

ISSN 0233-3619

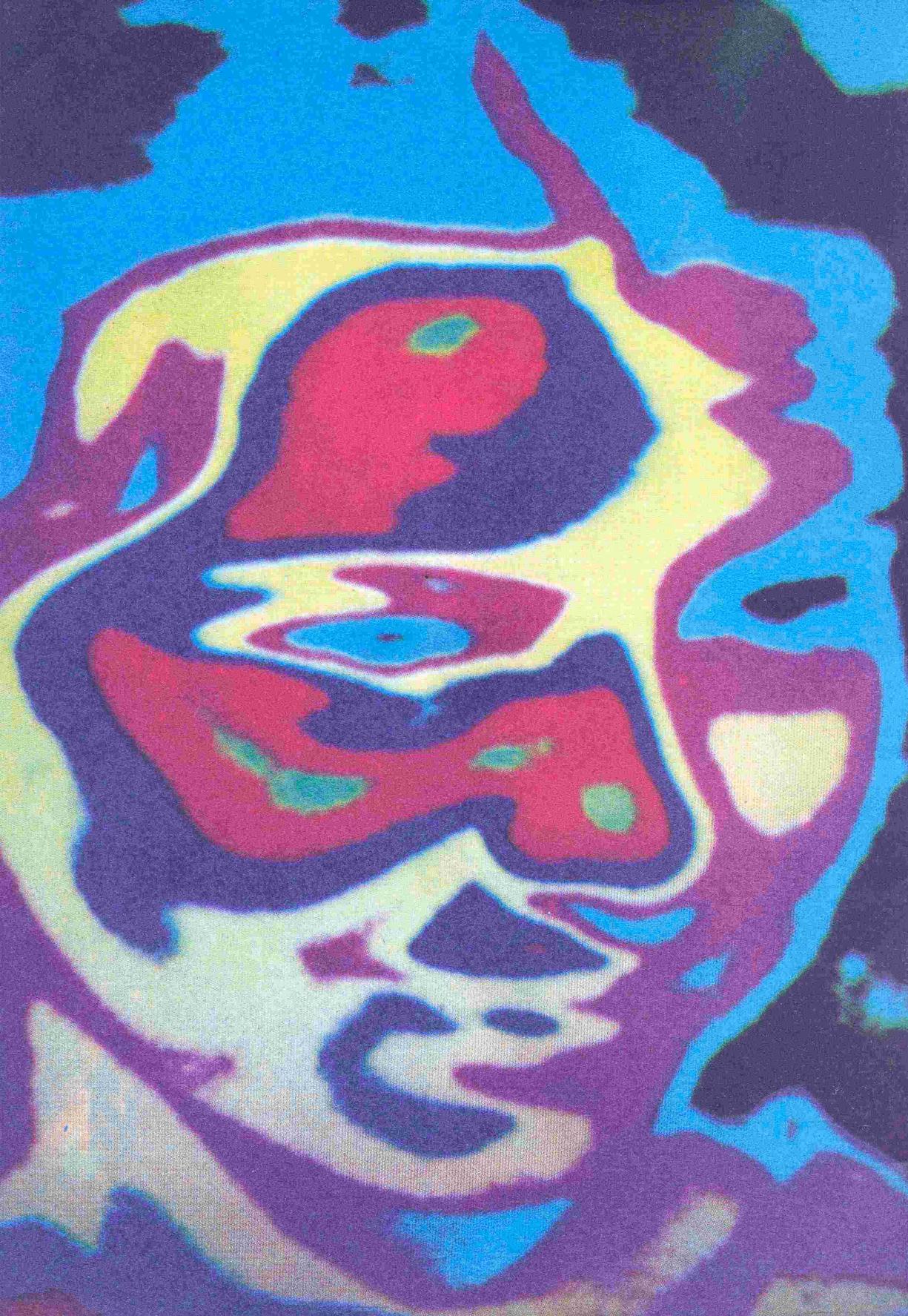
ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

3'85

E

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ
ЖУРНАЛ
ПРЕЗИДИУМА
АН СССР



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ
ЖУРНАЛ
ПРЕЗИДИУМА
АН СССР

Выходит с 1984 г.

ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА·ТЕХНИКА·ЭКОЛОГИЯ

3'85

В НОМЕРЕ

- 2** Ю. Ю. КАММЕРЕН
Неузнаваемые днем, невидимые ночью.
Сады на асфальте. В режиме полного затемнения
- 9** ПРИНАДЛЕЖИТ ИСТОРИИ...
- 13** Ю. И. МИТЯЕВ
Всего за тридцать лет
- 23** Ю. А. МЕДВЕДЕВ
Микроклимат по программе.
Управление с завязанными глазами. Кардиограммы цеха.
ЭВМ советует. Зачем проявлять инициативу?
- 27** Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ
Бортовые энергетические установки зарубежных космических аппаратов
- 33** И. И. КУЗЬМИН, А. Я. СТОЛЯРЕВСКИЙ
Запад Европы и восток Азии.
Международные прогнозы: энергетика к XXI веку
- 44** Э. М. СИМКИН
Нефть вернется, через три месяца
- 48** Рем ЩЕРБАКОВ
Кванты мегамира
- 54** В. С. ИБРАГИМОВА
Косметический точечный массаж
- 57** Б. М. БЕРКОВСКИЙ
Энергетические проблемы большой химии
- 58** Яцек ШИПУЛЬСКИЙ
К примеру, гопсофикс
- 62** И. Н. РЯБОВ
Первый международный семинар «Методы биоиндикации окружающей среды в районах атомных станций»
- 63** ПАМЯТИ УЧЕНОГО
Борис Сергеевич Петухов

Информация: На старой мачте ЛЭП... (7) * Море под охраной (8) * Первая в Софии (8) * Новый метод контроля (8) * Что делать со старыми аккумуляторными батареями? (53) * «Дровяной» кризис на юге Африки (62) * США: новые нормы содержания свинца в бензине (62) *





К 40-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

Полковник-инженер Ю. Ю. Каммерер в годы Великой Отечественной войны был начальником инженерного отдела штаба МПВО Москвы. Предлагаем вниманию читателей отрывки из его воспоминаний.

Неузнаваемые днём, невидимые ночью

Ю. Ю. КАММЕРЕР

САДЫ НА АСФАЛЬТЕ

Жители Замоскворечья июльским утром грозного 1941 года, подходя к Малому Каменному мосту, поражались. Туда ли они попали? Откуда взялась на Обводном канале новая улица, выросли дома? Правда, по улице не бежали автомобили, по тротуарам не шли пешеходы, а в домах никто не жил. Проезжая часть была из плотов и деревянных щитов, а дома — из легких каркасов, обшитых фанерой.

Бывало и так. Переходишь улицу и вдруг замираешь с поднятой ногой — чуть не наступил на зеленую ветку. Нет, ее никто не уронил, она нарисована на асфальте. На маскировочные работы были мобилизованы архитекторы, студенты архитектурного и других институтов. Трудились они мастера. Ожидались налеты фашистской авиации, и столица облачалась в военную маскировочную форму. Замаскировать, скрыть от вражеских глаз огромный город практически нельзя, но лишить гитлеровских летчиков ориентиров, возможности обнаруживать важнейшие цели и точно сбрасывать на них бомбы было можно и нужно. Именно такая задача ставилась перед службами маскировки и светомаскировки.

Очень сложная и ответственная работа по «перепланировке» города, изменению его «лица» проводилась по единому замыслу. Возглавляли ее ведущие архитекторы, опытные градостроители В. С. Андреев, И. И. Ловейко, М. В. Посохин, К. С. Алабян, Н. Я. Колли и многие другие под общим руководством главного архитектора города тех лет, позднее народного архитектора СССР, Героя Социалистического Труда Д. Н. Чечулина.

В считанные дни Москва неузнаваемо преобразилась. Наиболее широкие улицы и площади «заселили» жилыми домами, и не жалея краски, щедро «озеленили». На Садовом кольце прямо на асфальте, как в далеком прошлом, когда кольцо действительно было садовым, снова раскинулись «пышные кроны деревьев». Там же среди зелени проглядывали «разноцветные крыши домов». Плотно застроили Красную площадь. Даже крыши цехов крупных предприятий превратились в «жилые кварталы» преимущественно смешанной малоэтажной застройки, характерной для того времени. И на заводских заборах зазеленели яблони и груши.

Однако первые попытки преобразить город не увенчались успехом по одной причине. Известно, что на цель летчик

ведет самолет по таким характерным ориентирам, как излучины рек, дороги, купола церквей, большие остекленные крыши, отдельные особо приметные здания. Москву гитлеровцы отваживались бомбить преимущественно по ночам. Поэтому, чтобы обнаружить цель, они сбрасывали осветительные бомбы. При свете таких «фонарей» настоящие здания отбрасывали резкие тени, а причудливо нарисованные «дома» тени не имели и не могли привлечь внимания вражеского летчика.

Так, учась на ошибках, служба маскировки МПВО, в которую, наряду с архитекторами входили театральные художники, декораторы В. Ф. Рындин, А. Я. Гончаров, Г. И. Рублев и другие, немало потрудились над созданием бутафорских сооружений.

Осенью сорок первого года вдруг «потерялся» Мавзолей: его «накрыли» макетом двухэтажного жилого дома с мансардой, каких в ту пору в городе было немало.

Стал неузнаваемым Кремль. Его златоглавые соборы словно надели солдатские пилотки: защитная краска притушила сверкающую позолоту. Были зачехлены рубиновые звезды, венчающие кремлевские башни. Эту работу выполнили верхолазы под руководством бригадира М. Н. Матюшкина.

«Когда надевали чехол на звезду Спасской башни, — вспоминает Митрофан Николаевич, — вихрем сорвало брезент и унесло на Красную площадь. Нас удержали ремни...»

На некоторые кремлевские здания были накинуты маскировочные сети. Построек стало вроде бы больше. Стены, раскрашенные в контрастирующие цвета, создавали видимость тесно прижатых один к другому жилых домов.

По-разному, но с единственной целью — сделать незаметными, слить с рядовой застройкой — маскировались крупные здания, имевшие важное значение, — Центральный телеграф и гостиница «Москва», где размещались командные пункты, или здания, имевшие большую культурную ценность — Большой театр, театр Советской Армии.

Гитлеровцы усиленно искали Кремль и здание МОГЭС — важный в то время источник энергоснабжения города. Основными ориентирами для них были излучины Москвы-реки, Стрелка, Обводной канал. Поэтому, по замыслу маскировщи-

ков, Обводной канал строители за одну ночь превратили в улицу, похожую на соседние в старом Замоскворечье. Здание МОГЭС надстроили фанерным этажом, который укрыл высокие трубы, заметные с воздуха. И вот уже новый «жилой» дом на набережной трудно стало выделить из массы окружающих строений.

На командном пункте города велась карта бомбардировок. По ней видно, что район центра и здание МОГЭС гуще всего усеяны зловещими точками, которыми отмечались места падения фашистских бомб. Однако эффективная система ПВО и маскировочные мероприятия помогли сохранить исторический центр Москвы — Кремль и энергетическое сердце города.

Вскоре после первых вражеских налетов, на командный пункт МПВО города стали поступать странные, на первый взгляд, донесения. Вот одно из них: «Доношу, что за время моего нахождения в командировке на объекте «Плетениха» с 2/VIII-41 г. по 3/XII-41 г. вражескими самолетами было сброшено: зажигательных авиабомб до 3000 штук, фугасных 53, осветительных ракет 35, 4 раза сбрасывались листовки. Только 30/XI-41 г. сброшено 17 фугасных и до 300 зажигательных бомб и листовки. Жертв нет». Подпись донесение начальник группы МПВО Е. И. Антоненков.

Такие ложные объекты были хитростью, уловкой военного времени. Они предназначались для того, чтобы привлечь внимание врага и заставить его сбросить бомбовый груз на пустыри, вдруг ставшие «объектами оборонного значения».

Опасно недооценивать опыт и знания врага, поэтому «оборонные предприятия» проектировались по всем правилам маскировочного искусства. Каркасно-фанерные сооружения, ряды остекленных парниковых рам имитировали заводские цехи и здания. Перед налетом на территории «объекта» появлялись слабенькие огоньки, якобы от небрежной светомаскировки. Часто первые же самолеты «клевали» на эту нехитрую приманку и сбрасывали на « завод» зажигалки. Тогда наземная команда поджигала заготовленные кучи хвороста, дрова, бочки с отработанным маслом — и возникал пожар. На него, как мотыльки на огонь, набрасывались идущие следом бомбардировщики.

Помните фильм «Беспрокойное хозяйство»? Таких «хозяйств», только более

масштабных, на которые бойцы МПВО намеренно вызывали огонь, в окрестностях Москвы было немало. Например, фашисты разбомбили макет Капотинского нефтеперерабатывающего завода, соруженный по проекту архитектора Ю. И. Шевердяева в нескольких километрах от настоящего. Строились и ложные аэродромы с макетами самолетов. Макеты по специальному заказу поставлял один из московских деревообрабатывающих комбинатов. На ложные объекты гитлеровцы сбросили почти одну треть своего бомбового груза. Эта форма маскировки оказалась весьма эффективной.

Фашистское радио после первых же налетов заявляло: «Кремль и почти все вокзалы разрушены, Красной площади не существует. Особенно пострадали промышленные районы... Москва вступила в фазу уничтожения».

Однако москвичи после бессонной, наполненной тревогами ночи, по дороге на работу видели родной город невредимым и это придавало им новые силы, вселяло уверенность в победе.

В РЕЖИМЕ ПОЛНОГО ЗАТЕМНЕНИЯ

Как уже говорилось, вражеская авиация не часто рисковала появляться в московском небе в светлое время суток. Налеты в большинстве своем совершались ночью. Вот почему требовалось срочно «набросить» на огромный город темное покрывало, чтобы лишить противника возможности сориентировавшись по огням, обнаружить важные объекты. При этом напряженная трудовая жизнь столицы не должна была нарушаться.

