосодержания вторичных энергоресурсов. Наконец, тепло кессонирования составляет 10—20%, а температурный уровень зависит от принятой схемы охлаждения.

Много ли вторичных энергоресурсов у нас идет в дело? По оценкам ученых, не более 10—15%. Потери, таким образом, эквивалентны десяткам миллионов тонн условного топлива. Поистине армады горной техники, множество шахт и разрезов, сотни железнодорожных эшелонов, доставляющих топливо, работают впустую,

чтобы компенсировать нашу бесхозяйственность, неумение по-настоящему использовать вторичные энергоресурсы.

Правда, технические проблемы здесь весьма многообразны. Скажем, нет приемлемых решений, позволяющих продуктивно использовать тепло расплавленных металла и шлака. Но скажем, тепло отходящих газов может разогревать специальные котлы-утилизаторы, а образующийся пар станет вращать турбины небольших электростанций — здесь все технические проблемы успешно решены. К сожалению, котлов-утилизаторов у нас практически повсеместно не хватает. А те, которые имеются, во многих случаях не работают. Это, в частности, относится к утилизационным электростанциям с турбинами мощностью от 2500 до 6000 кВт, построенным до 70-х гг. Их эксплуатация в одних случаях считается нерентабельной, в других — старые турбины не стыкуются по своим параметрам с ныне выпускаемыми котлами-утилизаторами.

Проблема внедрения энергосберегающих технологий допускает разные подходы. Можно, как в случае с котлами-утилизаторами, добиваться максимального использования тепла для получения дополнительной энергии. А можно при неизменном, стабильном расходе тепла попытаться получить дополнительную продукцию. По этому пути пошли сотрудники лаборатории горения и защиты окружающей среды Государственного научно-исследовательского института имени Г. М. Кржижановского (ЭНИН), перед которыми была поставлена задача — проверить, нельзя ли получать из угля дешевые металлы.

Кроме «органической компоненты», в угле содержатся еще и окислы кремния, алюминия, железа, титана, кальция. Правда, их содержание невелико, и, скажем, строить специально заводы для получения металла, например железа, из угля было бы нерационально. Иное дело, если попытаться совместить процесс со сжиганием топлива в котлах электростанций, так сказать, убить одновременно двух зайцев — получить электроэнергию и некоторое количество дешевого металла. Ведь сейчас этот металл все равно вместе с золой и шлаком сбрасывается в отвалы.

За основу был взят так называемый термохимический метод восстановления металла с помощью углеро-

да. Сначала эксперименты шли вне связи с получением электроэнергии — уголь просто сжигался в разных условиях, в том числе и имитирующих сжигание в топке котла. Как показали эксперименты, первым восстанавливается железо, а затем с повышением температуры и другие металлы. Эксперименты принесли ученым неслыханную удачу: железо появлялось при температуре, близкой к той, которая используется на теплоэлектростанциях при сжигании угля в котлах с удалением отходов в виде жидкого шлака.

И здесь уместно сказать о том, что послужило побудительным стимулом к проведению подобных экспериментов. Тут, как говорится, не было бы счастья, да несчастье помогло. Металл есть в любом угле. Но раньше, когда в энергетике использовались (в основном) высококачественные угли, шлака, а значит, и металлов оставалось мало. В последние годы — мы об этом уже писали выше — зольность топлива резко возросла, а это значит — увеличилось содержание металла в шлаке. А поскольку нередко по многим причинам в топке сгорает не весь уголь, то остаток вместе со шлаком опускается на подовую часть котла. Здесь мало кислорода, способствующего горению, зато в изобилии присутствует негоревший углерод. Именно с его помощью извлекается металл из различных соединений.

В общем-то, неполное сгорание топлива — явление для теплоэнергетики нежелательное, инженеры стремятся предложить решения, увеличивающие полноту сгорания угля. Для этого его тщательнее перемалывают, в топку подается больше кислорода. Но оказывается, ничего этого можно не делать, если поставить задачу: получать одновременно с электроэнергией еще и металл. Тем более что получаемый на электростанциях металл принадлежит к числу чрезвычайно дефицитных. Это ферросилиций, крайне необходимый металлургам для раскисления и легирования сталей и для литейного производства. Сегодня не только у нас, но и во многих индустриально развитых странах спрос на него превышает предложение.

Сейчас ферросилиций выплавляется в электродуговых печах, которые потребляют очень много электроэнергии, поэтому обходится он очень дорого. «Энергетический» ферросилиций, как показывают расчеты, будет намного дешевле металлургического. Ведь получается он

как бы попутно с электроэнергией, которой в данном случае не требуется вообще. И хотя металла в угле содержится совсем немного, все же если наладить производство ферросилиция на тепловых электростанциях, можно удовлетворить потребность страны в нем примерно на треть. Притом технически это сделать совсем не сложно. Надо лишь установить под котлами ряда теплоэлектростанций реакторы, где будет идти восстановление металла. Это недешевая операция, но и получаемый ферросилиций дорог. А потому срок окупаемости подобной реконструкции не превысит два года.

Когда дело дошло до практической реализации идеи получить ферросилиций из энергетического шлака по новой технологии, оказалось, что надо прояснить очень много важных моментов, необходимых для успеха дела. В частности, потребовалось знать, как идет реакция между углеродом и железом, как восстанавливается и взаимодействует с железом кремний, как влияют температура, состав шлаков, соотношение шлаков и восстановителя на скорость восстановления, подобрать глубину шлаковой ванны и т. д. Неожиданные проблемы возникли с так называемым вторичным шлаком. Дело в том, что, потеряв железо, он приобретает повышенную вязкость. Необходимо было выяснить, будет ли «обезжелезенный» шлак вытекать из реактора с необходимой скоростью. И наконец, научиться получать ферросилиций с разным содержанием кремния, т. е. научиться управлять процессом.

Работы на Новгородской ТЭЦ-20, где проводили эксперимент, еще шли, когда ученые ЭНИНа узнали буквально сенсационную новость: на Старобешевской ГРЭС на Украине уже получен ферросилиций. Работник электростанции Г. С. Прокопчук заметил, что в шлакопроводе, по которому отходы идут в отвалы, появляется металл в виде гранул. Он обратился с запросом к ученым. И сотрудник Института проблем литья АН УССР Б. А. Киреевский не только определил, что «непонятный» металл является ферросилицием с низким (18—25%) содержанием кремния, но, что очень важно, указал адрес предприятия, которое данный металл может заинтересовать. Это — «Азовсталь», инженеры которого тут же подключились к промышленному освоению новой технологии.

Содружество энергетиков и металлургов быстро при-

несло плоды: всего за полтора года были разработаны, изготовлены и установлены специальные гидроны, изготовлены и установлены специальные гидроловушки для извлечения из пульпы гранул ферросилиция. И хотя процесс не отличался совершенством да и металла удавалось получить сравнительно немного — всего около 2 тыс. т в год, заинтересованность металлургии проявили очень большую. На пяти тепловых электростанциях Украины предполагается создать участки, на которых из шлака станут получать гранулированный ферросилиций.

Украинская технология не абсолютно идентична той, что разрабатывается в ЭНИНе. Это упрощенный и скорее всего менее экономичный вариант. Но очень важно, что процесс уже «вышел из колбы», «энергетический» ферросилиций уже участвует в получении высококачественного металла.

Как уже говорилось, данную технологию можно со всем основанием отнести к энергосберегающим. А велики ли энергосберегающий эффект? Приведем такие расчеты.

На блоке мощностью 100 тыс. кВт в европейской части страны можно установить реактор-восстановитель, способный произвести за 1 ч 70 кг 45%-ного ферросилиция при дополнительном расходе 70 кг угля. Затраты на переделку блока — 60 тыс. руб. Себестоимость ферросилиция-45 в 2,6 раза ниже, чем при получении его обычным методом. Если сравнить его производство с технологией получения ферросилиция в электропечах и если допустить, что этот метод внедрен повсеместно по всей стране, то окажется, что на получение того же количества ферросилиция потребуется на 2,5 млрд. кВт·ч электроэнергии меньше. А это равноценно тому, что наша страна получила дополнительно (с экономией капитальных вложений) два энергоблока мощностью по 200 тыс. кВт каждый.

Надо сказать, что это — не единственный случай использования в энергосберегающих целях побочного эффекта традиционной, на первый взгляд исчерпавшей себя технологии. Еще в 60-х гг. в нашей стране были созданы так называемые печи аэродинамического подогрева. Принцип их действия в том, что в некоей закрытой камере центробежный вентилятор интенсивно перегоняет воздух. Это бессмысленная на первый взгляд работа приводит только к разного рода энергетическим поте-

рям, связанным с торможением воздуха, обрывом струй от лопаток вентилятора, расширением и срывом потока на выходе колеса, крутым изменением направления движения струй, образованием вихрей и пограничного слоя. Но все это, вместе взятое, и становится источником тепла.