Легко сказать, но трудно сделать, ибо немыслимо представить себе огромный город без моря огней.

Приказом по местной противовоздушной обороне Москвы и Московской области за № 1 от 22 июня 1941 г. в столице и области вводился режим так называемого полного затемнения, при котором категорически запрещалось пользоваться какими-либо «незащищенным источниками света».

Сегодняшнюю Москву летчики видят за сотни километров. А осенью 1941 года вражеские аэродромы находились совсем рядом, в Подмосковье. В темную ночь зажженную спичку невооруженный глаз улавливает на расстоянии до 800 метров. Какой же всеобъемлющей, тщательной

должна была быть светомаскировка, чтобы в темное время суток надежно спрятать работавшие заводы и фабрики, десятки тысяч жилых домов, улицы с напряженным движением, железные дороги. Какой для этого потребовался колossalный труд ежедневный, ежечасный контроль!

Центром, который возглавлял разнообразную и сложную деятельность по светомаскировке, был штаб МПВО города. Непосредственно разработкой и внедрением различных мероприятий руководили высококвалифицированные специалисты — майор С. Р. Фадеев, майор А. Ф. Лукьянов, старший лейтенант Е. И. Волнистов.

Уже вечером 22 июня 1941 года окна всех зданий города были затемнены, уличное, внутри дворовое освещение и рекламы выключены. Москва погрузилась в темноту. И надолго.

Мы и сейчас порой сетуем на недостаточную освещенность отдельных улиц. Каково же было жить, и не просто жить, а работать с предельной нагрузкой, когда город окутывала темнота?

До войны Москву освещали 26 тысяч фонарей уличного освещения (сейчас их около 170 тысяч). Особенно распространенные в то время светильники типа «Шары» и «Вашингтон» были открытыми сверху и активнее всего участвовали в московском зареве. Управлялось освещение в предвоенные годы из 2550 мест. На его выключение 350 человек обслуживающего персонала тратили полтора часа. Так было еще в 1938 году. Затем Управление наружного освещения в сжатые сроки разработало, на заводе «Светотехника» изготовили, а затем внедрили в эксплуатацию систему телемеханического управления уличным освещением. Переоборудовали осветительные сети, включение же и выключение уличного освещения сделали централизованным. Опыта у нас еще не было, и Москва первой в СССР решала эту задачу. Главными организаторами являлись начальник Управления наружного освещения А. В. Воротников и автор проекта, непосредственный руководитель работ А. А. Вепринцев.

Как вспоминают летчики авиации дальнего действия, летавшие в то суровое время бомбить Берлин, город предстал перед их взором незатемненным. То ли враг не ожидал такой дерзости от «уничтоженной» советской авиации, то ли принял

наши самолеты за свои, но лишь после первых взрывов — когда вспыхнули световыми стрелами прожекторы, засверкали разрывы зенитных снарядов — город медленно, частями стал погружаться в темноту, озаряясь огнями пожаров. Как потом подтвердилось, Берлин в то время не имел, подобно Москве, надежно действовавшего централизованного управления наружным освещением.

Итак, к началу войны все уличное освещение Москвы можно было выключать из одного пункта за несколько секунд. Однако большинство светильников все еще были слишком ярки для военного времени. Нельзя было оставлять уличное освещение в таком виде, но нельзя и полностью лишить улицы света. Поэтому в тяжелых условиях военного времени вся система быстрыми темпами приспосабливалась к жестким требованиям светомаскировки.

Маскировочное освещение значительно повысило безопасность движения транспорта, пешеходов и к тому же сыграло

определенную психологическую роль, подняло настроение москвичей.

Представим на минуту, как выглядела столица тех дней. Не светятся фонари, таблички с названием улиц. Бордюры тротуаров, углы домов на перекрестках, въезды, тумбы, выступающие части зданий, деревья и прочие препятствия окрашены известью, чтобы легче было ориентироваться пешеходам и водителям.

Не блещут разноцветьем огней витрины магазинов. Они не только зашторены изнутри, но и надежно закрыты снаружи щитами из досок, а то и обложены мешками с песком, обшиты тесом. Так обеспечивалась не только светомаскировка, но и защита от взрывной волны и осколков.

Особенно трудно было маскировать крупные цеха. К этому готовились еще в мирное время, но не все успели сделать к началу войны. В цехах предстояло закрыть многометровые боковые и верхние световые проемы (фонари), площадь которых нередко измерялась гектарами. Причем не просто закрыть, а обеспечить возможность пользоваться дневным светом, естественной вентиляцией, не допускать демаскирующих отблесков. Для

Архитектурно-художественная маскировка Мавзолея В. И. Ленина



этого применялись шторы из специальной светомаскировочной бумаги, материи, щиты, створчатые ставни из подручного материала — картона, толя, фанеры, теса, железа.

Не обходилось на первых порах и без ошибок. Например, иногда закрывали окна наглухо или закрашивали стекла темной краской. Так, например, поступили с нынешним зданием ГУМа, где в войну размещались десятки различных организаций. Там поверхность фонарей покрыли черной краской, да так добротно, что после войны пришлось менять все остекление.

При глухом запечатывании световых проемов в зданиях, где круглосуточно шла работа, особенно в горячих цехах, из-за недостатка естественной вентиляции складывались крайне тяжелые условия. Приходилось и днем трудиться при искусственном освещении.

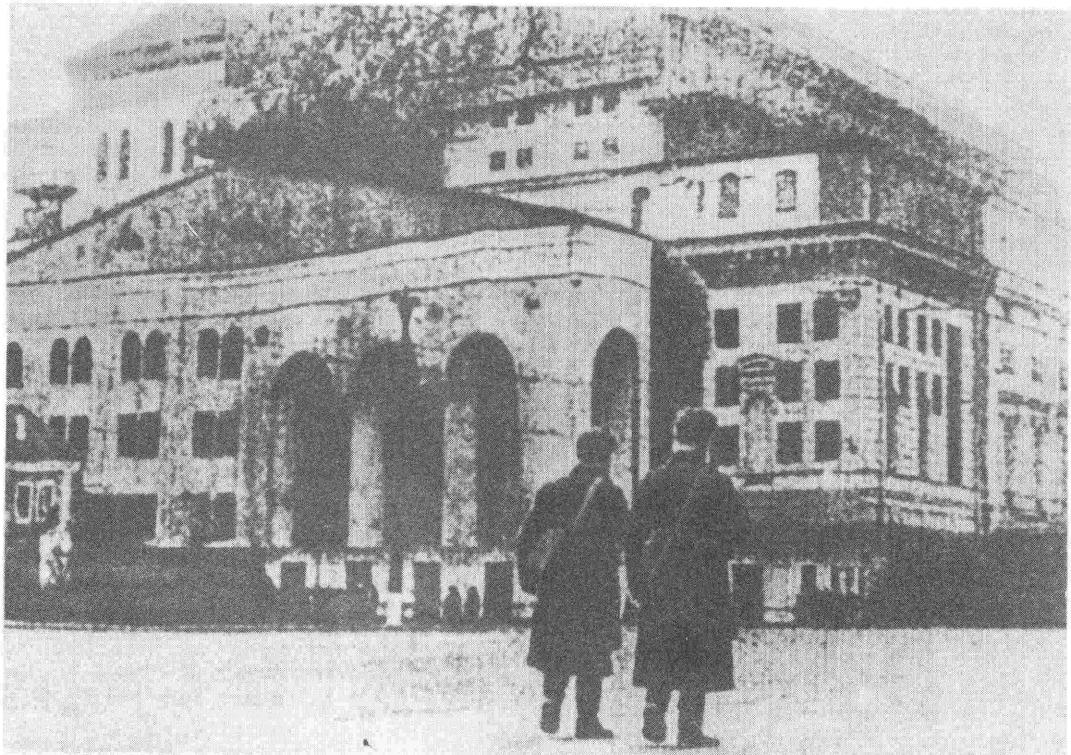
Во многих случаях требовалось создавать сложные конструкции светомаскировочных устройств. Москвичи старшего поколения помнят, какое зарево давали мартены, вагранки, печи для обжига на некоторых заводах («Серп и молот», «Изолятор»). Работать только днем эти

заводы не имели права — их продукция была очень нужна фронту. И тогда появились пламя- и искрогасители, камеры и другие отнюдь не простые устройства.

Не столько технически сложной, сколько трудоемкой была проблема светомаскировки жилых домов. Помните многие десятки тысяч домов на число квартир в них да еще на число окон в квартирах — получается астрономические цифры. Где взять столько светомаскировочных штор? Выручили ранее созданные запасы специальной светомаскировочной бумаги; в первые же дни войны удалось быстро распределить ее среди населения.

Контроль за соблюдением правил светомаскировки был непрерывным и строгим. Он возлагался на дежурных, имевшихся на всех объектах народного хозяйства, на наряды формирований МПВО и группы самозащиты, патрули милиции и военной комендатуры, на наблюдателей ВНП (вышковых наблюдательных пунктов). Такие пункты, оборудованные на крышах

«Достроенный» и закамуфлированный Большой театр СССР



высоких зданий, размещались по всему городу. Спрос за полоску света, пробивавшуюся из окна, был по законам военного времени суровым. Надо отдать должное москвичам — они проявляли высокую дисциплинированность.

На лестничных клетках жилых домов, общественных зданий, в подъездах слабым мертвенным светом мерцали синие лампочки — такой свет глаз не воспринимает с высоты. На домах светились красными звездочками видные только на земле фонари-указатели — ориентиры для формирований и частей МПВО при поисках пожарных колодцев. Такие фонари и сейчас еще можно встретить на старых домах.

Достаточно сложной оказалась организация работы городского транспорта в условиях строгой светомаскировки. Точно часовые на посту стояли в «касках» с длинными козырьками на главных перекрестках светофоры. Но в отличие от сегодняшних, видимых за сотни метров, они в то время имели ограниченный свет. На особо важных перекрестках в очерченном белым кольце стоял регулировщик, освещаемый пучком слабого света висевшего над ним фонарика.

Медленно двигался по улицам городской транспорт. Надетые на фары светомаскировочные насадки пропускали полоску света, достаточную лишь для того, чтобы избежать столкновения.

Темными тенями еле ползли по городу трамваи, троллейбусы, автобусы. Только у самой остановки можно было различить едва светившийся под маскировочным козырьком номер маршрута. В салонах был полумрак из-за сниженного напряжения в осветительной сети.

Много неприятностей в те дни доставляло яркое, как вспышка молнии, далеко видимое искрение на перекрестках токо-приемников троллейбусов и особенно трамваев. Не сразу удалось справиться с этим, на первый взгляд, небольшим конструктивным недостатком. Выручало главным образом то, что по сигналу воздушной тревоги городской транспорт останавливается, все маскировочное освещение и питание контактных сетей отключалось. Пассажиры успевали укрыться в ближайших убежищах или метрополитене.

Несколько военных лет работал транспорт Москвы в столь сложных условиях. Появление 1 октября 1944 года на улицах города нормально освещенных трамваев, троллейбусов, автобусов москвичи восприняли как предвестие скорой победы.

Город напряженно работал круглые сутки, хотя суровые требования светомаскировки весьма осложняли его трудовой ритм. Днем функционировали все учреждения, предприятия культурно-бытового назначения, велись транспортные перевозки и погрузочно-разгрузочные работы, производилась пересменка на предприятиях. А ночью по сигналу воздушной тревоги отключалось все и без того ничтожное наружное освещение, и столица погружалась в полную напряжения темноту...

Как радостный праздник москвичи встретили день 29 апреля 1945 года, когда в столице полностью сняли светомаскировку и по ярко освещенным улицам вечерней Москвы побежали сверкающие огнями трамваи, троллейбусы, автобусы, автомобили, а с наступлением темноты приветливо засветились окна домов.



НА СТАРОЙ МАЧТЕ ЛЭП...

Фирма «Vindkraftförening» (Финляндия) построила экспериментальную ветряную электростанцию — самую высокую в стране: ветряной двигатель установлен на верхушке старой 36-метровой мачты ЛЭП.

11-метровый трехлопастный винт приводит в действие электрогенераторы мощностью 12 кВт. Винт начинает вращаться при скорости ветра 3—4 м/с, а наибольшую мощность развивает при 8 м/с. Когда скорость ветра достигает 25 м/с, генератор для безопасности автоматически отключается.

Согласно расчетным данным, мачта при скорости ветра 44 м/с может обрушиться. Однако такие ветры в Финляндии пока не отмечались. Наиболее сильные ветры, зафиксированные в стране (в Валлассаари), имели скорость 39 м/с.

«Helsingin Sanomat»
8.12.1984

ИНФОРМАЦИЯ

МОРЕ ПОД ОХРАНОЙ

Ожидается, что Европейское экономическое сообщество введет правила перевозки радиоактивных материалов морем. Поводом для этого послужила катастрофа французского грузового судна «Мон-Луи» в результате его столкновения 25 августа 1984 г. с западно-германским пассажирским паромом «Олау Британия». Судно «Мон-Луи» затонуло в 12 милях от Остенде в бельгийских территориальных водах Северного моря с грузом — 450 т гексафторида урана, размещенного в 30 стальных бочках. Опасаются, что затонувший груз может быть заражен плутонием и другими радионуклидами.

Спасательные работы начались 5 сентября 1984 г. Спасатели отметили незначительное повышение кислотности морской среды около стальных бочек, но радиации не обнаружили.