Первая печь нового типа появилась в 1962 г., а в конце 60-х гг. на 50 предприятиях работали рециркуляционные нагревательные установки (РНУ) типа ПАП — печи аэродинамического подогрева. 600 заводов приобрели чертежи роторного нагревателя. Всего было спроектировано около 100 печей. Эти печи экспонировались на выставках в Лондоне, Лейпциге, Париже, Риме, получили множество медалей, почетных грамот, дипломов. Повсеместно отмечались главные достоинства установок для аэродинамического нагрева — они компактны, просты в изготовлении, надежны в работе, удобны и безопасны в обслуживании, экологически чисты, весьма экономичны. Благодаря своим достоинствам их применяют в разных производствах — там, где нужно нагреть среду до 500—550° С, а в отдельных случаях — до 700° С. Подобные печи используются при термообработке легких сплавов и полимерных материалов, тепловой обработке продуктов и сырья, при сушке лакокрасочных покрытий, лекарственных трав, пиломатериалов, мехов. Их применяют для склейки ячеистых конструкций, хлебопечения, обогрева помещений.

К сожалению, как это нередко бывает, спустя некоторое время после своеобразного бума вокруг печей аэродинамического подогрева интерес к ним несколько поостыл. А жаль, возможности роторного нагрева далеко не исчерпаны, а масштабы практического использования интересного физического явления, легшего в основу конструкций ПАП, могли бы быть гораздо большими.

Значительными резервами экономии электроэнергии располагает транспорт. Часть ее удастся сберечь за счет личного мастерства водителей электровозов, выбирающих для каждого участка оптимальный режим движения. Но промышленностью также производится специально энергосберегающее оборудование для транспорта.

Так, еще в 1984 г. Рижское производственное объединение «РЭЗ» приступило к серийному выпуску комп-

лектов электрооборудования для пригородных поездов ЭР-2Р. Каждый комплект состоит из тягового двигателя мощностью 225 кВт, преобразователя, а также различной электроаппаратуры для вагонов. Этот комплект имеет важную особенность, дающую ЭР-2Р существенные преимущества перед его предшественником — поездом ЭР-2: при торможении поезда возвращается от 10 до 18% затраченной на тягу электроэнергии.

Кстати, этот же принцип заложен в конструкцию поездов метрополитена новой серии И, поезда этой серии выйдут на линии метрополитенов через несколько лет. В нем (поезде) будет реализована идея рекуперации — возврата электроэнергии обратно в сеть при торможении поезда. Это делается, как и в описанном выше примере с электропоездами, переводом работы тяговых двигателей в генераторный режим, что позволяет экономить до 11% электроэнергии, затрачиваемой на движение метropоезда.

И еще одна энергосберегающая идея, реализованная на транспорте, на этот раз автомобильном. В Швеции создана оригинальная инерционная система, позволяющая транспортному средству накапливать энергию про запас. В ней вместо широко известного традиционного маховика используется гидравлический аккумулятор. Во время движения, например, автобуса под нагрузкой или под уклон в специальную емкость под большим давлением закачивается жидкость — аккумулятор запасает энергию. Этой энергии затем при сбросе давления хватает, чтобы 16-тонный автобус с полной нагрузкой проехал при выключенном двигателе 1,2 км.

Выше мы уже в несколько критическом плане рассказывали о солнечных электростанциях, в частности о Крымской СЭС. Но если энергия солнца пока не слишком применима для получения электрической энергии, то гораздо эффективнее ее использование, например, для плавки металлов — это определенно энергосберегающая технология, поскольку позволяет обходиться без электрических — дуговых и индукционных — печей. В поселке Паркент близ Ташкента сооружен один из первых в нашей стране объектов такого рода — плавильная печь научно-производственного объединения «Физика — солнце» АН Узбекской ССР.

Выбор места был продиктован исключительно высокой солнечностью региона — здесь солнце светит 2960 ч

в год, в то время как на широте Москвы — всего 1900 ч. На фасад здания оригинальной парусовидной архитектуры навешено огромное параболическое зеркало-концентратор площадью более 2 тыс. м². Именно на него попадают солнечные зайчики, которые отбрасывают 62 гелиостата размерами 6,5×7,5 каждый — они следят за перемещением светила с помощью специальной системы управления. Цельными зеркала таких гигантских размеров сделать невозможно; и гелиостаты, и концентратор собирают из так называемых фацет гораздо меньших размеров. В концентраторе их более 10 тыс., и каждая имеет свою, заранее рассчитанную форму.

Температура в фокальном пятне — оно собирается на верхней площадке специальной технологической башни — может достигать 3000° С. Здесь в специальных тиглях плавятся такие тугоплавкие материалы, как оксиды алюминия, магния, циркония и сложные композиции на их основе. Процесс протекает почти мгновенно. Материалы, приготовленные в солнечной печи, отличаются отменной чистотой, они очень дефицитны.

Узбекская солнечная печь — не первая в мире, с середины 70-х гг. во Франции работает печь той же мощности. Но наша значительно совершенней: меньше датчиков, более прогрессивная система крепления фацет к концентратору. Французский концентратор юстировался в течение двух лет после завершения стройки, узбекские же инженеры и ученые провели эту сложнейшую работу всего за полгода одновременно со строительством объекта. В комплексе «Солнце» использованы десятки изобретений, защищенных авторскими свидетельствами.

Комплекс обошелся в приличную сумму — 40 млн. руб. Однако расчетный срок окупаемости его относительно невелик — всего 6 лет. Это потому, что с помощью солнечной печи здесь получают очень дорогие, часто совершенно новые материалы. Подобную технологию сверхбыстрого нагрева — ее называют тепловым ударом — невозможно осуществить как-либо по-другому.

Не совсем ясна физика явления. Необычные свойства получаемых материалов иные объясняют быстрым нагревом сырья до очень высоких температур, другие — прямым фотонным взаимодействием. На много вопросов еще предстоит ответить ученым, много усовершенствований технологического процесса, по-видимому, предложат инженеры.

Еще одно направление в разработке энергосберегающих технологий связано с так называемой полупроводниковой энергетикой. Речь идет о том, что в народном хозяйстве все шире применяются полупроводниковые преобразователи параметров электроэнергии — тока, напряжения, частоты. В полупроводниковых преобразователях особенно нуждается электропривод. Основные потребители мощного полупроводникового электропривода — металлургическая промышленность, например станы горячей прокатки, горнодобывающая техника, буровые установки, насосы, вентиляторы, компрессоры. Замена всех ныне применяемых ртутных выпрямителей полупроводниковыми и полное удовлетворение потребности в них народного хозяйства позволили бы на 5—10% увеличить производительность машин и оборудования, получить дополнительно много продукции и сэкономить более 10% потребляемой энергии.

Много проблем позволяют решить полупроводниковые преобразователи на транспорте. Если полностью оснастить транспорт такими устройствами, можно на несколько процентов увеличить грузо- и пассажирооборот, скорость поездов, сэкономить свыше 10% электроэнергии. Применение полупроводниковых преобразователей для электрофизической обработки материалов может высвободить около 40 тыс. рабочих. Они (преобразователи) необходимы в таких технологических процессах, как электролиз, гальваническая обработка деталей или электролаковый переплав, и др. Использование таких преобразователей для питания гальванических ванн и станков электрохимической обработки металлов позволит сэкономить ежегодно около 500 млн. кВт·ч электроэнергии.

Внедрение полупроводниковой техники имеет результатом не только сбережение электроэнергии. Она помогает экономить и много различных материалов. В расчете на каждый киловатт мощности полупроводниковых преобразователей можно уменьшить расход меди в электрических машинах на 2—3 кг, а черных металлов — на 10—15 кг. Ныне преобразовательные устройства разрабатываются и поставляются практически во все отрасли экономики. Без них немислимо нормальное функционирование линий электропередач постоянного тока, компенсация реактивной энергии ЛЭП переменного тока, упрочение инструментов и трущихся деталей

механизмов ионным способом и многие другие процессы. Огорчительно, однако, что подобные устройства применяются не везде, где их использование возможно и целесообразно, и что, несмотря на быстрый рост производства, подобных приборов все же не хватает.

Изыскивая новые источники энергосбережения, специалисты не игнорируют и традиционные направления этой работы. Одно из них — сокращение энергетических потерь от трения деталей в различных механизмах. Поиск новых высокоэффективных смазок, различных материалов, которые могут работать в контакте друг с другом при малых потерях на трение, идет непрерывно. В последнее время предметом тщательного изучения ученых стало необычное явление: взятые из отвалов обогажительных предприятий измельченные в порошок горные породы, содержащие кварциты и добавленные в традиционные смазки, резко сокращают износ поверхностей и уменьшают потери на трение. Появилась новая наука — геотриботехника (от греческого слова «трибо» — трение, а «гео» — сродни геологии, это исследование материалов, из которых создана наша Земля).

Молодая наука весьма сложна. Ведь эффективность действия смазочных материалов с минералогическими добавками зависит от комбинации элементов, их количества, от сорта смазки и от многих других факторов. В природе существует около 10 тыс. минералов, и необходимо найти их сочетания, пригодные для создания самых эффективных смазок. Эти смазки уменьшают затраты энергии на преодоление силы трения и, стало быть, способствуют энергосбережению.

Среди многих отраслей нашей экономики есть такие, где энергоресурсы расходуются особенно расточительно, несмотря на то что в этих же отраслях предложены весьма эффективные энергосберегающие технологии. К числу таких отраслей относится лесная промышленность. Она расходует ежегодно огромное количество жидкого топлива — почти 4 млн. т в переводе на условное топливо. На отопление лесспромхозов, вахтовых поселков ежегодно расходуется 17—25 млн. м³ деловой древесины и примерно 12 млн. м³ отходов. Отопительные котлы, а их в отрасли около 7 тыс., несовершенны, обслуживаются вручную, многие топочные устройства не имеют приспособлений для удаления золы и шлаков, системы сжигания не автоматизированы. Не учитывает-

ся расход топлива и тепла. Все это приводит к громадному перерасходу топлива и, как следствие, к дальнейшему уничтожению лесов. Существующая система обеспечения лесозаготовителей энергией и теплом обходится Минлесбумпрому примерно в 180 млн. руб. в год.

И еще две цифры: подразделения этого министерства, заготавливая ежегодно более 200 млн. м³ древесины, оставляют на лесосеках до 60 млн. м³ отходов. Между тем все эти отходы — великолепное энергетическое сырье, их вполне можно переработать в другие, более эффективные виды топлива — жидкое или газообразное. Даже если проделать это в не самых эффективных установках с КПД 50%, можно получить 9,5 млн. т условного топлива, что в 2,4 раза больше, чем ежегодно требуется предприятиям отрасли.

Наиболее известный способ утилизации отходов лесозаготовок — газогенерация — превращение древесины в газообразное топливо. В послевоенные годы в СССР действовало около 2,5 тыс. стационарных газогенераторных установок, они производили ежегодно 25 млрд. м³ газа. Транспортных газогенераторов, работающих на специальном сухом древесном топливе, насчитывалось несколько десятков тысяч. Они стояли на 68% парка лесовозных машин, 27% — хозяйственных автомобилей, на всех тралевочных тракторах, на многих речных судах. Однако впоследствии по мере открытия новых месторождений нефти и газа интерес к подобным установкам упал, и опыт их проектирования, создания и эксплуатации был утрачен.

В последнее время во всем мире возрождается интерес к газогенераторным установкам, а в лесозаготовительной промышленности агрегаты такого типа, по мнению специалистов, могут стать основными. Установки для получения газа из древесины проектируются, строятся и работают в различных странах. Например, в Швеции в г. Студовик такая установка перерабатывает 12 т отходов в сутки. Планируется строительство завода, способного утилизировать все, что не найдет применения на деревообрабатывающем производстве близ г. Каликс: будущий завод будет ежегодно экономить 0,2 тыс. т жидкого топлива. В США разработкой газогенераторов на древесном топливе занимаются более 30 компаний, они предлагают переводить существующие котельные, потребляющие мазут или природный газ, на генератор-

ный газ. Это значительно выгоднее, чем переоборудовать их на непосредственное сжигание древесного топлива.

Ведутся работы в том же направлении и у нас. Интересная экспериментальная установка по переработке щепы, стружки, опилок, коры, сучьев создана в Ленинградской лесотехнической академии имени С. М. Кирова. Это довольно крупная установка высотой 6,3 м и объемом 6 м³, производительностью 900—950 м³ газа в 1 ч. Но это едва ли не единственная известная попытка реализовать на практике перспективную ресурсосберегающую технологию. Ведущий наш производитель древесных отходов — Минлесбумпром пока не проявил интереса к разработке и внедрению газогенераторных установок на подведомственных предприятиях. Здесь по-прежнему придерживаются привычного курса: прямое сжигание отходов в топках котлов или вывоз их на свалку...

Необходимо, однако, подчеркнуть, что из показателей энергосбережения, как, впрочем, и из других показателей, не надо делать фетиша, некую единственную цель, к которой надо обязательно при всех обстоятельствах стремиться. При рассмотрении вопроса об эффективности той или иной технологии эти показатели следует рассматривать в совокупности, сопоставлении с остальными и только после этих сопоставлений делать окончательные выводы о целесообразности внедрения той или иной технологической новинки.

Скажем, производство алюминия намного более энергоемко, чем производство эквивалентного количества стали. Полная энергоемкость 1 т алюминия составляет примерно 3 т условного топлива, что в 1,5 раза выше энергоемкости замещаемого черного металла. Но более высокий расход энергии на производство алюминия окупается в сфере эксплуатации изделий из него. К примеру, дополнительный расход энергии на производство алюминия для железнодорожных вагонов «возвращается» в течение пяти лет, если сравнивать с эксплуатацией более тяжелых стальных вагонов. Ведь на вождение поездов из таких вагонов тратится гораздо меньше энергии, чем на вождение поездов, составленных из стальных вагонов. Этот пример убедительно говорит, как важно выносить вердикт об эффективности той или иной энергосберегающей технологии только пос-

ле учета расхода энергетических ресурсов по всему циклу производства и потребления продукции или услуг.

При этом вынести такой вердикт бывает не просто. Наиболее перспективные из применяемых принципиально новых технологий — плазменная и квантовая, имеющие чрезвычайно широкий спектр применения — от горнорудной промышленности, машиностроения и раскрытия тканей до земледелия и медицины, отнюдь не принадлежат к числу энергоэкономных. Так, электроемкость разрушения горных пород лазерным лучом в 400—600 раз, а потоком плазмы в 100—200 раз выше, чем традиционными механическими или гидравлическими методами. Расход электроэнергии для плавки 1 т металла в плазмотроне составляет 5000—20 000 кВт·ч, т. е. в 10—40 раз больше, чем в обычной дуговой печи. Причем в обозримом будущем эти технологии явно не станут конкурентами традиционным по части энергосбережения. Почему же ученые и инженеры так упорно ведут работы по совершенствованию и внедрению этих явно энергорасточительных технологий? Все дело в том, что они обеспечивают значительно более высокое качество продукции, значительное повышение производительности труда, а в ряде случаев позволяют выполнять операции, вообще не выполнимые какими-либо другими способами. Значит, конечный экономический результат от их внедрения не обязательно со знаком «минус». К тому же идет наработка технического задела на будущее, постепенно повышается эффективность, значит, и конкурентоспособность подобных технологий.

Так обстоят дела с внедрением ресурсосберегающих технологий в некоторых отраслях промышленного производства. Но заметим, что слово это — технология — имеет отношение и к приготовлению пищи, и к уборке квартиры, и к способам освещения городских улиц. О том, как решается проблема энергосбережения в этих бытовых технологиях, пойдет речь в следующей главе.

«НЕ ЗАБУДЬТЕ ВЫКЛЮЧИТЬ ТЕЛЕВИЗОР!»

Призывы экономить электроэнергию окружают нас и сопровождают всю жизнь, начиная с детства, от плаката «Уходя, гасите свет!», украшающего присутствен-

ные места, и до настырного «Не забудьте выключить телевизор!», провожающего нас ко сну. Но достигают ли цели такие призывы? И не целесообразнее ли проводить вместо них серьезную, планомерную, хорошо организованную работу, нацеленную на действительную экономию электроэнергии в быту.

Не знаю, можно ли встретить в американских штатах Пенсильвании и Нью-Джерси такое обилие плакатов, призывающих к экономии электроэнергии, как у нас. Зато там есть то, чего уж точно нет у нас, — долгосрочная программа экономии энергии в жилищном хозяйстве. Программа предусматривает предоставление всем желающим услуг по экономии энергии в жилых домах. Среди них улучшение теплоизоляции, установка дополнительных рам и дверей, монтаж аппаратуры, регулирующей теплоснабжение в зависимости от времени суток. Эти услуги выполняются компаниями, заключившими контракт с предприятиями электро- и газоснабжения. Реализация программы выгодна всем участникам этого интересного эксперимента. Ожидается, что предприятия электро- и газоснабжения получат возможность сэкономить за 15 лет 210 млн. долл., а экономия средств у потребителей составит за 10 лет около 50 млн. долл.

Интересные работы в части внедрения ресурсосберегающих технологий в быту ведутся в Китайской Народной Республике. Уже в очень многих теплицах смонтированы гелиоподогреватели. На большей части территории страны они могут эксплуатироваться 5—8 мес в год, а в ряде районов — круглогодично. Широко распространены солнечные кухни с параболическим рефлектором площадью 2—2,5 м². Такая кухня позволяет снизить годовые расходы на дрова для семьи из 5 человек на 30—50%. Сооружено несколько плавательных бассейнов с гелиообогревом. На многих железнодорожных станциях установлены светофоры, получающие питание от солнечных элементов.

Наша страна, понятно, находится не в стороне от этих процессов. Но экономия энергии в быту для нас в силу ряда объективных причин принимает иные формы, чем на Западе. Главные из этих причин — чрезвычайно широкое применение в быту природного газа и наличие развитых систем теплоснабжения. Иначе говоря, и в этой сфере реальные экономические результаты могут быть достигнуты при условии деятельного участия

государства, реализации широких общегосударственных программ.