В прошлом предпринимались попытки ввести правила перевозки радиоактивных материалов морем, но они блокировались национальными правительствами. Члены Европейского парламента считают, что о таких перевозках должны извещаться правительства государств, в чьих территориальных водах они осуществляются. Международная морская организация постановила, чтобы суда водо-

измещением 1600 т и более, перевозящие нефть, химические вещества и другие вредные материалы, сообщали об этом береговым властям. В случае с «Мон-Луи» бельгийские власти не были извещены о характере груза.

Катастрофа «Мон-Луи» активизировала общественное мнение в пользу проведения безотлагательных мер по охране Северного моря. Решению связанных с этим проблем была посвящена конференция министров окружающей среды восьми стран региона Северного моря (ФРГ, Великобритания, Франции, Бельгии, Нидерландов, Дании, Норвегии и Швеции), состоявшаяся 31 октября — 1 ноября 1984 г. в ФРГ. На ней обсуждались вопросы принятия декларации об охране Северного моря.

Конференции предшествовало подготовительное совещание в Вильгельмсхафене (ФРГ) 18–22 сентября 1984 г., на котором был разработан заключительный документ по общей стратегии охраны Северного моря. Документ был одобрен, однако участники совещания разошлись во мнениях по трем пунктам: о нормах выбросов и уровнях качества морской среды; о сбросе отходов в море и в вопросе об объявлении Северного моря «специальным регионом» в соответствии с нормами международной конвенции 1973 г. о предупреждении загрязнения сбросами с судов (МАРПОЛ).

А. А. СУЭТИН
(По материалам зарубежной печати)

ПЕРВАЯ В СОФИИ

В Софии утвержден проект постройки теплоцентрали, топливом для которой будет служить бытовой мусор. Измерения показывают, что 1 кг твердого мусора имеет теплоту сгорания около 1 350 ккал. Получаемый при сжигании мусора шлак найдет применение при изготовлении теплоизоляционных плит. Строительство теплоцентрали обойдется в 43 млн. левов.

«Работническо дело»,
13.10.1984

НОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ

Метод непрерывного контроля качества угля, поступающего в топки котлов электростанций, разработали американские ученые из Юго-западного исследовательского института (Сан-Антонио, шт. Техас). Этот метод, основанный на применении ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и электронного спинового резонанса (ЭСР), позволяет определять состав и качество угля непосредственного «на конвейере».

С помощью ЯМР измеряется содержание водорода, а с помощью ЭСР — углерода.

Сочетание этих двух методов поможет определять важнейшие характеристики угля: процентное содержание влаги, водорода и углерода, текучесть и теплотворную способность.

«New Scientist»,
1984, v. 103, № 1421

Принадлежит истории...

27 июня 1984 г. в Обнинске состоялась международная научно-техническая конференция, посвященная юбилею первенца мировой ядерной энергетики. Работой конференции руководил председатель Госкомитета по использованию атомной энергии СССР А. М. Петросянц, который и выступил с первым докладом. В нем он кратко охарактеризовал состояние ядерной энергетики в нашей стране, а также в странах — членах СЭВ и в некоторых капиталистических странах.

На начало 1985 г. в СССР действовало свыше 40 ядерных энергоблоков общей мощностью более 23 млн. кВт. Только в 1983 г. пущены третий энергоблок на Курской АЭС, четвертый — на Чернобыльской (каждый — по 1000 МВт), а на Игналинской — крупнейший в мире энергоблок на 1500 МВт. Более чем на 20 площадках широким фронтом идет строительство новых станций. В 1984 г. введены в строй два «миллионника» — на Калининской и Запорожской АЭС, и четвертый энергоблок с ВВЭР-440 — на Колской АЭС. За 1983 г. в стране выработано 115 млрд. кВт·ч ядерной электроэнергии — на 15 % больше, чем в 1982 г., в 1984 г. — свыше 140 млрд. кВт·ч — на 21 % больше, чем в 1983 г.

Президент АН СССР академик А. П. Александров поделился воспоминаниями о становлении ядерной энергетики в нашей стране и создании первой АЭС. Большое внимание он уделил работам Физико-энергетического института по реакторам на быстрых нейтронах. А. П. Александров рассказал также о работах Института атомной энергии им. И. В. Курчатова, связанных с созданием энергетических реакторов, разработкой оптимальной структуры ядерной энергетики СССР и наиболее рационального режима эксплуатации АЭС. Он наметил главные направления дальнейшего развития новой отрасли энергетики. Основ-

ная задача — это более широкое вовлечение атомной энергии не только в электроэнергетику, но и для производства тепла. А. П. Александров напомнил, что на бытовое теплоснабжение расходуется приблизительно четвертая часть первичных энергоресурсов — почти столько же, сколько и на производство электроэнергии. В получении низкотемпературного тепла для промышленных и бытовых нужд наша страна намного опережает другие страны. Но сейчас стоит задача получения тепла высокой температуры — в газоохлаждаемых реакторах должен быть осуществлен вывод гелия с температурой выше 900°С. Это обеспечит энергоснабжение практически всех высокотемпературных процессов в химии и металлургии. Среди других первоочередных задач — улучшение топливного цикла реакторов: предстоит повысить в тепловых реакторах удельную энерговыработку ядерного топлива до 40—50 ГВт·с/т и увеличить выработку искусственных делящихся материалов. В повестке дня — и усовершенствование реакторов-размножителей, и изучение новых реакторных концепций.

Об опыте эксплуатации и перспективах развития канальных реакторов рассказали начальник Главного управления Госкомитета по использованию атомной энергии СССР Е. В. Куликов и член-корреспондент АН СССР И. Я. Емельянов, заместитель директора института энерготехники, в котором разрабатывались практически все канальные реакторы — от первой АЭС до РБМК-1500.

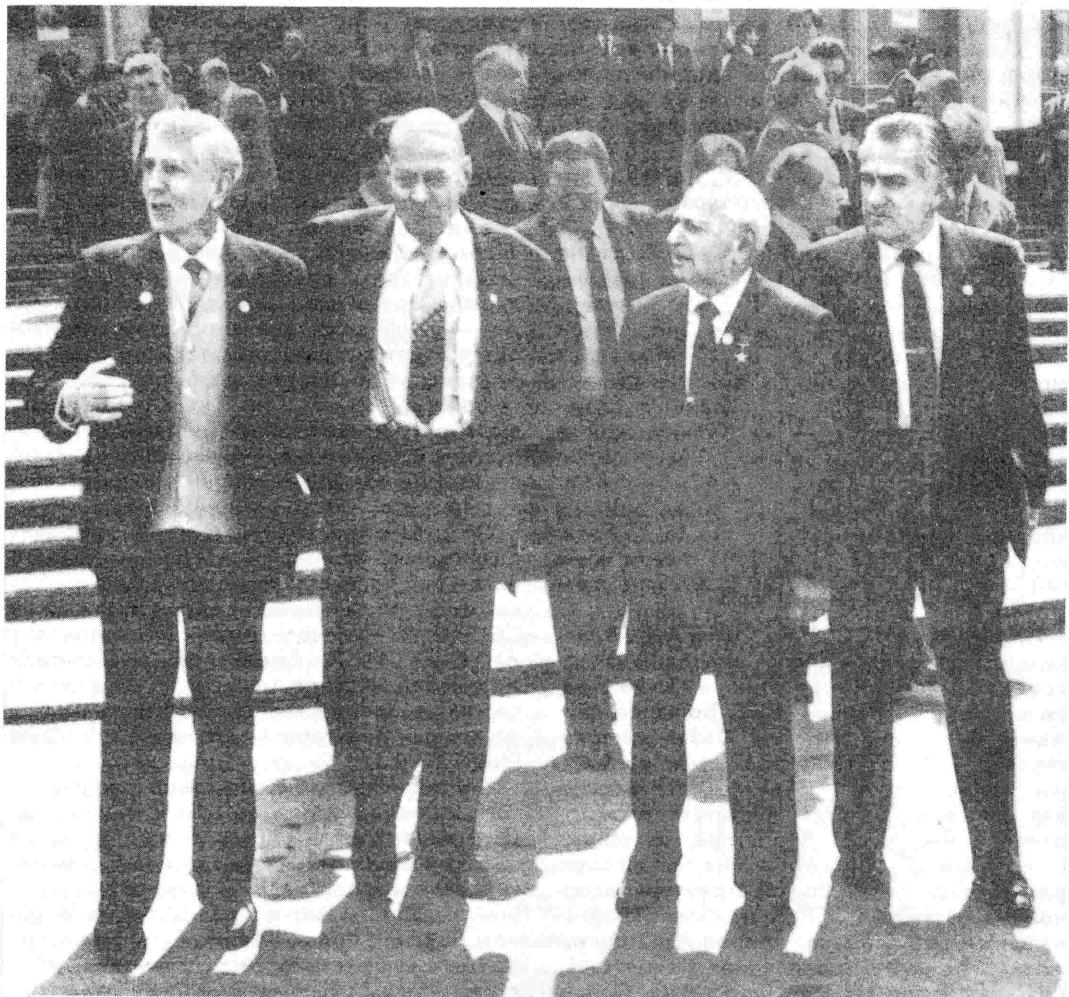
С интересным докладом выступил директор Билибинской АТЭЦ Г. Е. Солдатов. Он охарактеризовал условия и опыт эксплуатации этой уникальной атомной теплоэлектроцентрали, надежно работающей свыше 10 лет в удаленном заполярном районе с суровым климатом. Несмотря на небольшую мощность станции, себестоимость вырабатываемой на ней электро-

энергии в 1,3—1,5 раза, а тепла в два с лишним раза ниже, чем на расположенных в этом районе установках на органическом топливе.

Два доклада были посвящены первой АЭС. Начальник станции В. С. Северянов подвел итоги 30-летней эксплуатации реактора и основных систем и узлов станции, а заместитель директора Физико-энергетического института Л. А. Кочетков рассказал о проведенных на станции экспериментальных и опытных работах. Среди них

о начале ядерной энергетики рассказывает И. Я. Емельянов

В перерыве между заседаниями. Слева направо: О. Д. Казачковский, А. П. Александров, А. М. Петросянц, Е. И. Воробьев



немало таких, говоря о которых, приходится добавлять слова «впервые в мире». Это, например, теплоотвод кипящей водой, ядерный перегрев пара, успешное испытание опытного прямоточного топливного канала, в который поступает вода, а выходит перегретый пар.

Темой выступления заместителя министра энергетики и электрификации СССР Г. А. Шашарина были водо-водяные энергетические реакторы, а директор Физико-энергетического института профессор О. Д. Казачковский рассказал об опыте работы, высоких эксплуатационных показателях и перспективах развития энергетических реакторов на быстрых нейтронах.

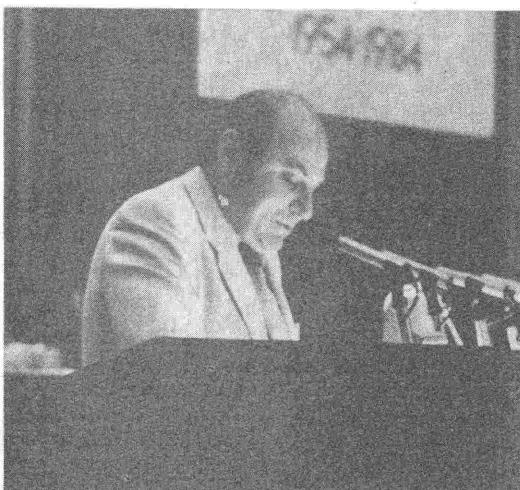
Радиационной безопасности АЭС был посвящен доклад первого заместителя министра здравоохранения СССР Е. И. Во-



В кулуарах конференции: А. М. Петросянц (слева) и Н. А. Доллежаль

робьева. Не останавливаясь на его выступлении (эта тема подробно освещалась в нашем журнале — см. статью В. А. Легасова и др. «Нужно ли знать меру в обеспечении безопасности», № 8), приведем лишь заключительные слова докладчика: «Можно с полной уверенностью утверждать, что в настоящее время ядерная энергетика как с точки зрения радиационной безопасности персонала и населения, так и по степени воздействия на окружающую среду зарекомендовала себя как один из наиболее безопасных и перспективных видов человеческой деятельности, связанной с производством энергии».