И тем не менее в быту ныне расходуется столько электроэнергии, сколько вырабатывают ее несколько крупнейших сибирских ГЭС. Создание совершенных энергосберегающих технологий для дома, для семьи — задача и для нас чрезвычайно актуальная. К сожалению, решается она, прямо скажем, неудовлетворительно, и большинство наших электробытовых приборов не совершенны, неэкономичны.

Многие электроплитки, скажем (а их популярность в последнее время растет в связи с бурным развитием садового строительства), имеют КПД, не превышающий 60%. Малоэффективна теплоизоляция, применяемая во многих холодильниках. Подсчитано, что из-за применения холодильников, где для теплоизоляции используются такие устаревшие материалы, как стекловата и пенополистирол, у нас перерасходуется ежегодно 8—10 млрд. кВт·ч электроэнергии. Многие бытовые приборы не оснащены регулирующими устройствами и средствами автоматики, что также приводит к огромным непроизводительным затратам энергии.

Уже давно ставится вопрос о более широком применении в быту люминесцентных ламп. Ведь светоотдача люминесцентной лампы мощностью, скажем, 20 Вт равна светоотдаче лампы накаливания мощностью 150 Вт. Нетрудно подсчитать, что дает экономике замена на люминесцентные хотя бы части домашних осветительных приборов, ведь на освещение расходуется до трети потребляемой в быту электроэнергии.

Конструкторы в последнее время многое сделали, чтобы преодолеть недостатки люминесцентных ламп: придать им более привлекательную форму, улучшить цветопередачу. Осваивается производство кольцевых U и W-образных ламп, которые позволят не менять привычные, традиционные очертания светильников, налаживается выпуск галогенных ламп, вворачиваемых в обычный патрон. К сожалению, масштабы этих работ оставляют желать лучшего.

Большие выгоды сулит наращивание производства плавных полупроводниковых регуляторов, поддерживающих оптимальный режим работы многих приборов. Они на 10—20% увеличивают срок службы бытовых

приборов и снижают расход электроэнергии в отдельных случаях на треть.

Известно, какую большую популярность в последнее время приобрели полуавтоматические стиральные машины типа «Малютка». Наиболее известны машины, выпускаемые в Москве и Свердловске. В отличие от традиционных конструкций с двумя баками — для стирки и отжима белья у «Малютки» один бак. Такой агрегат вдвое легче и меньше, его легко разместить в малогабаритной ванной комнате и даже под раковиной. Естественно, и трудоемкость изготовления такой машины намного меньше, а это тоже сбережение электроэнергии.

Номенклатура бытовых электротоваров все время растет. В магазинах в последнее время появились электробабушки для обогрева ног, портативные сушоздушные и паровые бани. Получают распространение домашние электротеплицы и инкубаторы, электрические кормоплодорезки для домашних ферм. Стимулом для расширения выпуска подобных изделий скоро станут арендный подряд, фермерство. И очень важно, чтобы все подобные изделия работали по энергосберегающим технологиям.

Здесь нам многому надо учиться у зарубежных специалистов по бытовой электротехнике. Почему, например, многие наши бытовые приборы, в частности электроплиты и водоподогреватели, по мощности чуть ли не в десять раз слабее зарубежных? Подобное «крохоборство», может быть, и дает в отдельных случаях небольшой выигрыш, но если иметь в виду конечный комплексный результат, включающий разное ускорение приготовления пищи, создание более комфортных условий для жилья, то налицо скорее потери — и экономические, и в настроении, самочувствии людей.

Но и слепое копирование западных образцов тоже, случается, дает прямо противоположный результат. Явно с учетом лучших мировых образцов создавалась, например, стиральная машина «Вятка-автомат». И результат вроде бы неплохой — машина получилась весьма совершенной и в принципе весьма экономичной. А вот применяется в ограниченных масштабах, спрос на нее невелик. Почему? Не стыкуется со стандартными электрическими сетями, требует специальной подводки электроэнергии из более мощных «лифтовых» сетей. И по га-

баритам велика — в ванной комнате не помещается, а кухню загромождает...

Здесь нельзя не сказать о том, что у нас в стране неоправданно распространены электробытовые приборы, прямо стимулирующие неоправданную расточительность. Эти приборы «съедают» ежегодно столько электроэнергии, сколько нужно ее крупному промышленному городу. Речь идет о стабилизаторах напряжения и автотрансформаторах, увы, в наших условиях необходимому приложению к миллионам телевизоров и радиоприемников. Люди вынуждены приобретать их и пользоваться ими, потому что теле- и радиоприемники работают нормально только в том случае, если колебания напряжения в сети не превышают $\pm 5\%$ от номинального уровня и лишь кратковременно $\pm 10\%$. У нас же диапазон колебания, как правило, значительно выше, что сокращает срок службы аппаратов либо вообще приводит к выходу их из строя.

Наши экономисты, хозяйственники, специалисты-энергетики, народные депутаты справедливо ставили вопрос о том, что должна быть общегосударственная комплексная программа внедрения энергосберегающих технологий в быту. В ее создании, кроме энергетиков и электротехников, должны принять участие строители, архитекторы, экономисты, социологи, медики, ученые других специальностей.

Само собой, эта программа должна быть подкреплена конкретной организаторской работой. Вспомним, какие надежды связывались в свое время с люминесцентными светильниками. Объем их ежегодного производства в нашей стране достигает многих десятков миллионов. Однако используются они все же далеко не везде, где это возможно и целесообразно. В общем-то, всем известно, что светоотдача люминесцентных ламп в 5 раз выше, чем у ламп накаливания, что служат они в среднем в 13—15 раз дольше. Но внедрение их было организовано формально, с многочисленными ошибками, что, по существу, дискредитировало прогрессивное новшество.

Подавляющее большинство выпускаемых в нашей стране люминесцентных ламп марок ЛБ (белая, с цветовой температурой 3500 К) и ЛД (голубоватая, дневного света, с цветовой температурой 6500 К). Они хороши для освещения производственных цехов, контор-

ских помещений, учебных аудиторий, где не так сказывается привносимое ими искажение в восприятии цветов. Но они абсолютно не применимы, например, в медицинских учреждениях, магазинах. Легко представить, к каким трагическим последствиям привело бы, например, если бы хирург в освещенной таким светильником операционной спутал артериальную кровь с венозной. Между тем на первых порах у нас не очень-то заботились о правильном выборе марки светильников для тех или иных целей.

Скажем, в магазинах гораздо целесообразнее применять лампы ЛЕЦ (естественные, с улучшенной цветопередачей, цветовая температура 4000 К). Когда в женской секции московского магазина «Петровский пассаж» применили такие лампы, возврат купленных товаров резко сократился, люди стали меньше бегать от прилавка к окну, чтобы выяснить, какого все-таки цвета купленная одежда или кусок ткани. А для освещения квартир и кафе разработана лампа ЛТБУ (тепло-белая, с улучшенной цветопередачей, цветовая температура 2800 К). Ее свет носит слегка розоватый оттенок. Для медицины разработаны лампы ЛХБ (холодные, естественные, с цветовой температурой 5000 К) и ЛХБЦ (холодно-естественного цвета, с улучшенной цветопередачей). Правда, эти лампы чуть менее экономичны, светоотдача у них меньше — за повышенное качество, улучшенную цветопередачу надо платить. Но все равно они гораздо эффективнее, выгоднее ламп накаливания.

Немалый «вклад» в дискредитацию энергосберегающего люминесцентного освещения внесли недоброкачественно сделанные индуктивные дроссели, непременно спутники каждой лампы — они шумят. Это затрудняет внедрение ламп дневного света в школах. Нет, шум не мешает учителю, к нему можно привыкнуть. Но ребяташки нередко засыпают под мерное гудение дросселей. А ведь шум происходит от сущей мелочи — от того, что стальные пластинки в сердечнике дросселя плохо скреплены при сборке.

И снова скажем: при решении проблем внедрения энергосберегающих технологий в быту важно, помимо собственно экономии энергии, учитывать и другие жизненно важные факторы. Скажем, применение электроэнергии для приготовления пищи в принципе менее эффективно, чем использование газового топлива. Однако

то, что электроплиты обладают более высокими комфортно-гигиеническими показателями (хотя это и не поддается прямой экономической оценке), вещь абсолютно бесспорная. Отсюда курс на массовое производство и установку в квартирах за счет государств электрических плит, парк которых исчисляется ныне миллионами. Налицо растущий спрос населения на электроводонагреватели, различные приборы для дополнительного отопления помещений и т. д. Можно ли под лозунгами энергосбережения ограничивать этот спрос, сокращать производство подобных электробытовых приборов? Нет, конечно.

Ныне в непроизводственной сфере расходуется всего лишь около одной седьмой всей потребляемой энергии, в том числе в жилищном секторе — около 6%. Это очень малая доля. Она свидетельствует о низкой комфортности наших жилищ, о низком уровне механизации труда в быту. Вот почему внедрение энергосберегающих технологий в бытовой сфере надо сочетать с дальнейшим повышением уровня электрификации быта, с увеличением масштабов производства бытовых электроприборов и с расширением их номенклатуры.

Нельзя не сказать и о том, что решению проблем энергосбережения немалый ущерб наносят ведомственные барьеры — характерная черта нашей бедной разоренной экономики. Проблема эта — не исключение из многих других, ей подобных. Metallурги в погоне за валом — за увеличением производства металла в тоннах — производят сталь совсем не тех марок, что нужна машиностроителям. Хлебопеки клянут хлеборобов, которые опять же в погоне за ростом урожайности выращивают зерно, из которого ни хорошей муки не смолоть, ни вкусного хлеба не испечь... Так вот, в то самое время когда инженеры-электротехники бьются над тем, чтобы выпускать экономичные, энергосберегающие приборы и уменьшить потребление электроэнергии в быту, архитекторы все делают, чтобы это потребление увеличить. Речь идет о массовом строительстве домов с лоджиями.

Лоджии уменьшают поступление света в комнату, затеняют ее. Если принять, что 100-ваттная лампочка в комнате с лоджией горит ежедневно на час дольше, то перерасход составит 36,5 кВт·ч в год. Небольшая вроде бы цифра, но помножьте ее на по меньшей мере

10 млн. лоджий в стране (на самом деле их гораздо больше, как и часов с включенным искусственным освещением, прибавьте традицию застекления лоджий — в этом случае свет в комнате горит днем практически постоянно), и вы получите перерасход в 365 млн. кВт·ч электроэнергии, что эквивалентно 20 тяжеловесным эшелонам угля, израсходованного без всякой пользы... Впрочем, повторяем, число этих зряшных эшелонов наверняка гораздо больше.

Можно ли уменьшить эти потери? Да, кое-что можно сделать. Ну, скажем, окрашивать внутренние стены в лоджиях в белый цвет или в иные цвета светлых оттенков. То же самое, кстати, надо сказать и о стенах квартир. Мода оклеивать стены обоями под малахит, под кирпич, под дерево не способствует энергосбережению. И далеко не случайно так распространены на Западе (чтобы убедиться в этом, достаточно перелистать любой рекламный журнал) мебель светлых расцветок и даже белая, светлые обои и шторы. Это не только нарядно, красиво, но и экономично, ибо способствует снижению расхода электроэнергии. Наша же промышленность с упорством, достойным лучшего применения, наращивает выпуск темно-коричневого и темно-зеленого линолеума, темных, тяжелых ковров и т. д. Не предпринимается ни малейших попыток увязать труд дизайнеров и архитекторов с проблемами энергосбережения, проводить соответствующую эстетико-воспитательную работу с населением.

Энергосберегающие технологии в быту приобретают подчас непривычные, даже экзотические формы, например озеленение дворов и улиц. Скажем, в американском штате Флорида очень много электроэнергии тратится на кондиционирование. Но если рядом с домом расположены зеленые насаждения, кондиционеры включаются реже. А если дом со всех сторон окружен деревьями, то расход энергии снижается весьма ощутимо — на 50—60%. Специалисты подсчитали, что если вокруг всех домов возвести «зеленые барьеры», то расход электроэнергии на кондиционирование в штате можно уменьшить почти на четверть.

Разумеется, все надо делать с умом. В Москве немало микрорайонов, возведенных в 50—60-е гг. и состоящих в основном из хрущевских пятиэтажек. Тогда обычно новые дома обсаживали молодыми деревьями — ясе-

нями, тополями. Сейчас они выросли, поднялись выше крыш и стали затенять окна домов. Довелось бывать в таких домах, где электричество горит почти беспрерывно. Спилить же деревья нельзя — взбунтуется набравшая в последнее время силу общественность. Но зайдите, ежели представится случай, во двор жилого дома в Хельсинки или Будапеште. Если там и есть деревья, то редко поднимаются выше окон второго этажа. Каждые 10—15 лет зеленые насаждения во дворах подновляют, и от этого их дизайн отнюдь не страдает. А экономия электроэнергии достигается немалая...

Сейчас в нашей стране вновь развивается индивидуальное жилищное строительство. Неплохо было бы учесть все эти факторы при сооружении домов, при разработке проектов озеленения. Равно как и другие достижения в этой области. Скажем, любопытный метод уменьшения тепловых потерь в индивидуальных жилых домах разработали инженеры фирмы «Консолидейтед» американского города Кливленд. Внешняя поверхность крыши покрывается пластинами из специального алюминиевого сплава, которые накладываются на липкую поверхность только что уложенного слоя кровли. Эффект впечатляющ: потери тепла уменьшаются почти вдвое по сравнению с покрытием обычного типа.

Кому-то это покажется мелочью — много ли электроэнергии сэкономит озеркаливание крыши одного дома? Узы, наши перспективы по части пополнения запасов энергоресурсов таковы, что приходится не пренебрегать любой мелочью. Во всем мире развернулся сейчас интенсивный поиск новых источников сбережения энергоресурсов, новых энергосберегающих технологий.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ—XXI ВЕК

Итак, речь пойдет об энергосберегающих технологиях XXI в.

Еще пять—десять лет назад экономические прогнозы утверждали, что к 2020 г. потребность электроэнергии на Земле возрастет в 2—3 раза. Сейчас называют гораздо более осторожные цифры. Специалисты предупреждают прогресс в создании и освоении энергосберегающих технологий, в результате чего потребление энергии в ряде стран не только не возрастет, но даже существенно сократится. Об этом говорят исследования междуна-

родной группы специалистов, проведенные по заказу Института мировых исследований в Вашингтоне и Центра по исследованию энергетики и среды в Принстоне. Даже развивающиеся страны с очень низким уровнем душевого энергопотребления могли бы достичь уровня жизни людей в Западной Европе в 70-х гг. (очень высокого по стандартам западных стран), увеличив потребление энергии в расчете на душу населения всего лишь на треть.

Проведен весьма убедительный расчет перспектив энергосбережения для Бразилии, где, затратив около 10 млрд. долл. на установку более эффективно работающих холодильников, уличных осветительных сетей, электродвигателей и т. д., можно отказаться от строительства новых электростанций, сэкономив вчетверо большую сумму — около 44 млрд. долл.! Крупнейшие резервы энергоснабжения XXI в. — новые теплоизоляционные материалы, улучшающие теплоизоляции зданий. Уже сейчас американские строительные фирмы заявляют, что можно построить небольшой дом общей полезной площадью 130 м², отопление которого в климатических условиях Нью-Йорка обойдется в мизерную сумму — не более 160 долл. в год. Подсчитано также, что, если заменить все ныне существующие в США холодильники и кондиционеры на более современные, можно будет закрыть 18 крупных атомных или угольных электростанций.

Что совершенно естественно для капиталистического мира, решить все эти задачи предполагается, используя исключительно экономические рычаги. В том числе рекомендуется ликвидировать государственные субсидии на развитие энергетики, изменить систему цен с тем, чтобы создать побудительные стимулы к внедрению энергосберегающих технологий, стабилизировать потребительские цены на нефтепродукты и т. д.

Небезынтересно, что умеренный рост энергопотребления в обозримом будущем предсказывается и европейскими исследователями. Так, в ФРГ к 2000 г. потребление энергоресурсов вырастет всего на 10% по сравнению с 1979 г., когда зарегистрирован был максимальный уровень их потребления. Во Франции потребление первичных энергоресурсов вырастет всего на 1,8% в год. Интересно, что благодаря развитию атомной энергетики, использованию больших объемов газа, альтерна-

тивных источников получения энергии доля самого дорогого энергоносителя — нефти — в общем балансе энергетических топлив почти повсеместно сократится. В Бельгии, например, эта доля в 1982 г. составляла 52,2%, в 1990 г. составит 42,9%, а в 2000 г. — всего лишь 40,6%.

По приведенным выше цифрам видно, что тенденции в поисках новых путей энергосбережения для разных стран отличаются, хотя в условиях Европы разница не слишком заметна. Это обусловлено различными природными условиями, накопленным опытом, техническим заделом, национальными традициями и т. д. Иное дело — Япония. Практически полная зависимость энергетики этой страны от дорогостоящего импортного топлива — нефти и газа — порождает серьезные проблемы, побуждает искать свой, японский путь развития энергетики. Эти поиски интенсифицируются высокими темпами индустриализации и быстрым экономическим развитием, продолжающимся и поныне. В связи с этим правительством страны поставлена задача замены нефти другими энергоресурсами, в числе которых уголь, атомная, гидро-, геотермальная и солнечная энергия, энергия биомассы. Ассигнования на исследования в области альтернативных источников энергии составляют ежегодно многие десятки миллионов иен. Для решения проблемы рационального энергообеспечения в Японии еще в 1974 г. была принята программа «Sunshine» — «Солнечное сияние».

Как и предусмотрено этой программой, в 1981 г. в префектуре Кагава были построены 2 опытные солнечные энергоустановки башенного и модульного типа — мощностью по 1000 кВт каждая. Продолжаются работы по снижению стоимости солнечных батарей. В префектуре Ямагата действует экспериментальная приливная электростанция с 7 агрегатами общей мощностью 616 кВт. Построена опытная электростанция мощностью 31,5 кВт, использующая для получения электроэнергии разность температур различных слоев воды в океане.