Это обстоятельство является еще одним стимулом интенсивного развития ядерной



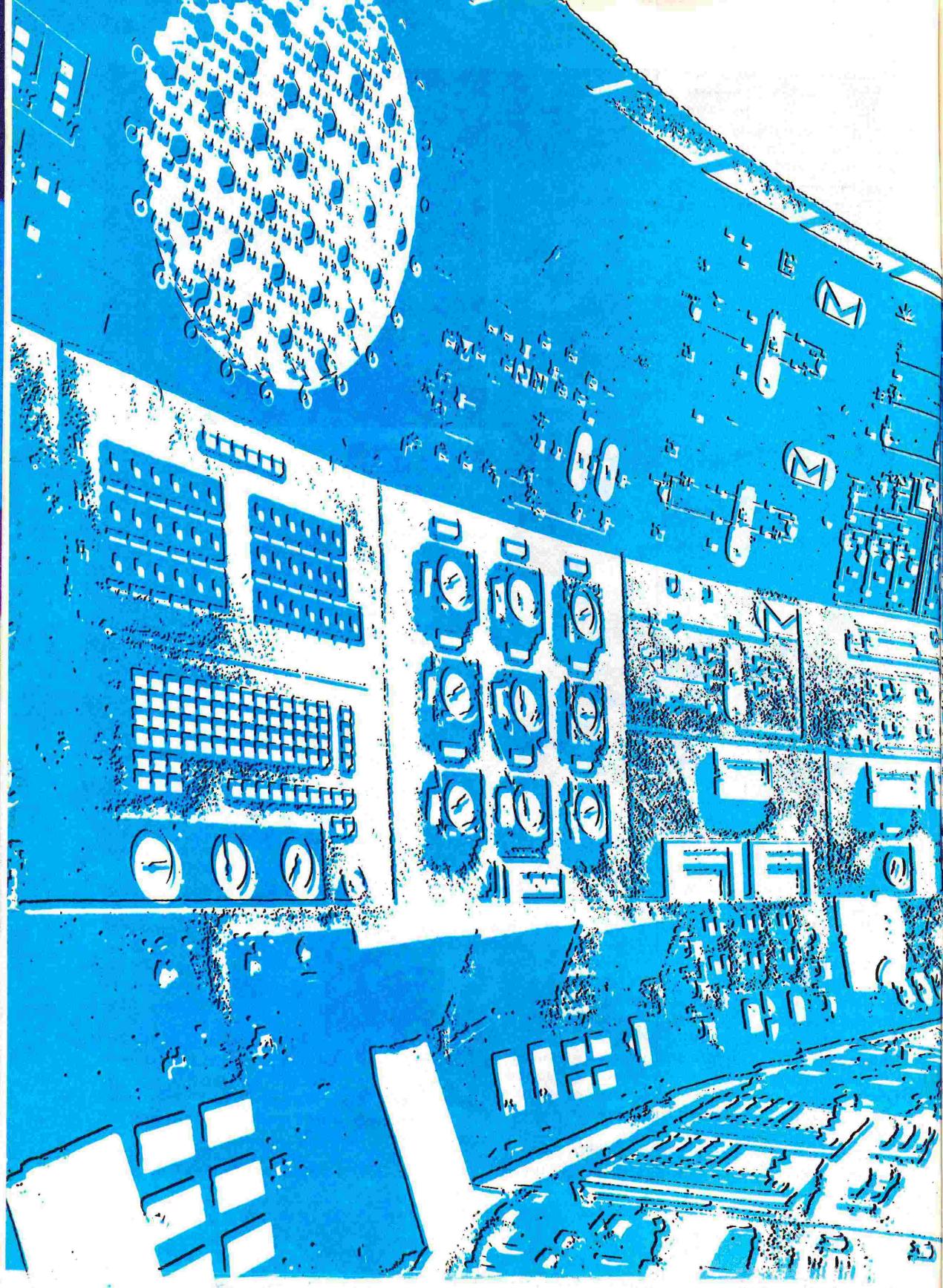
Ядерной энергетике Болгарии посвятил свое выступление главный директор болгарской АЭС «Козлодуй» Г. Дичев

энергетики во многих регионах мира, в особенности в социалистических странах. Подтверждением этому были доклады, с которыми на конференции выступили представители стран — членов СЭВ.

Ядерная энергетика большинства социалистических стран развивается на основе серийных реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Сейчас в странах — членах СЭВ действуют свыше 20 блоков с ВВЭР-440, в том числе в НРБ — 4 блока, в ВНР — два, в ГДР — 4, в ЧССР — 3, в СССР — 10 блоков. Предполагается ввести в эксплуатацию еще около 20 блоков с ВВЭР-440 в ВНР, ГДР, ПНР, ЧССР, на Кубе. Ожидается, что в ближайшие 10 лет суммарная мощность АЭС в странах — членах СЭВ достигнет 100 млн. кВт и вклад атомных станций в производство электроэнергии составит в отдельных странах 20—30 %, а в НРБ — более 40 %. На следующем этапе широко развернется строительство блоков с ВВЭР-1000. Первой, после СССР, социалистической страной, где вступит в строй такой энергоблок, будет Болгария. Реактор-миллионник сооружается и в ЧССР, на 1990 год намечен пуск первого ВВЭР-1000 в ГДР.

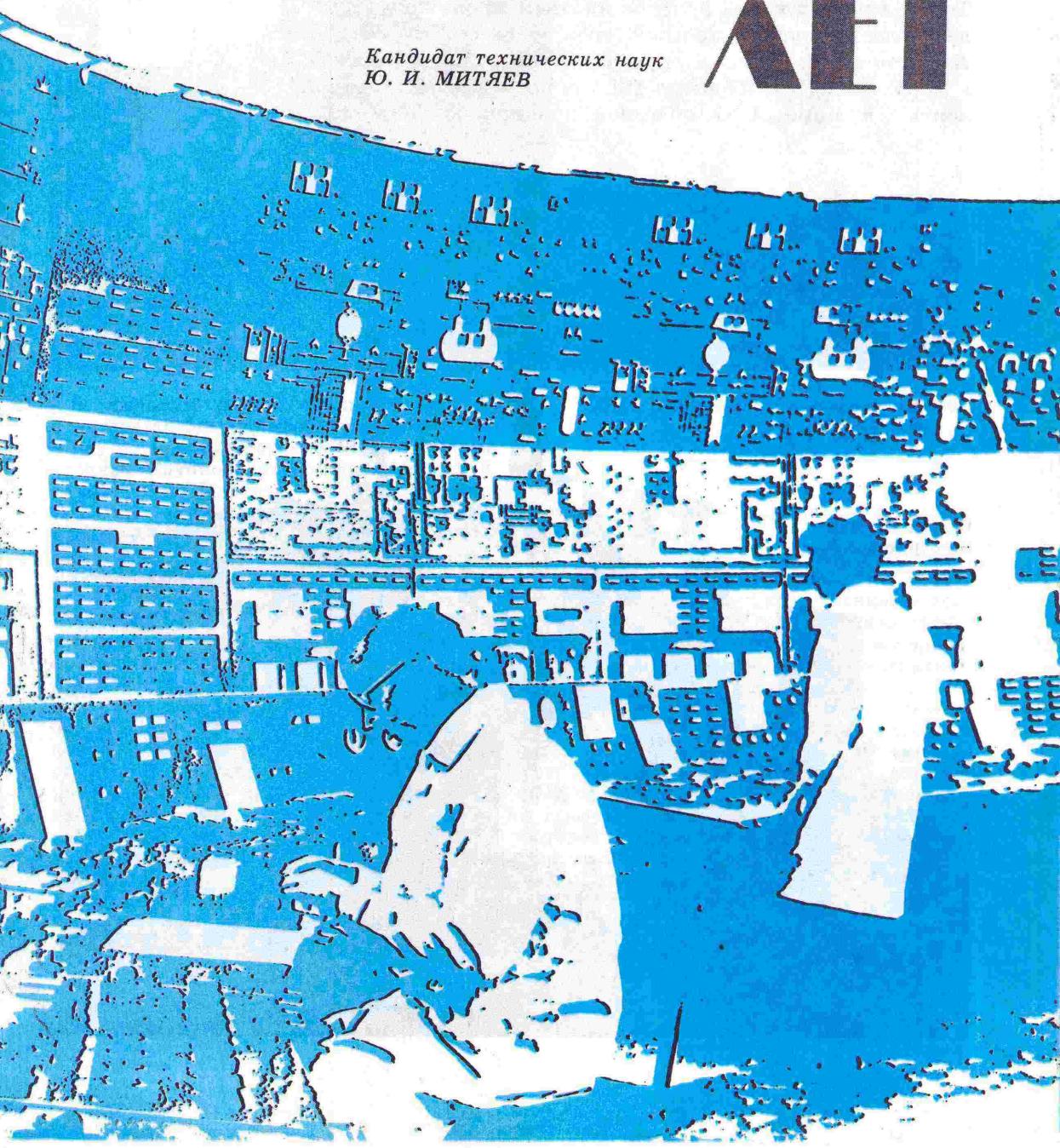
В всех докладах и выступлениях на конференции подчеркивалось огромное значение первой в мире АЭС, положившей начало новой отрасли, которая в состоянии на тысячелетия обеспечить человечество безопасной и дешевой энергией.

Ю. МИТЯЕВ



ВСЕГО ЗА ТРИ ДНЯ АПР АЕТ

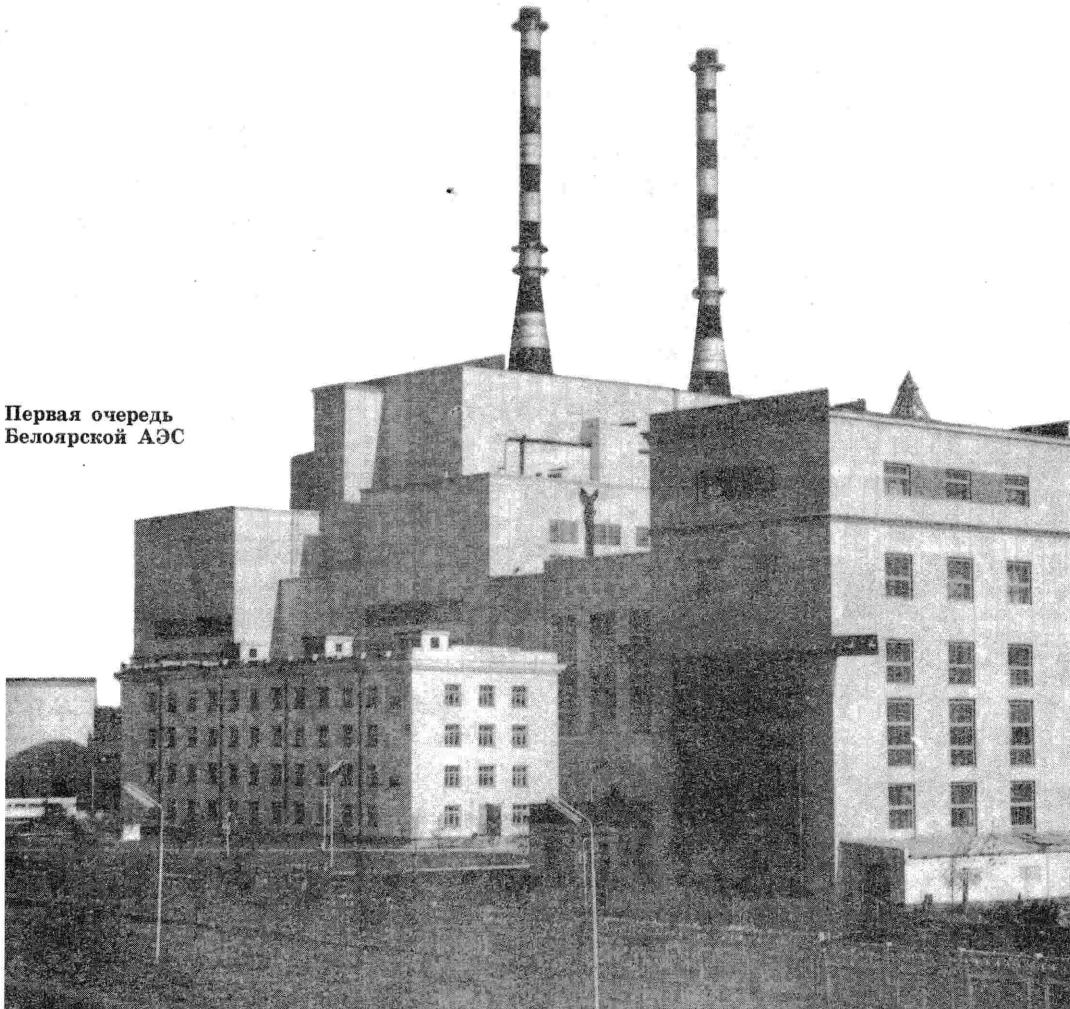
Кандидат технических наук
Ю. И. МИТАЕВ

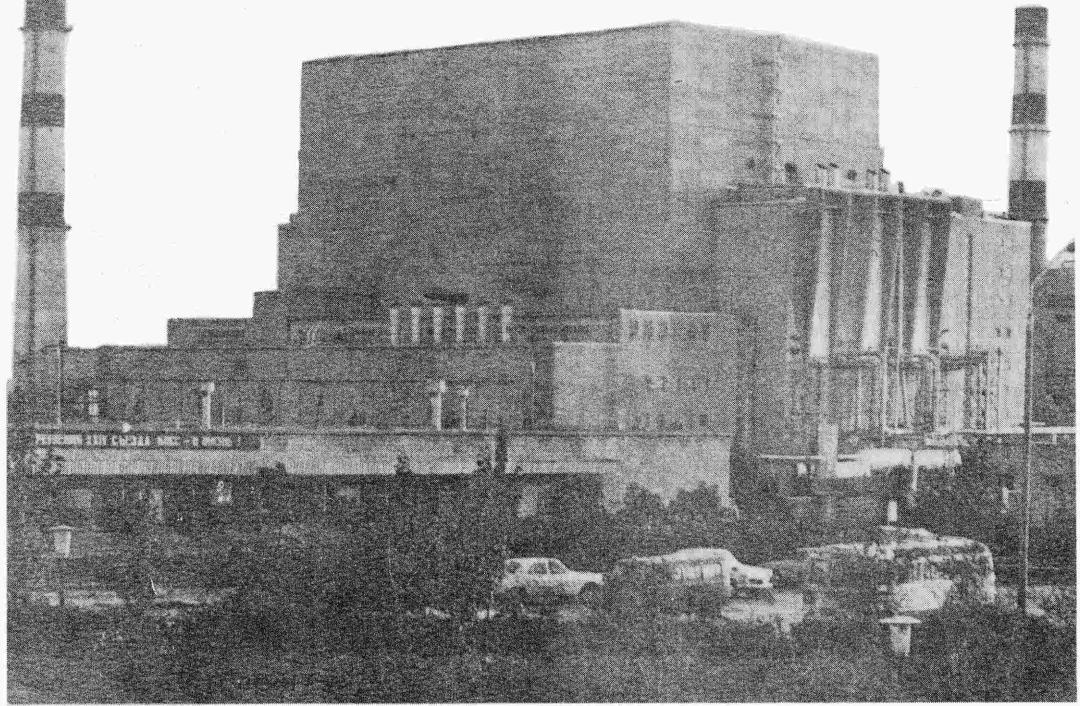


На август 1984 г. 313 ядерных энергетических реакторов суммарной мощностью 208 млн. кВт действовали в 26 странах мира. Около 200 реакторов строятся. К 1990 г. мощность ядерной энергетики составит от 370 до 400, к 2000 г.— от 580 до 850 млн. кВт. Уже сейчас вклад ядерной энергетики в мировое производство электроэнергии составляет 12 %, а в отдельных странах он превысил даже 40 %.