Весьма интенсивно ведутся работы в области геотермальных электростанций, мощность которых в ближайшей перспективе предполагается довести до 100 тыс. кВт. Предполагается построить электростанции на солнечной энергии мощностью до 500 тыс. кВт. В рамках программы «Солнечное сияние» на о. Мияке построена

экспериментальная ветроустановка, которая при скорости ветра 10 м/с развивает мощность 100 кВт.

Наконец, интересный эксперимент осуществила в префектуре Осака фирма «Мацусита Дэнки сангё». Она построила комбинированную установку для отопления и горячего водоснабжения жилого дома. В состав установки, расположенной, кстати, на высоте 1026 м над уровнем моря, близ вершины горы Конго (отметим это обстоятельство особо — данное техническое решение особенно эффективно в условиях высокогорий), входят: ветровой генератор максимальной мощностью 1 кВт, электрический аккумулятор емкостью 600 ам/ч, 114 солнечных коллекторов, бак для горячего водоснабжения, бак-аккумулятор для отопления и напольная отопительная панель. Ценность эксперимента в том, что он представляет собой попытку создать систему гарантированного энергоснабжения целиком на базе альтернативных возобновляемых источников энергии.

Цель программы «Солнечное сияние» — снизить долю нефти в энергобалансе страны в 1990 г. до 50% и одновременно довести долю альтернативных источников энергии до 5%. По-видимому, скоро результаты реализации программы будут опубликованы, и мы узнаем, в какой мере удалось решить эту задачу.

Кстати, об альтернативных источниках энергии и энергосберегающих технологиях. Буквально с каждым годом проекты по этой части становятся все смелее и оригинальнее. Скажем, еще недавно приливные электростанции (ПЭС) предполагалось возводить лишь в устьях рек, где с помощью относительно небольшой плотины можно управлять движениями больших количеств воды. Недавно группа инженеров из английской фирмы «Морган Хорн» предложила строить такие станции... в открытом море. Намечено 8 участков мелководного моря близ берегов Великобритании, где высота прилива в среднем около 6 м и его стабильность приемлема для размещения таких станций. Здесь, по подсчетам специалистов, могло бы производиться столько электроэнергии, что ее хватило бы для удовлетворения четвертой части сегодняшних потребностей страны.

По проекту предусмотрено возводить невысокие дамбы-выгородки на расстоянии около 10 км от берега. На них будут установлены шлюзы и турбины, позволяющие использовать движение воды в обе стороны как при при-

ливе, так и при отливе. При реализации этого проекта отпадает необходимость в сооружении громоздких шлюзов, без которых не обойтись электростанциям, возводимым в устьях рек. Удастся избежать затопления обширных приморских равнин и подболоченных участков — мест обитания околотовных животных и птиц. А на вынесенных далеко в море дамбах можно будет сооружать и ветровые электростанции.

Каждый киловатт-час, полученный на электростанции такого типа, будет примерно на треть дешевле, чем произведенный на обычной приливной, эта цена будет сопоставима с ценой энергии, вырабатываемой на атомных станциях. Но главный аргумент в пользу приливных электростанций нового типа — безупречная экологическая чистота, что делает их особенно привлекательными в наше время с его обилием грязных технологий.

И тем не менее, строя планы на будущее, нельзя игнорировать трудности и проблемы, связанные с созданием приливных ГЭС. Главные из них — неравномерность получения энергии в течение суток и весьма большие капитальные затраты на сооружение такой станции. Пока себестоимость энергии, получаемой на таких станциях, довольно высока. Только французам удалось построить ПЭС РАНС, где каждый киловатт-час обходится дешевле, чем на тепловой станции, и лишь немного дороже, чем на АЭС. И то для этого потребовалось несколько лет упорной работы специалистов по устранению недостатков.

Обращаясь взорами к энергии моря, люди стремятся получать энергию не только от приливов, но и от возникающих волн морей и Мирового океана. Их потенциальная мощность огромна — до 10 млрд. мВт, хотя технически можно использовать не более 50 млн. мВт. Небезынтересно, что первый патент на способ преобразования энергии волн был выдан еще в XVIII в., а к настоящему времени число таких патентов превысило 1000. Кстати, первая волновая станция мощностью 1 кВт была построена во Франции близ Бордо еще в начале этого века.

Существует несколько реалистических предложений по созданию таких станций. Простейшее использует эффект поплавков — колебательные механические движения, создаваемые волнами, преобразуются в электрическую энергию. Другой тип установки — осциллирующий

(колеблющийся) водный столб — основан на принципе сжатия и расширения воздушного столба, заключенного в цилиндре, который расположен ниже минимального уровня волн. Кстати, установки такого типа серийно производятся в Японии, там эксплуатируется уже несколько сотен таких агрегатов. В Великобритании предложена схема «контурный плот» или «ныряющая утка», где главное — изменение углового положения поплавка под воздействием волн. Эксперименты со станцией такого типа ведутся более 10 лет. Имеется проект волновых электростанций мощностью 4—10 тыс. кВт, а к 2000 г. в Англии предполагается довести мощность волновых станций до 4 млн. кВт.

Работы в этой области в последнее время вышли из стадии экспериментов и обрели вполне коммерческий характер. Так, норвежская компания «Норуэйв» подписала недавно с правительством Индонезии контракт, согласно которому на острове Бали будет построена первая в стране электростанция, получающая энергию от морских волн. Ее мощность — 1 тыс. кВт. В основе конструкции ВЭС лежит принцип конического стока. По наклонной плоскости, установленной у подножия приморского утеса, избегают волны. Выход на плоскость заканчивается воронкой, по которой вода, подпираемая волнами, устремляется к резервуару. Отсюда через другой выход вода возвращается в море. Первые четыре года электростанцией будет владеть норвежская фирма, которая затем безвозмездно передает ее Индонезии. За этот срок она окупит себя, а стоимость получаемой на ней электроэнергии будет ниже, чем платят жители острова Бали за энергию электростанций, работающих на привозном топливе.

И еще одно «морское» направление энергетики. Оказывается, в море можно создавать не только гидравлические, но и тепловые электростанции. Для получения электроэнергии в них используется разность температур поверхностных и глубинных слоев океана, составляющая в некоторых районах 20—25°С. Стоит ли говорить, что запасы тепловой энергии океана практически неограничены...

В ОТЭС — океанических тепловых электростанциях с замкнутым термодинамическим циклом — теплая поверхностная вода температурой 26—30°С используется для испарения рабочей жидкости с низкой температурой

кипения — аммиака; хладона и др. Пары приводят в действие турбогенератор. Холодная вода глубинных слоев температурой 4—7°С используется для охлаждения конденсатора.

Применение тепла океана для получения электроэнергии — эта тема изучается учеными многих стран — США, Японии, Франции, Швеции, Индии. Уже эксплуатируется ряд опытных ОТЭС. Стоимость энергии здесь довольно высока, но она приемлема, например, для океанических островов, куда сложно и дорого завозить обычное топливо — нефть и уголь.

Впрочем, проблем и здесь хватает. Морская вода агрессивна, бороться с коррозией трубопроводов нелегко. Сложная техническая проблема — строительство платформ для ОТЭС в открытом море, организация передачи электроэнергии на сушу. Впрочем, постепенно трудности преодолеваются. По некоторым прогнозам, к 2000 г. общая мощность электростанций такого типа в мире достигнет 10 млн. кВт.

Вероятно, в XXI в. продолжатся работы по промышленному освоению энергии ветра. Уж слишком это лакомый кусочек для энергетиков. По самым осторожным оценкам, среднегодовой ветроэнергетический потенциал приземных слоев атмосферы над СССР составляет не менее 30 тыс. млрд. кВт·ч в год, т. е. примерно в 15 раз больше общего технического потенциала рек СССР. Однако трудности с освоением энергии ветра известны, о них мы уже говорили. Пока ветроэнергетические установки сложны в изготовлении и эксплуатации, не слишком надежны, трудно поддаются регулированию. Агрегаты традиционной конструкции целесообразно применять в районах со среднегодовыми скоростями ветра 8—9 м/с, а таких в нашей стране относительно немного, они занимают 5—8% от суши СССР.

Иное дело — нетрадиционные по своей конструкции агрегаты. В принципе скажем, ось вращения установки можно разместить не параллельно вектору скорости ветра, а перпендикулярно ему. Агрегаты с вертикальной осью уже построены в США, Японии, Англии, ФРГ, Канаде. Две модификации этих необычных установок созданы в СССР и в ходе опытной эксплуатации неплохо себя зарекомендовали.

Интересна идея использовать для агрегатов новых типов крылья списанных современных самолетов. Эти

крылья представляют собой весьма совершенные конструкции по прочности, аэродинамическим и другим показателям. По внешнему виду это будут очень необычные агрегаты. Представьте себе бетонное кольцо диаметром несколько десятков или даже несколько сотен метров, где по рельсам на специальных тележках двинутся подгоняемые ветром, поставленные вертикально самолетные крылья — целые вереницы крыльев. Мощность таких ветроэлектростанций может достигать 50 тыс. кВт., хотя строительство их обойдется недешево, при 15-летнем сроке эксплуатации себестоимость получаемой энергии не превысит 0,5 коп. за 1 кВт·ч (без учета эксплуатационных затрат).