Таких внушительных успехов ядерная энергетика достигла за очень короткий срок — всего за 30 лет. А начиналась она в нашей стране, под Москвой, в г. Обнинске, где 27 июня 1954 г. была введена в строй первая в мире АЭС полезной мощностью 5000 кВт.

Первая очередь
Белоярской АЭС





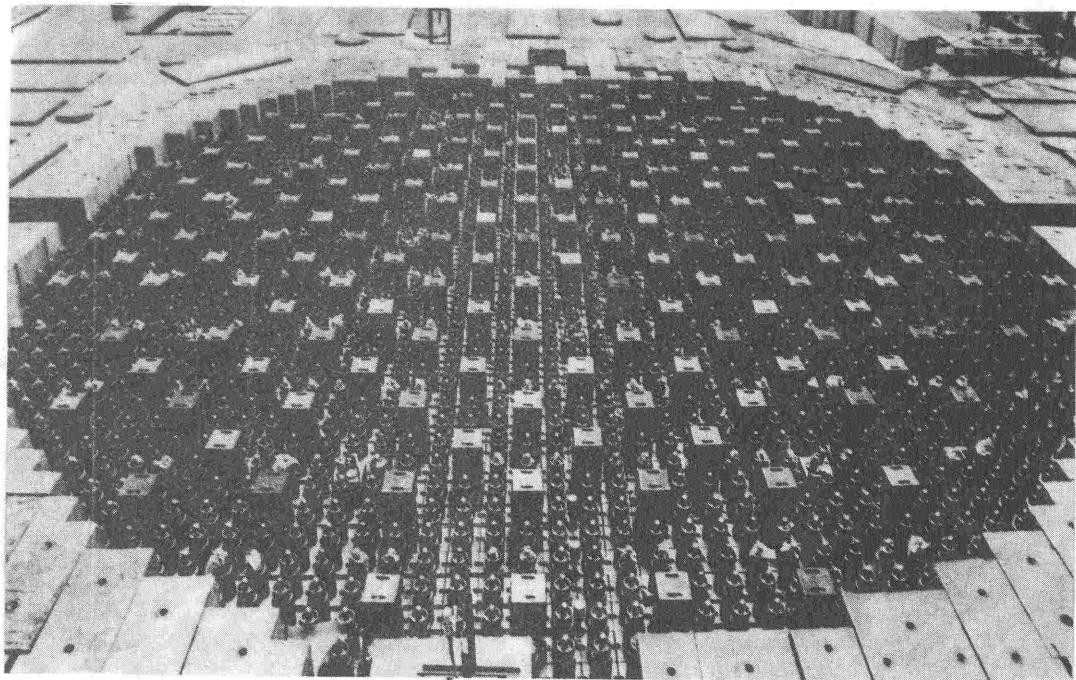
АЭС в г. Шевченко с реактором БН-350

В создании первой в мире атомной электростанции участвовали ведущие институты, конструкторские бюро и заводы страны. Научное руководство проблемой осуществлял Институт атомной энергии (ИАЭ) и лично академик И. В. Курчатов. С 1951 г. научно-техническое руководство было поручено Физико-энергетическому институту и его директору профессору Д. И. Блохинцеву. Первым заместителем директора был А. К. Красин. Разработкой тепловыделяющих элементов (твэлов) руководил В. А. Малых. Конструкцией реактора занимался коллектив во главе с академиком Н. А. Доллежалем и его ближайшим помощником П. И. Алещенковым. Одна из важнейших систем — система управления и защиты реактора — разрабатывалась под руководством члена-корреспондента АН СССР И. Я. Емельянова.

В конце декабря 1950 г. выпустили эскизный проект реактора и теплосиловой установки, а в конце следующего года началось рабочее проектирование и изготовление оборудования. Для первой АЭС был выбран водо-графитовый канальный реактор. В нем замедлителем является графит, а вода служит для отвода тепла, выделяющегося в твэлах

(попутно она также участвует в замедлении нейтронов).

Принципиальное устройство энергетического реактора — сложного и дорогостоящего технического сооружения — достаточно просто. Водо-графитовые канальные реакторы, прародительницей которых является первая АЭС, состоят из кладки графитовых блоков, пронизанных вертикальными отверстиями. Отверстия образуют равномерную сетку. В них помещаются топливные каналы с твэлами и устройства системы управления и защиты (СУЗ). Графитовая кладка размещается в герметичном реакторном пространстве, которое заполняется инертным газом. Реакторное пространство образуется нижней плитой, на которой покоятся кладка, боковым кожухом и верхней плитой с отверстиями, совпадающими с отверстиями кладки. Для отвода выделяющегося в твэлах тепла на первой АЭС предусматривались два циркуляционных контура. Первый контур герметичный. В нем вода (теплоноситель) подается сверху в каждый



Верхняя часть реактора РБМК (Ленинградская АЭС)

топливный канал, где она нагревается, затем поступает в теплообменник — парогенератор, после охлаждения в котором насосы возвращают ее в реактор. Во втором контуре, в парогенераторе, образуется пар, приводящий в действие обычную турбину. Таким образом, энергетический реактор заменяет собой паровой котел тепловой электростанции. Поэтому его часто называют парогенерирующей ядерно-энергетической установкой.

Сейчас устройство первой АЭС представляется простым и обычным. В особенности специалистам. Но 30 с лишним лет назад, когда она создавалась, не существовало никакого аналога, модели или стендов, на которых можно было бы проверить результаты расчетов. А вопросов оказалось множество. Как распределить воду первого контура по всем 128 топливным каналам и еще по четырем твэлам каждого канала и как это распределение будет изменяться при изменении мощности канала (неизбежном в процессе эксплуатации)? Как поведет себя реактор при опять-таки неизбежном изменении плотности воды в канале, в особенности



во время его разогрева при пуске и охлаждении при остановке, при переходе реактора с одной мощности на другую и т. п.?

С началом работы первой АЭС на эти и многие другие вопросы были получены ответы, полностью подтвердившие ожидания ученых и разработчиков станции.

Решения, заложенные в конструкцию первой АЭС, оказались настолько удачными, что и сейчас, после тридцати лет эксплуатации, ее продолжают успешно использовать для научно-технических экспериментов. За это время на станции был всего один капитальный ремонт.

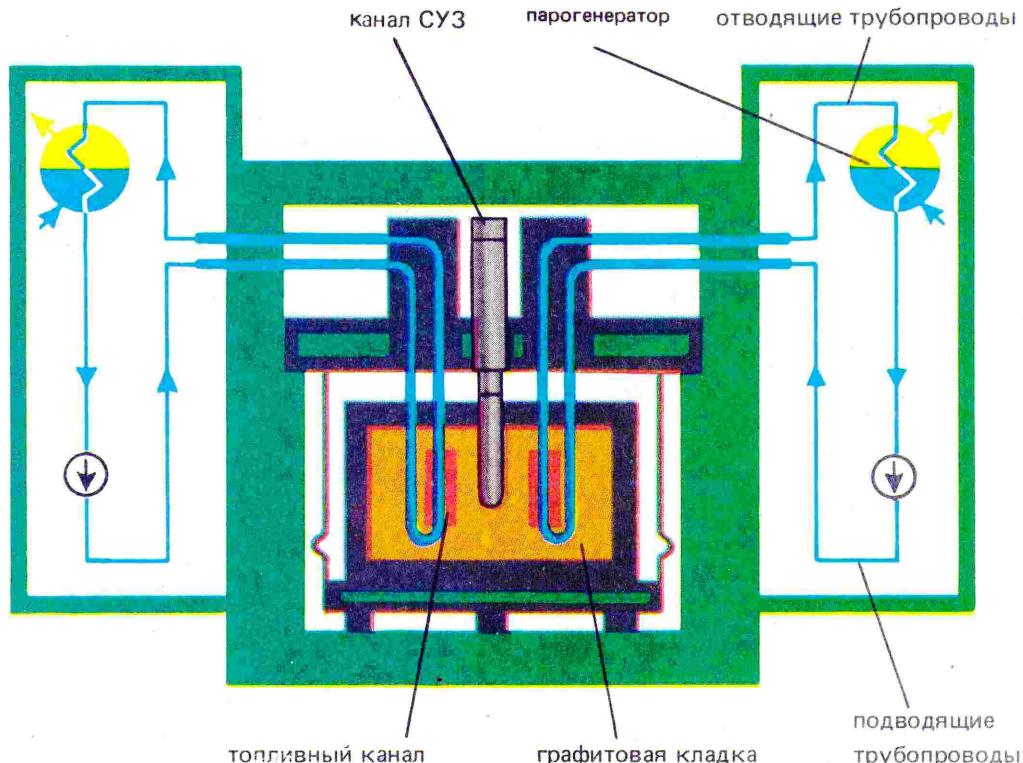
Ядерная энергетика Советского Союза развивается на реакторах трех типов. В настоящее время действуют и сооружаются в основном тепловые реакторы: водо-графитовые канальные и водо-водяные корпусные. Реакторы на быстрых нейтронах пока еще не достигли такого уровня развития, когда целесообразно их серийное производство. Однако будущее ядерной энергетики именно за ними.

Водо-графитовые канальные реакторы

берут начало от реактора первой АЭС. Наиболее близки к нему реакторы первой очереди Белоярской АЭС и Билибинской АТЭЦ. Но есть и принципиальные отличия. На Белоярской АЭС впервые в мировой практике применен ядерный перегрев пара. Особенно интересна тепловая схема второго ее реактора. Она — одноконтурная. Вода в топливном канале не только подогревается, но и частично испаряется. На выходе из реактора вода и пар разделяются. Воду возвращают насосами в те же каналы, а влажный пар направляется в другие — перегревательные каналы. Там он нагревается примерно до 500 °C, после чего направляется на

Пятый энергоблок
Нововоронежской АЭС
с реактором ВВЭР-1000





Конструктивная схема реактора первой АЭС

турбину. Опыт эксплуатации подтвердил возможность и безопасность работы турбины на паре, получаемом непосредственно в реакторе.

На четырех идентичных реакторах Билибинской АТЭЦ также применена одноконтурная тепловая схема, но на турбину подается насыщенный пар без перегрева. Циркуляционные насосы отсутствуют — расход воды обеспечивается за счет естественной циркуляции. Еще одна особенность станции — она единственная в мире работает в режиме слежения за нагрузкой. Два раза в сутки мощность реакторов снижается и дважды повышается в соответствии с требованиями потребителя. И так уже свыше 10 лет.

Опыт создания и эксплуатации канальных реакторов позволил разработать проект серийного энергетического реактора РБМК (реактор большой мощности кипящий). Тепловая схема его такая же, как и у Билибинского. Но твэлы не труб-

чатые, а стержневые — с оболочками из циркониевого сплава, слабо поглощающего нейтроны. 18 таких твэлов объединяются в тепловыделяющую сборку, которая сверху устанавливается в циркониевую трубу, образуя топливный канал. В таких же трубах перемещаются устройства защиты и управления. Конструкция топливных каналов позволяет перегружать топливо (с помощью специальной машины) без остановки реактора, неизбежной практически для всех реакторов другого типа. Время работы реактора на мощности повышается, существенно увеличивается эффективность использования урана.

Другая особенность РБМК — теплоноситель подводится к топливным каналам снизу, а отводится пароводяная смесь — сверху реактора.

Первый РБМК электрической мощностью 1000 МВт установлен на Ленинградской АЭС, вступившей в строй в 1973 г. Сейчас на этой станции действуют четыре таких реактора. Столько же их установлено на Чернобыльской АЭС под Киевом. Обе АЭС — одни из самых мощных в мире. За время эксплуатации (по ян-

варь 1984 г.) на них выработано 241,5 млрд. кВт · ч электроэнергии. Всего в стране действуют 12 РБМК-1000.

В конце 1983 г. на Игналинской АЭС вступил в строй первый РБМК-1500. Таким образом, менее чем за 30 лет единичная мощность реакторов возросла в 300 раз! В одном РБМК-1500 реализована такая же мощность, как во всех электростанциях, сооруженных по плану ГОЭЛРО. Игналинский реактор сегодня мощнейший в мире. Только во Франции недавно начато строительство реактора такой мощности. Интересно, что РБМК-1500 по размерам не отличается от РБМК-1000. Мощность увеличена, в частности, за счет применения в топливных каналах специальных интенсификаторов теплообмена, позволивших поднять мощность каждого канала в 1,5 раза.

Вклад канальных реакторов в производство ядерной электроэнергии страны составляет сегодня более 60 %.

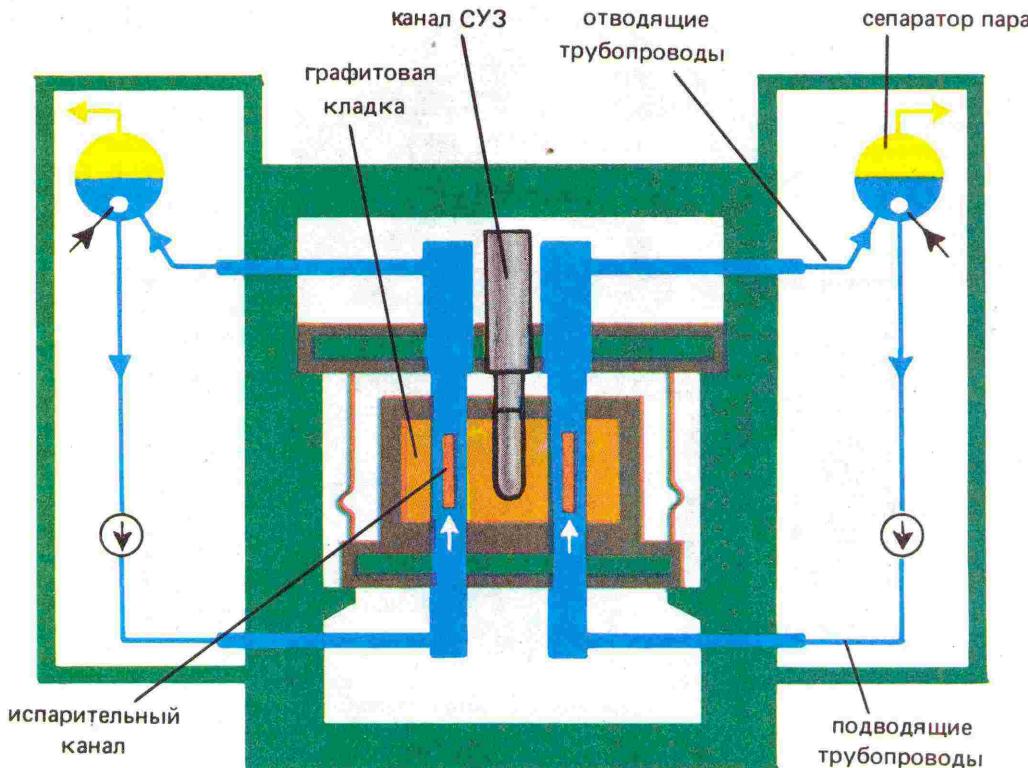
Интенсивно развивается и другое направление ядерной энергетики страны — корпусные водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР). В таких реакторах, наиболее распространенных в мире, вода

одновременно служит для отвода тепла и замедления нейтронов. Как и в РБМК, в ВВЭР применяются стержневые твэлы. Каждый твэл представляет собой герметично заваренную с обеих сторон трубку из циркониевого сплава, содержащую ядерное топливо. В одной тепловыделяющей сборке ВВЭР, имеющей форму шестиугранника, содержится до 317 твэлов.

Первые ВВЭР были установлены на Нововоронежской АЭС — также одной из самых мощных АЭС нашей страны. Суммарная мощность пяти ее реакторов 2409 МВт. За все время работы на этой станции произведено свыше 143 млрд. кВт · ч электроэнергии.

За исключением первых демонстрационных ВВЭР на 210 и 365 МВт, установленных на Нововоронежской АЭС, остальные реакторы этого типа — серийные. На первом этапе развития этого направления сооружались энергоблоки на 440 МВт, каждый из которых работает

Конструктивная схема канального водо-графитового реактора РБМК



с двумя турбинами по 220 МВт. По два ВВЭР-440 установлены на Нововоронежской, Армянской и Ровенской АЭС. Недавно четвертый такой реакторпущен на Кольской АЭС — второй заполярной атомной станции нашей страны.

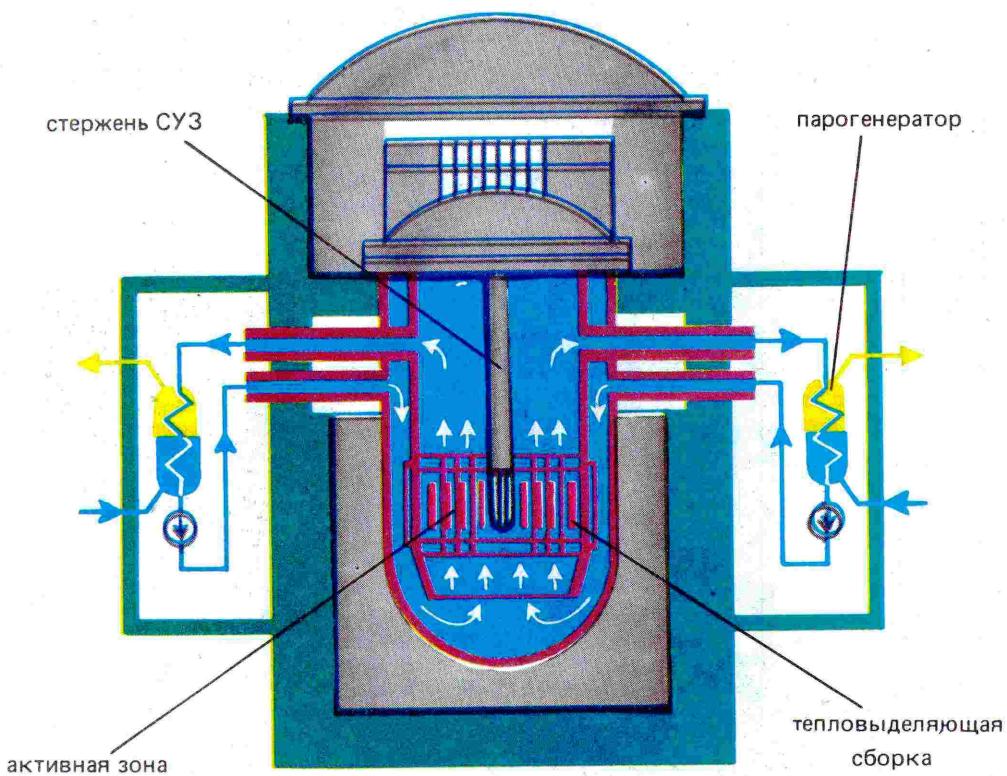
Начали вводиться в строй представители второго поколения реакторов этого типа — единичной мощностью 1000 МВт. Первый из них установлен на пятом энергоблоке Нововоронежской АЭС в 1980 г. Еще три действуют на Южно-Украинской, Запорожской и Калининской АЭС. Там же строятся очередные энергоблоки с такими же реакторами. Из четырех энергоблоков с ВВЭР-1000 будут состоять строящиеся Запорожская, Балаковская, Крымская, Хмельницкая и другие АЭС. Разрабатывается проект энергоблока с ВВЭР-1500 МВт.

Отличительная особенность ядерной энергетики страны — ее участие в теплофикации, в промышленном и бытовом теплоснабжении. Впервые использование АЭС для отопления было осуществлено на Белоярской станции. Про Билибинскую АТЭЦ уже говорилось. На всех энерго-

блоках с РБМК предусмотрено использование реакторов для отопления и снабжения горячей водой ближайших населенных пунктов. Масштабы использования АЭС для теплофикации расширяются. Под Одессой и Минском строятся АТЭЦ на основе ВВЭР с двумя теплофикационными турбинами по 500 МВт. Они заменят сотни устаревших неэкономичных котельных, уменьшат загрязнение воздуха. В Горьком и Воронеже сооружаются атомные станции теплоснабжения с энергоблоками тепловой мощностью по 500 МВт. Разрабатываются АТЭЦ и АСТ меньшей мощности для использования в отдаленных районах Севера и Северо-Востока страны.

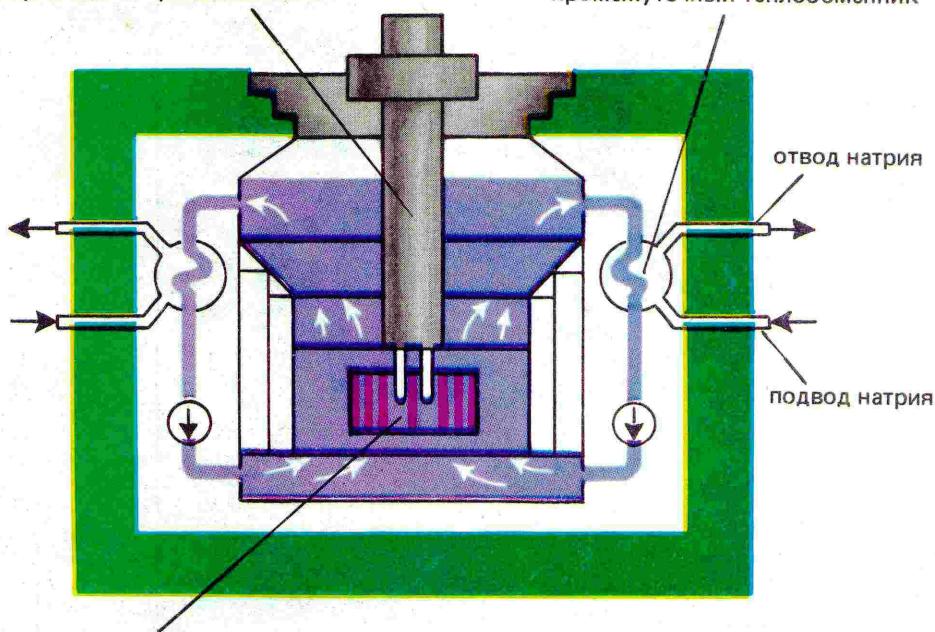
Третий тип энергетических ядерных реакторов — реакторы на быстрых нейтронах. Это направление родилось в Обнинске и успешно развивается Физико-энергетическим институтом. В таких реакторах деление ядер урана и плутония осуществляется быстрыми нейтронами. По-

Схема ВВЭР



колонна с органами и приводами СУЗ

промежуточный теплообменник



активная зона с зонами воспроизводства

Реактор на быстрых нейтронах

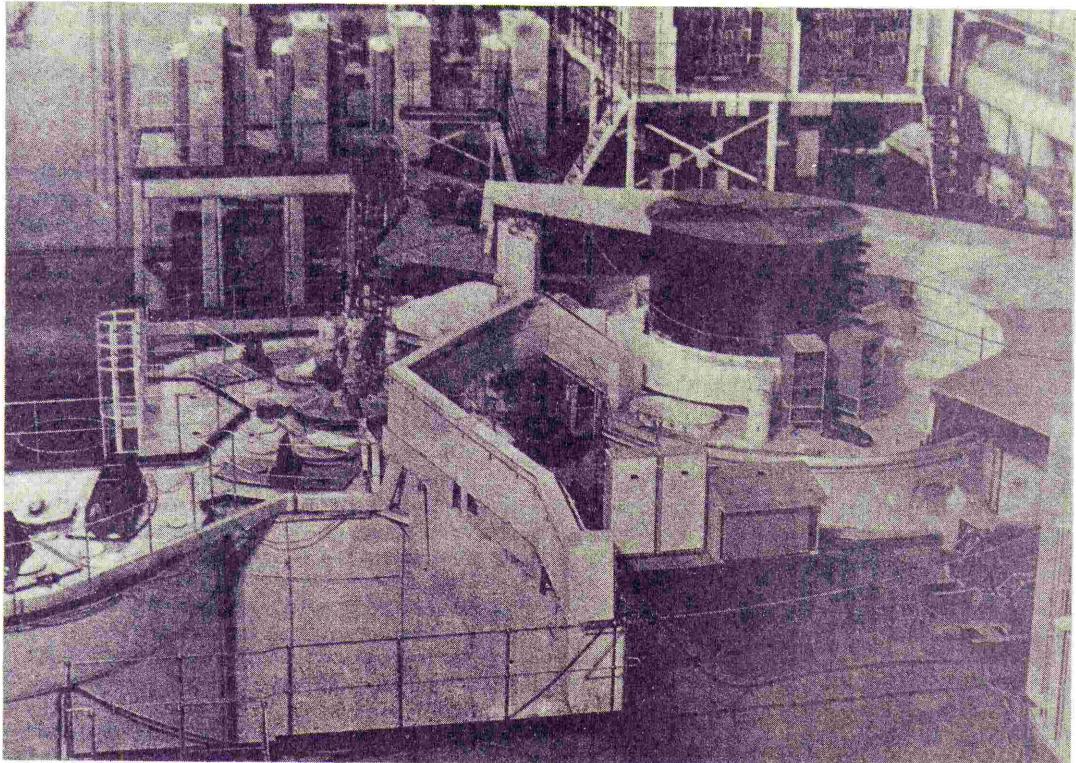
этому в них нет замедлителя и вода не может использоваться в качестве теплоносителя. В реакторах на быстрых нейтронах реализуется уникальный процесс, не имеющий места ни в одной из отраслей энергетики: воспроизводится больше топлива, чем сгорает. Поэтому они получили название реакторов-размножителей. При этом важно, что «новое» топливо образуется из урана-238 или тория, которых в природе в сотни раз больше, чем урана-235.

Для охлаждения этих реакторов могут применяться только такие теплоносители, которые не замедляют нейтроны, например, жидкие металлы или газы. Практическое развитие получили реакторы с окисным топливом (обычно это смесь UO_2 и PuO_2) и натриевым охлаждением. Такая концепция была предложена советскими учеными во главе с А. И. Лейпунским — основоположником этого направления реакторостроения в нашей стране. Реакторы-размножители — трехконтурные установки. В первом и втором контурах циркулирует (с помощью специальных насосов) натрий. Третий контур —

паро-водяной. В принципе он не отличается от второго контура ВВЭР. Второй (промежуточный) контур необходим главным образом из-за высокой радиоактивности натрия в первом контуре. Наличие нерадиоактивного промежуточного контура повышает надежность и безопасность установки и значительно упрощает ремонт и обслуживание парогенераторов.

Чтобы воспользоваться уникальными воспроизводящими свойствами реакторов-размножителей, нужна высокая скорость образования новых делящихся ядер. Поэтому в них мощность единицы массы ядерного топлива в десятки раз больше, чем в тепловых реакторах. Выгоревшие тзвэлы, содержащие «новое» топливо, должны перерабатываться как можно быстрее. Иначе слишком много его будет бесполезно «заморожено». Как говорят реакторщики, необходимо ускорить внешний ядерный топливный цикл. Это одна из проблем, сдерживающих широкое внедрение реакторов-размножителей.