Конечно, станции такого типа сильно зависят от погоды, от того, есть ветер или нет, они имеют, как это принято говорить, негарантированную мощность. Но если объединить ряд ВЭС, расположенных на разных площадках, разделенных сотнями километров, то мощность будет и гарантированной — где-нибудь уж обязательно будет дуть ветер. Еще надежнее строить такие станции в комплексе с ГЭС и ГАЭС. Хотя в принципе возможны другие способы аккумуляции электроэнергии. Скажем, ветровая станция может раскрутить мощный маховик, который будет продолжать вырабатывать электроэнергию и в безветренную погоду.

Есть страны, где и сейчас строится довольно много ветровых электростанций. В их числе Англия. Хотя стоимость электроэнергии ВЭС примерно в 1,5 раза выше, чем у электростанций, работающих на угле, она все равно значительно дешевле электроэнергии дизельных станций. Англичане поступили просто: они снабдили ветроустановками ряд действующих дизельных станций на побережье Шотландии. Нет ветра — дизель работает, есть — дизель останавливается.

А вот совсем уж экзотический проект ветровой электростанции на... воздушном змее. В принципе технически ничто не мешает с помощью крупного змея поднять воздушные турбины на ту высоту, где постоянно дуют очень сильные ветры. Скажем, на высоте 9 км, никогда не ослабевая, дует сильный ветер с постоянной скоростью 160 км/ч. Запустить туда змея на прочном стальном тросе, служащем одновременно для передачи электроэнергии на землю, не слишком сложно. Кстати, сделать его можно в форме самолета, где на крыльях вместо тяго-

вых винтов целесообразно разместить воздушные турбины. Генераторы можно установить в плоскостях крыльев, в фюзеляже поместить аварийно-спасательную систему. По командам с земли можно включать и выключать турбины и генераторы, а с помощью рулей высоты переводить электростанцию в нужный слой ветрового потока.

Кстати, об аварийно-спасательной системе. Она нужна на случай отрыва троса. Здесь важно предусмотреть парашютную систему либо наполняемый гелием в случае аварийной ситуации воздушный шар. Впрочем, вряд ли «энергозмеи» будут падать на землю чаще обычных самолетов.

Пока змеи-электростанции — только необычная техническая идея. Но она уже обсуждается на страницах печати, и никто не сказал, что идея эта технически неосуществима...

К перспективным энергосберегающим технологиям справедливо причисляют аккумуляцию в крупных масштабах солнечного тепла. Это очень соблазнительная идея — накопить впрок, летом, чтобы потом не спеша использовать всю зиму солнечное тепло. Осуществима ли эта идея?

В принципе да. Самый простой по конструкции аккумулятор солнечной энергии может быть таким: нагретая в солнечных коллекторах вода в течение всего лета ежедневно закачивается в зарытый в землю громадный бетонный или стальной бак емкостью, допустим, 100 тыс. м³. Такая машина с теплой водой не скоро остынет, и всю зиму можно понемногу расходовать эту воду на отопление небольшого микрорайона.

Можно, понятно, применять емкость и меньшего размера, но тогда нужна хорошая, а значит, довольно дорогая теплоизоляция. В Австрии, например, широко распространены траншейные аккумуляторы. Заполненная теплой водой траншея длиной 50 м, глубиной 3 м и шириной 1, 2 м позволяет запастись 35 тыс. кВт·ч тепла. В городе Ламбохов (Швеция) аккумулятор объемом 10 тыс. м³ полностью покрывает зимнюю потребность в отоплении и горячей воде 55 жилых домов.

Еще эффективнее закачивать воду, например, в искусственные или естественные скальные пещеры или в водоносные горизонты. Но тут уж как повезет — подобных образований под городом может и не быть... По-

везло, например, шведскому городу Упсале. Объем полости в подземной скале, куда закачивается теплая вода, составляет 100 тыс. м³. Ее хватает для снабжения теплом около 500 домов. Единственная проблема, связанная с эксплуатацией такого грандиозного аккумулятора, в том, что на проектную мощность он выходит не сразу, иногда на это требуется несколько лет. Ведь холодная скала долго отбирает тепло от закачиваемой воды. Зато когда стенки этого необычного «сосуда» нагреются, они тоже будут запасать дополнительное тепло.

Поиск путей аккумуляции солнечного тепла идет очень интенсивно. Надо полагать, XXI в. предложит совершенно новые идеи в этой области, новые, не известные пути решения этой исключительно важной проблемы.

Думается, что в будущем веке люди умножат усилия, нацеленные на лучшее использование биомассы. Количество энергии, содержащейся в ежегодном приросте растительной массы на земном шаре, в десятки раз превышает мировые потребности в энергии. Только в листьях растений, покрывающих земной шар, содержится столько энергии, сколько в 75 млрд. т нефти. Вот только используется она часто очень нерационально. Скажем, в Африке и сейчас миллионы людей готовят пищу на открытых очагах, КПД которых не превышает 0,5—1%. Потому и вырубка лесов на этом континенте идет с опасной интенсивностью.

Мы уже говорили выше, что сжигать в топках котлов непосредственно древесину — дело не очень перспективное, гораздо надежнее и эффективнее наладить приготовление из древесины горючего газа. Не менее многообещающая технология получения биогаза из всевозможных органических отходов. В странах Западной Европы выработка биогаза происходит в местах очистки сточных вод и на животноводческих фермах. В предместье Лондона Туикнем анаэробные установки вырабатывают столько биогаза, что его хватает для генерирования электроэнергии, обеспечивающей работу установки очистных сточных вод и насосных станций, подающих сточные воды.

Но наиболее актуальна задача получения и использования биогаза для стран «третьего мира». Некоторую помощь им в освоении этой технологии оказывает ФРГ. В этой стране создан центр по развитию и координации

работ, связанных с получением биогаза. Программа совместных работ включает организацию специальных семинаров и учебных центров. В частности, действует семинар по технологии получения биогаза в Верхней Вольте с учебным центром на 160 человек и демонстрационной установкой по переработке 150—160 кг отходов свиноферм в сутки. Осуществляется помощь в разработке и внедрении передовой технологии — эти работы ведутся совместно с национальными центрами в Никарагуа, Танзании, Кении, Бурунди, странах Карибского бассейна, Турции.

В Индии уже действуют многие десятки тысяч малых установок для приготовления биогаза. Прежде это были в основном маленькие усадебные установки; в последнее время преобладает система «одна установка на деревню». Навоз собирают от всего имеющегося в деревне скота, полученная электроэнергия также тратится на общественные цели, например на обеспечение жизнедеятельности ирригационных систем.

Весьма больших успехов в деле использования биомассы добилась Бразилия. Многие десятки спиртозаводов производят миллионы тонн метанола, применяемого в качестве добавки к моторному топливу. Есть автомобили, чьи моторы действуют на чистом спирте. Интенсивные исследовательские работы в том же направлении проводятся в США, Зимбабве, Папуа-Новой Гвинее, Кении и в ряде других стран.

В разных странах весьма интенсивно изыскиваются пути увеличения производства спирта путем сбраживания субстратов, имея в виду последующее использование его в чистом виде (после переделки карбюратора) или в смеси с бензином в качестве жидкого топлива для автомобилей. Спирт добавляют к содержащему свинец бензину для повышения его октанового числа. Использование спирта помогает экономить бензин, а также нефтяное топливо, идущее на производство присадок к бензину, повышающих его октановое число.

И наконец, оказывается, можно усовершенствовать и способы сжигания обычной древесины. Правда, в современных котлах сжигают не полешки, а древесную топливную субстанцию, приготовленную особым образом. Использование дешевой древесины экономит много гораздо более дефицитных нефти и угля, и потому

эту технологию с полным основанием можно отнести к энергосберегающим.

Скажем, в американском штате Вермонт действует теплоэлектростанция мощностью 20 тыс. кВт, работающая на щепе, здесь же функционирует установка по получению метанола способом газификации дров и древесных отходов.

А в штате Джорджия есть так называемые «энергетические плантации», на которых выращивают относительно небольшие деревья высотой 3—6 м и спиливают их каждые 5—10 лет с тем, чтобы тут же засадить эти плантации вновь. Древесная масса — ее с каждого гектара получают от 28 до 40 т — перед перевозкой транспортируется к месту очистки коры и распиловки. Примечательно, что перед сжиганием на теплоэлектростанции древесина измельчается в пыль и сжигается в топках котлов, подобно угольной пыли. Для непрерывной работы теплоэлектростанции мощностью 150 тыс. кВт необходимы лесные плантации площадью 132 км². Заметим попутно, что, помимо всего прочего, в США ежегодно перерабатываются в высокооктановое жидкое топливо сотни тысяч тонн сосновой смолы.