Первый реактор на быстрых нейтронах БР-1 был построен в 1955 г. в Физико-энергетическом институте, осуществляющем научное руководство этим направлением. Из шести действующих в мире энергетических реакторов на быстрых нейтронах три находятся в нашей стране.



Центральный зал третьего блока Белоярской АЭС с реактором БН-600

Это опытная установка БОР-60 (на 12 МВт) в г. Димитровграде, реактор БН-350 на 350 МВт (150 эл. МВт плюс 200 МВт на охлаждение) в г. Шевченко (единственная установка, где наряду с электроэнергией вырабатывается технологический пар и ежесуточно производится 120 000 м³ пресной воды) и реактор БН-600 на 600 МВт, установленный на

третьем блоке Белоярской АЭС. Разрабатываются реакторы-размножители на 800 и 1600 МВт.

* * *

Значение первой АЭС трудно переоценить. Огромна ее роль в становлении ядерной энергетики, в обосновании технических решений, заложенных в проекты последующих станций, в подготовке высококвалифицированных кадров. Но, пожалуй, наиболее важным является нравственное значение станции, впервые продемонстрировавшей всему миру, что атомная энергия с успехом может использоваться на благо человечества.



МИКРОКЛИМАТ ПО ПРОГРАММЕ

Ю. А. МЕДВЕДЕВ

НА АВТОЗАВОДЕ ИМ. ЛЕНИНСКОГО
КОМСОМОЛА
ДЕЙСТВУЕТ ПЕРВАЯ В СТРАНЕ
АСУ-МИКРОКЛИМАТ.

Управление с завязанными глазами

В сухом изложении М. С. Бернера все выглядит предельно просто: завод обратился в институт, и затем, в результате их совместной работы, появилась эта система. Вопросы же «почему завод проявил инициативу? Были ли противники?» главный энергетик завода быстро «свернул», говоря, что все это очень субъективно и вообще из области эмоций, давайте лучше о том, как она действует.

Правда, одну «эмоциональную» подробность Михаил Самуилович себе позволил: «Недавно обогнал заводы фирмы «Рено». Хотя и здорово капиталисты считают деньги, экономят топливо, а такой системы у них нет. Работают вслепую, как и мы когда-то».

...Главный корпус АЗЛК тянется на 600 метров, его объем составляет около 1,7 млн. м³. И весь он до предела «набит» оборудованием. Здесь конвейеры, печи, гальванические линии, сварочные участки, автоматы, станки, пучки трубопроводов и т. д. Упаковка настолько плотная, что на ум приходит сравнение с наручными механическими часами. И все это движется, вращается, режет, а значит излучает тепло. Причем в главном корпусе под одной крышей собраны цеха с разным, с точки зрения тепловыделения, климатом: «умеренные» — кузовной и сборка, «субтропический» — гальваники, и настоящие «тропики» — окраски. Задача энергетиков — обеспечить везде одинаковый микроклимат, а главное температуру 17—19°С.

Как же еще недавно осуществлялось управление теплоснабжением? От ТЭЦ в корпус поступала горячая вода температурой 60—95°С. Она проходила через калориферы камер приточной вентиляции, где отдавала часть своего тепла воздуху, который и подавался в корпус. В руках энергетиков было два рычага управления. Первый — регулирование температуры подаваемого в корпус воздуха. Это можно делать, изменяя число секций калориферов, по которым протекает горячая вода. Был и второй путь: отключать и подключать вентиляторы. Но, несмотря на кажущуюся простоту, им не пользовались. Дело в том, что по требованиям гигиены воздухообмен в корпусе должен быть строго постоянен, а значит надо все время поддерживать баланс между воздухом подаваемым и откачиваемым. Поэтому, чтобы не рисковать, эксплуатационники включали все 44 вентилятора и тратили немало электроэнергии.

Теперь представим, что подул резкий северный ветер. Надо срочно поднимать температуру в корпусе. Но на сколько градусов конкретно? Сколько секций и в каких калориферах подключать? Ответа на эти вопросы не было, поэтому все выполнялось «на глазок».

— В итоге практически на любом предприятии для перестраховки температуру в цехах держат выше требуемой, — говорит Бернер. — А ведь это разбазаривание топлива. Для такого здания как наш главный корпус один лишний градус — это 8000 Гкал/ч. Ну, и естественно, раз никто

точно не знает, сколько необходимо топлива, заказывается всегда больше реальной потребности, про запас.

Кардиограммы цеха

Ученые научно-исследовательского Института строительной физики впервые появились на АЗЛК в 1979 году. Рабочие с интересом поглядывали, как они возились с непонятными датчиками и приборами. И уж совсем были заинтригованы, когда в воздух, под самую крышу, поползли зонды с гелием.

Почти два года создавался «тепловой» портрет главного корпуса. Исследовался он, что называется, вдоль и поперек. Изучалась реакция корпуса на внешние воздействия: холод, ветер, влажность; измерялось сколько тепла теряется через стены, стекла, крышу, какова фильтрация; где и сколько в самом цехе выделяется тепла; как различные зоны воздействуют друг на друга, как распределяются температура и влажность по высоте и в плане.

Кроме того, корпус имеет свою тепловую статику и динамику. Первый параметр показывает насколько изменяется температура воздуха в здании при изменении температуры приточного воздуха на 1°C. А динамическая характеристика определяет сколько времени длится переход из одного статического состояния в другое.

— Имея все эти данные, мы составили математическую модель теплового режима здания, а затем на ее основе программу для ЭВМ,— говорит руководитель работ, доктор технических наук Ю. А. Табунщиков.— Честно скажу, я очень долго сомневался, будет ли завод внедрять нашу систему. Уж очень многие не верили, считали, что ЭВМ — это чересчур сложно. Был даже момент, когда вдруг заговорили, что для регулирования подачи тепла надо поставить аппаратуру, применяемую традиционно. Мол, это проще и надежней. Зачем огород городить?

Но несмотря на то, что были неверующие и сомневающиеся, дело продвигалось. Идея постепенно обрастала плотью: приобретались ЭВМ и метеостанция, были размещены в различных точках корпуса датчики температуры и от них к ЭВМ проложены линии связи, разработаны и созданы устройства для ввода в машину всей собираемой информации.

Кстати сказать, система только разрабатывалась, а эксплуатационники получили

еще одно средство для управления теплоснабжением. По предложению ученых воздух, отработанную и охлажденную в вентиляторах, стали подмешивать к той, которая поступает от ТЭЦ.

ЭВМ советует

— Теперь управление тепловым режимом принципиально изменилось, можно сказать, что мы прозрели. Все делается «по науке»,— говорит М. С. Бернер.— Давайте пройдем в операторскую.

В небольшой комнатке — мини-ЭВМ, дисплей, один оператор. Он дает машине задание: при температуре воды от ТЭЦ 73°C обеспечить температуру в корпусе 19°C. Пока ЭВМ задумалась, Бернер объясняет.

— Сейчас она собирает информацию со всех датчиков о температуре в разных точках корпуса, выясняет какой ветер, влажность, температура воздуха. А затем на основе этих данных должна выбрать оптимальный, то есть экономичный вариант расхода тепла. Ну вот, она уже сообразила.

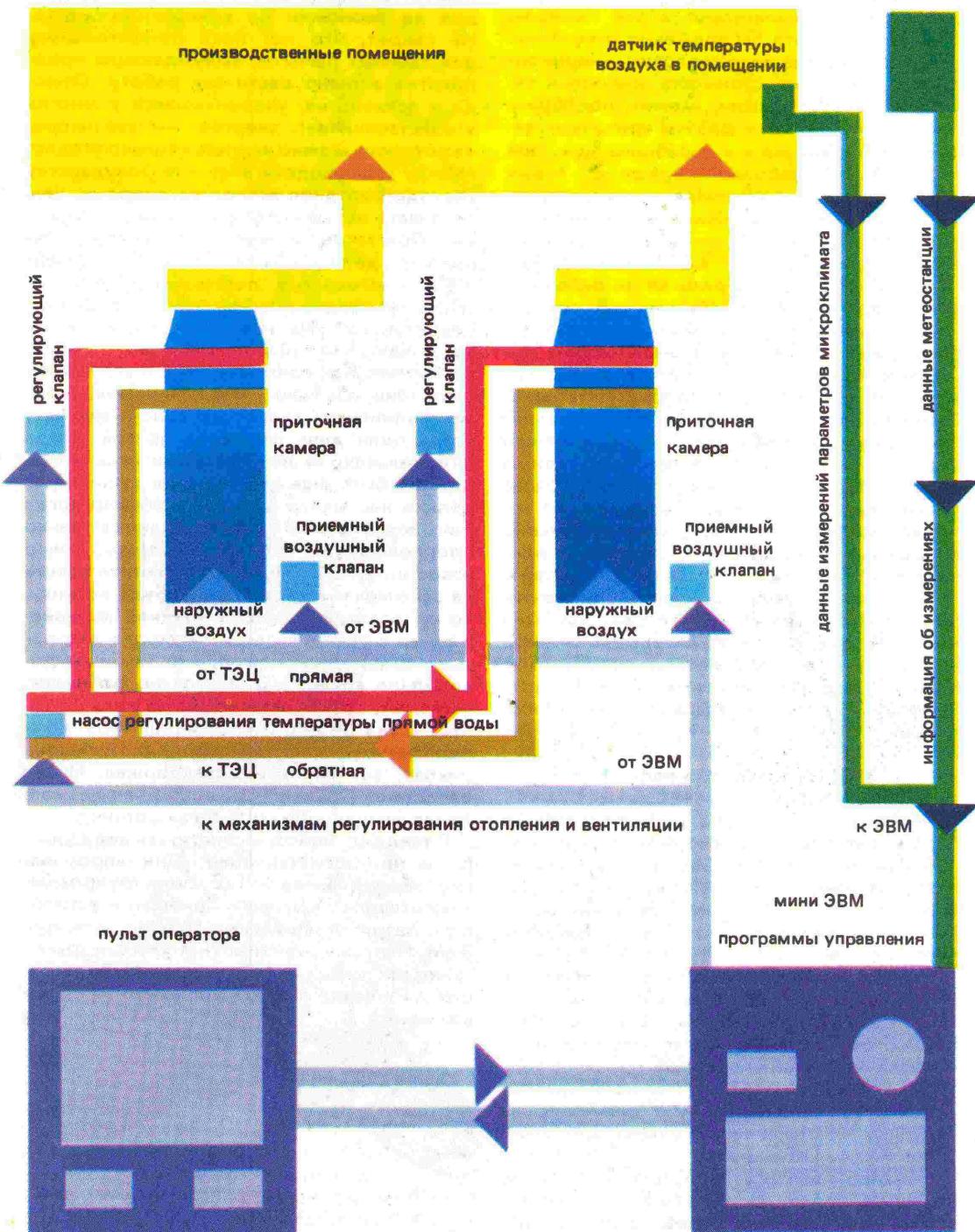
Ответ загорается на экране дисплея и печатается на машинке. Процитируем ЭВМ, это интересно. «Для поддержания в рабочее время температуры внутреннего воздуха 19°C необходимо включить 35 приточных камер (далее перечисляются какие именно). Температуру приточного воздуха поддерживать 21°C. Производительность подмешивающих насосов ($\text{м}^3/\text{ч}$) № 1 — 130, № 2 — 78, № 3 — 130, № 4 — 117. Температуру прямой воды поддерживать 48°C». Затем ЭВМ сообщает о том, насколько в различных точках температура отклонилась от заданной.

Может возникнуть вопрос: как поддерживается необходимый воздухообмен, если подключены не все 44 вентилятора, а лишь 35. Дело в том, что в данный момент с запада дует ветер и «недостающий» воздух проникает в корпус за счет фильтрации.

— Давайте покажем товарищу нашу систему во всей красе,— просит оператора Бернер.— Что она еще может...

А может она действительно многое. По команде информирует о состоянии всех приточных камер: какова температура подаваемого ими воздуха и отходящей воды. Немедленно оповещает оператора о появлении аварийной ситуации, например, неисправном вентиляторе, падении давления в трубопроводе, пожаре, даже разбитом окне и т. д. Очень важно знать все о прямой и обратной воде, и ЭВМ дает

**СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО
УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**



значение этих температур по каждому цеху.

Крайне интересен и такой момент. Как известно, предприятию наиболее невыгодно расходовать энергию при пиках нагрузки в сети и желательно в эти периоды вентиляторы хотя бы временно отключать. Так вот машина, зная тепловую инерционность помещения, стоимость обычной и пиковой электроэнергии, может подобрать оптимальный режим работы приточных камер. Точно так же и в нерабочие дни ЭВМ предлагает наиболее выгодную схему отключения и подключения вентиляторов.

— За счет внедрения АСУ-микроклимат мы ежегодно экономим около 17 % тепловой энергии или 4500 тут,— говорит Бернер.— Так что затраты на ее разработку, а это примерно 110 тыс. руб., окупились менее чем за 4 месяца. И учтите, что сделан лишь первый шаг: машина пока только советует, а крутим насосы мы сами. В будущем надо перейти на автоматику. ЭВМ должна дать команду исполнительным механизмам, и они откроют или закроют насосы. Для этого необходимо связать ЭВМ с приводом двигателей. Сейчас такую систему мы разрабатываем. То же самое и с вентиляторами. Пока управление подачей горячего воздуха довольно примитивно: включил — выключил. А нужно регулировать производительность вентилятора автоматически, тогда экономия энергии будет куда внушительней. Ученые обещают, что она может достигать 30 % общего теплопотребления. Словом, возможности АСУ еще далеко не исчерпаны.