Наконец, самая захватывающая из энергосберегающих технологий ХХI, а возможно, и ХХII в. — это создание космических электростанций. Уже сегодня на спутниках и космических кораблях кремниевые фотоэлектрические батареи преобразуют солнечную энергию в электрическую, питающую бортовую аппаратуру и вспомогательные двигатели, однако мощность таких батарей, как правило, не превосходит 20—25 кВт. На пути создания промышленных электростанций в космосе стоят две проблемы: нужно намного — в сотни тысяч раз — повысить мощность солнечных батарей либо других устройств, производящих электроэнергию, и найти способ передачи получаемой электроэнергии на Землю. В принципе все это вполне осуществимо.

Мы уже говорили выше, что фотоэлектрические преобразователи наиболее распространенного ныне типа — на кремниевых батареях — увы, слишком дороги, а КПД их невелик. Высокая стоимость батарей обусловлена тем фактом, что большие монокристаллы кремния высокой чистоты выращивать чрезвычайно трудно. И если сейчас строить достаточно крупную космическую электростанцию, на орбиту придется забрасывать груз массой

в общей сложности многие десятки тысяч тонн, что вряд ли экономически целесообразно. Добавим еще одно достаточно неприятное обстоятельство: кремниевые элементы не вечны — из-за воздействия метеоритов, ионизирующего излучения и по другим причинам срок их службы ограничен примерно 30 годами. Значит, надо разрабатывать технологию постепенной замены этих батарей.

Будущее — в пленочных батареях, которые можно доставлять в космос в виде рулонов, а потом разворачивать. Кроме того, ученые надеются со временем получить сложные полупроводниковые материалы, гетероструктуры, которые теоретически будут способны превращать в электричество до 93% попадающего на них солнечного света. Во всяком случае остается жить надеждами, что проблема эта будет, наконец, разрешена.

Но в космос можно забросить и тепловую электростанцию почти обычного типа. На орбиту запускается спутник, разворачивающий гигантское параболическое зеркало — концентратор солнечного излучения. Солнечный зайчик направляется на теплоприемник с инертным газом или смесью двух инертных газов — аргона и ксенона. Нагретый газ вращает турбину, на валу которой находится электрогенератор. Отработанный газ, охлажденный в рекуператоре и радиаторе, вновь поступает в теплоприемник и так далее до бесконечности.

Технических проблем и здесь хватает. Наличие вращающихся узлов, многих элементов автоматики создаст достаточно высокую вероятность поломок. Трудно изготовить гигантское зеркало, с высокой точностью направить сконцентрированный в нем луч на теплоприемник. И наконец, чрезвычайно сложно и в том и в другом случае передать полученную в космосе электроэнергию на Землю.

Правда, техника знает, как это сделать с помощью СВЧ-излучения, которому не мешают ни толщина атмосферы, ни тучи. Но опять в космосе нужна передающая антенна диаметром около 1 км (и снова вопрос: как ее забросить в космос и смонтировать там?) и несравненно большая — диаметром 8—12 км — приемная антенна на Земле.

Хотя ученые считают, что уже в первой четверти следующего века в космосе будут функционировать по крайней мере несколько орбитальных электростанций, вопросов пока больше, чем ответов. Как забросить в

космос оборудование массой многие тысячи тонн? Как собрать его там? Как повлияют на состояние земной атмосферы запуски сотен транспортных ракет, а затем мощный пучок СВЧ-излучения? Как защитить от этого излучения пассажиров и экипаж самолетов и вертолетов, которые могут пересекать этот пучок? Насколько опасно СВЧ-излучение для людей, живущих вблизи от приемной антенны? Где ее строить? И наконец, где взять деньги на реализацию столь грандиозного проекта?

Как это ни странно, денег потребуется не слишком много. Конечно, речь идет о миллиардах и даже десятках миллиардов долларов, но вряд ли сооружение первой солнечной электростанции обойдется дороже программы «Аполлон», завершившейся посадкой человека на Луне. Последующие космические электростанции обойдутся, естественно, дешевле. Ведь речь пойдет о запуске в космос стандартных ракет, унифицированных элементов грузов, сборке на орбите с помощью роботов. Все это несколько удешевит энергетическую космическую программу. И все же: где взять деньги?

Путь — конверсия, глобальный перевод военной промышленности на мирные рельсы. Тогда часть высвободившихся средств и ресурсов можно будет направить на реализацию космических энергетических планов. Кстати, военное производство, обеспечение топливом военной техники, находящейся на вооружении, — чрезвычайно энергоемкое дело. Еще в конце 70-х гг. публиковались такие цифры: ежегодное потребление топлива для военных целей 700—750 млн. баррелей, что составляет не менее 3,5% его мирового потребления и в 2 раза превышает ежегодное потребление нефтепродуктов всеми государствами Африканского континента. На военную авиацию приходится третья часть всего топлива, потребляемого реактивными самолетами США.

Конверсия — крупнейший источник энергосбережения. Она же высвободит огромные материальные и людские ресурсы, которые тоже можно направить на поиск путей более экономной работы.

Создание и внедрение энергосберегающих технологий — увлекательнейшая ветвь хозяйственной, экономической работы, которая ждет талантливых людей, новых идей, смелых технических решений. На этой ноте и хотелось бы закончить работу.

Аджиев М. Э.

А 28 Энергосберегающие технологии. — М.: Знание, 1990. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Техника»; № 2).

ISBN 5-07-001227-4

15 к.

Большинство энергетических ресурсов конечно. Через небольшой промежуток времени человечество может исчерпать запасы нефти, газа, угля. Уже сейчас энергетики готовятся предложить замену этим традиционным источникам энергии. Кроме того, экономить источники энергии можно, совершенствуя уже существующую технику, постоянно снижая энергоемкость выпускаемых изделий.

Представляет интерес для инженеров и студентов.

2201000000

ББК 31.15

Научно-популярное издание

Аджиев Мурад Эскандерович

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Гл. отраслевой редактор Л. А. ЕРЛЫКИН

Редактор Г. И. ФЛИОРЕНТ

Мл. редактор Л. В. СУВорова

Обложка художника Э. К. ИППОЛИТОВОЙ

Худож. редактор П. Л. ХРАМЦОВ

Техн. редактор Т. Н. ЗАХАРЕНКОВА

Корректор С. П. ТКАЧЕНКО

ИБ № 10858

Сдано в набор 27.11.89. Подписано к печати 11.01.90. Т-00604. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1.2.1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,68. Уч.-изд. л. 3,45. Тираж 32 902 экз. Заказ 2102. Цена 15 коп. Издательство «Знание», 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 904402.

Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

В 1990 году Вы получите 12 номеров серии «Техника».

СРЕДИ НИХ:

Вторичные ресурсы экономики. Сборник

Соединение материалов. Сборник

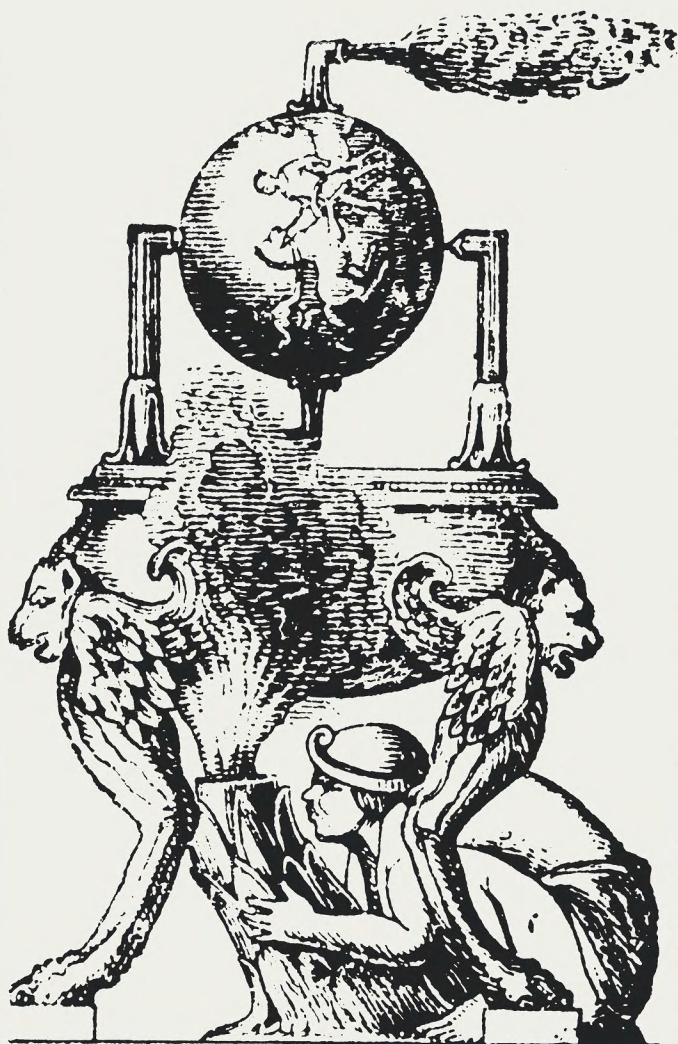
Инженер и ИТД

(индивидуальная трудовая деятельность)

Перестройка качества. Сборник

Достижения современной техники

**(О работах, удостоенных Ленинской
и Государственной премий)**



СЕРИЯ

ТЕХНИКА