Зачем проявлять инициативу?

Итак, у нас в стране появилась первая автоматизированная система управления обогревом производственных зданий. На нее получено авторское свидетельство. Более того, когда ученые стали интересоваться зарубежным опытом, то выяснилось, что подобные системы делает лишь американская фирма «Ханивелл», но только для административных зданий, и что самое важное, работают они в режиме диспетчеризации, без математических моделей, и не обеспечивают оптимизацию.

— Во всяком случае, мы не нашли ни одного упоминания об АСУ для обогрева крупных промышленных объектов,— уточняет Ю. А. Табунщиков.

И здесь хочется вернуться к вопросу, который прозвучал в начале этого разговора. Что заставило завод проявить ини-

циативу, пригласить институт? Ведь одно дело — представлять, что энергия становится все дефицитней (это известно каждому). И совсем другое — что-то делать для ее экономии на конкретном месте. Не секрет, что нет пока по-настоящему действенных рычагов, вынуждающих предприятия активно вести эту работу. Отсюда и психология, укоренившаяся у многих хозяйственников: энергия — это море, из которого можно черпать сколько угодно. Между тем подсчитано, что государству гораздо выгоднее экономить энергию, чем осваивать новые источники и месторождения. При такой ситуации каждый факт инициативы должен быть понят и отмечен.

На многократно поставленный вопрос «Почему?» главный энергетик в конце концов ответил: «Ну вот теперь иду на завод, знаю, что система работает, и удовлетворен». Как понимать эти слова? Может быть, они означают, что у человека кроме будничных дел, постоянной текучки, когда один день похож на другой, когда они мелькают и не успеваешь оглянуться, должно быть еще что-то... для души? Предельно лаконичен Бернер, особенно когда речь заходит о нем, и нам остаются только предположения. Но зато абсолютно точно известно, что у главного энергетика всегда «в запасе» имеется какая-нибудь новинка. То он возился с синхронизацией конвейеров, то с автоматизацией привода для подачи воды. И что важно: все замыслы доводил до конца, и они отлично работают.

Может, это сыграло немалую роль в том, что, когда он пришел с идеей АСУ к генеральному директору завода В. П. Коломникову, тот сразу его поддержал. И как следствие — фонды, средства, люди, «зеленая улица» институту-разработчику.

В tandemе « завод — институт » ведущими были производственники. Они «пробивали» оборудование, сами сконструировали и изготовили различные приборы и устройства, разработали несколько программ для ЭВМ. Поэтому и внедрение шло быстрыми темпами: через три года после начала работ АСУ взяла на себя управление микроклиматом.

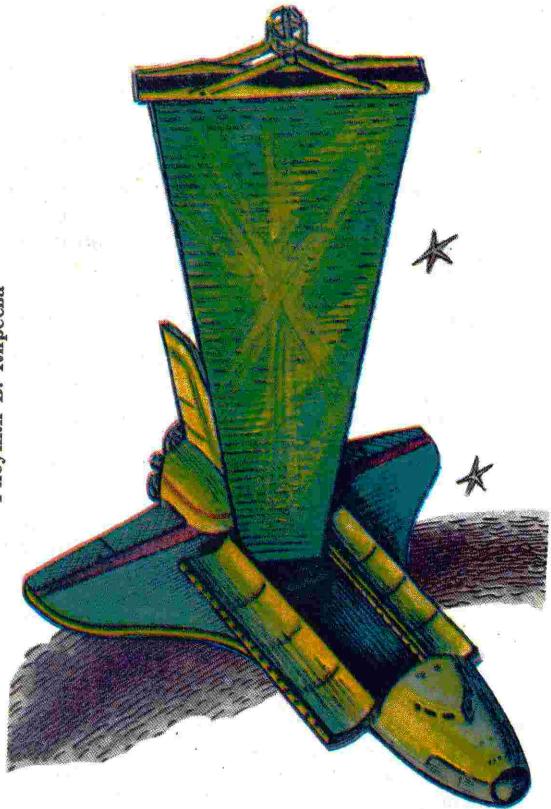
БОРТОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЗАРУБЕЖНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ

За исключением очень небольшого числа спутников, все космические аппараты нуждаются в электроэнергии, без которой не могут функционировать ни служебные системы, ни полезная нагрузка. Служебные системы — это системы ориентации, телеметрии, терморегулирования, жизнеобеспечения (на пилотируемых аппаратах), а также бортовые двигательные установки. Полезная нагрузка — научные приборы, ретрансляторы на спутниках связи, оборудование для проведения экспериментов, словом, то, ради чего запущен космический аппарат. Система электропитания, кстати, тоже относится к служебным системам. Правда на спутниках — электростанциях далекого будущего, предназначенных для энергоснабжения Земли (см. № 5, 1984 г.), помимо служебной системы электропитания появится и система генерирования электроэнергии, являющаяся основной полезной нагрузкой. Но такие спутники-электростанции в данной статье не рассматриваются.

Большинство современных космических аппаратов используют «даровую» лучистую энергию Солнца, которая с помощью

Рисунки В. Киреева



Экспериментальная панель солнечных батарей, развернутая из отсека корабля «Спейс Шаттл»

фотоэлементов солнечных батарей преобразуется в электрическую. А откуда брать энергию, когда спутник находится в тени Земли, и солнечные батареи ток нерабатывают? Для этого на борту предусмотрены аккумуляторные батареи, подзаряжаемые от солнечных батарей во время пребывания спутника на дневной стороне Земли. Есть спутники, которые обходятся только аккумуляторными батареями, заряженными на Земле. Эти спутники не рассчитаны на длительную эксплуатацию, поскольку такие батареи имеют значительную массу, и спутник, несущий большое число батарей в расчете на длительное функционирование, оказался бы неприемлемо тяжелым. Первые американские космические корабли «Меркурий», которые находились в космосе несколько суток, обходились аккумуляторными батареями, а орбитальная станция «Скайлэб», рассчитанная на эксплуатацию в течение нескольких месяцев, несла крупногабаритные панели солнечных батарей.

ПАНЕЛИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Панели постоянно совершенствуются. Основное направление — повышение съема электроэнергии в расчете на единицу площади и единицу массы панели. По американским данным, в середине 1984 г. для космических аппаратов США эти величины составляли, соответственно, $125 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и $25 \text{ Вт}/\text{кг}$. Однако именно в это время на американском многоразовом транспортном космическом корабле «Спейс Шаттл» проходила летные испытания панель солнечных батарей с удельной мощностью $55 \text{ Вт}/\text{кг}$. Таким образом, в ближайшей перспективе возможно улучшение важнейшей характеристики панелей солнечных батарей более чем вдвое по сравнению с современным уровнем. Как этого достигнуть? Прежде всего облегчив конструкции как самих панелей, так и монтируемых на них солнечных элементов. Упомянутая панель изготовлена из пленки. В сложенном виде она занимает объем $4,5 \times 0,33 \times 0,99 \text{ м}$, а в развернутом виде размеры панели $32 \times 4,1 \text{ м}$. Развертывание обеспечивает многоэлементная штанга, которая складывается подобно самой панели.

Оригинальный принцип развертывания из рулона использован для панелей западноевропейского спутника связи

«Олимпус». Его должны вывести на орбиту в 1987 г. На этом спутнике устанавливаются две панели. В сложенном виде каждая имеет размеры $2,9 \times 0,3 \times 0,35 \text{ м}$, в развернутом — длину 10 м. Панель несет 21 500 тонкопленочных (толщина 0,18 мм) солнечных элементов.

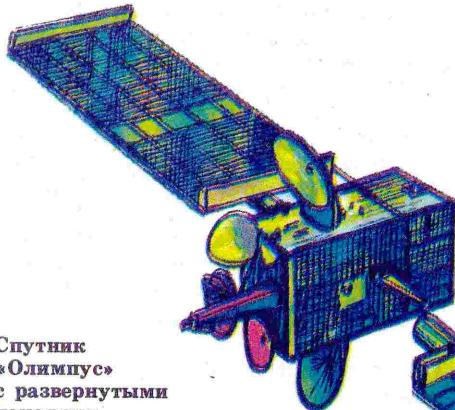
Совершенствование панелей солнечных батарей идет не только за счет снижения массы, но и уменьшения размеров без потери получаемой мощности. Как же можно этого добиться? Одним из путей является использование солнечных элементов с более высоким к. п. д. преобразования лучистой энергии Солнца в электроэнергию. Пока на всех космических аппаратах используются кремниевые элементы. Пять лет назад лучшие из серийно выпускаемых кремниевых элементов имели к. п. д. 12—13 %. К настоящему времени за рубежом налажено производство кремниевых элементов с к. п. д. 15 %. Успешно ведутся эксперименты с элементами других типов, прежде всего из арсенида галлия. Уже в 1981 г. удалось создать такие элементы с к. п. д. 18 %. Перспективным считается применение элементов с концентраторами солнечной энергии. В экспериментах удавалось обеспечить к. п. д. до 19 %. Следует отметить, что чем выше к. п. д., тем меньше требуется солнечных элементов для генерирования той же мощности, то есть панели солнечных батарей будут иметь не только меньшую массу, но и меньшие размеры.

Преимущество солнечных батарей (использование «даровой» энергии Солнца) в ряде случаев сводится на нет присущими им недостатками. Наличие солнечных батарей, особенно крупногабаритных, которые должны быть постоянно обращены к Солнцу, налагает большие ограничения на маневренность космического аппарата. Если аппарат снабжен мощной двигательной установкой, то при ее включении под воздействием ударных нагрузок панели могут быть повреждены. Может выйти из строя механизм развертывания панелей, что не раз случалось на зарубежных спутниках и даже на обитаемой орбитальной станции «Скайлэб». На этой станции развернулась только одна из двух основных панелей, поставив под угрозу срыва программу экспериментов. Потребовался выход космонавтов в открытый космос и проведение там сложных операций, чтобы обеспечить развертывание и второй панели.

ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Батареи водородно-кислородных топливных элементов.

Перечисленные недостатки панелей солнечных батарей заставили американских конструкторов использовать на маневрирующих пилотируемых кораблях «Джемини», «Аполлон» и «Спейс Шаттл»



Спутник
«Олимпус»
с развернутыми
панелями
солнечных батарей

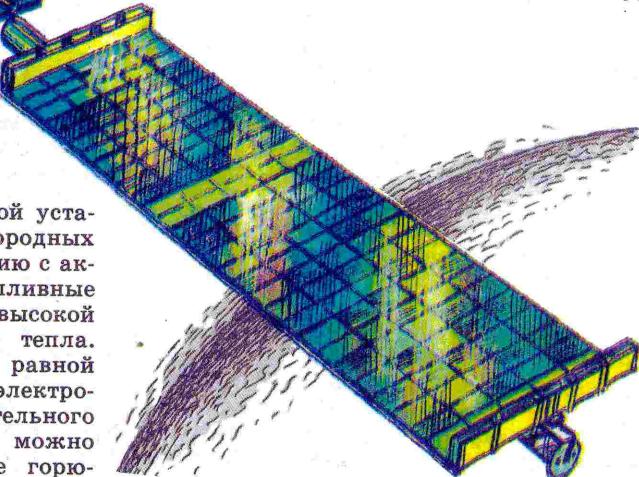
в качестве основной энергетической установки батареи водородно-кислородных топливных элементов. По сравнению с аккумуляторными батареями топливные элементы характеризуются более высокой надежностью, выделяют меньше тепла. Конструкция их проще, и при равной массе они могут обеспечивать электроэнергию в течение более длительного времени. В топливных элементах можно использовать практически любое горючее и окислитель.

Выбор кислорода и водорода для топливных элементов американских пилотируемых кораблей продиктован тем, что водородно-кислородные топливные элементы обеспечивают наиболее высокую удельную энергию по сравнению с любыми другими топливными элементами. Кроме того, вода, получающаяся в результате реакции водорода и кислорода, пригодна для питья.

На кораблях «Спейс Шаттл» устанавливаются три батареи водородо-кислородных топливных элементов массой по 90 кг. Каждая может обеспечить мощность от 2 до 12 кВт. Номинальный запас рабочего тела (водород и кислород) для батарей рассчитан на производство 1530 кВт·ч электроэнергии, в том числе 50 кВт·ч для обеспечения работы по-

лезной нагрузки в течение семи суток орбитального полета. Если планируется более длительный полет или на борту находится особо энергоемкая полезная нагрузка (например, оборудование для технологических операций или радиолокатор), то требуется брать с собой дополнительные емкости с рабочим телом, разумеется, как это ни печально, в ущерб полезной нагрузке. Ресурс батареи 5000 час, т. е. около 200 сут. Это означает, что заменять батареи потребуется примерно лишь после тридцати семисуточных полетов корабля.

При длительных полетах топливные элементы непригодны, поэтому, например, для увеличения длительности полетов кораблей «Спейс Шаттл» до 30 сут. (такой проект разрабатывается) потребуется использовать панели солнечных батарей. Следовательно, пришли к тому,



от чего во имя улучшения маневренности отказались. Рассматриваются различные варианты. Один из них предусматривает, что в космос выводится автономный спутник-электростанция, оснащенный крупногабаритными панелями солнечных батарей, и корабль причаливает к нему для подзарядки энергией. Согласно другому варианту, панели солнечных батарей в сложенном виде находятся на самом корабле и разворачиваются (не отделяясь от него) после выхода корабля на орбиту.

Аккумуляторные батареи.

Определенный прогресс достигнут и в аккумуляторных батареях, без которых не обходится ни один спутник. Но их масса остается все еще очень большой: удельная мощность наиболее широко рас-

пространенных никель-кадмииевых батарей 16 Вт/кг (напомним, что у солнечных батарей 25 Вт/кг). Масса таких батарей на спутнике, рассчитанном на длительное существование, может достигать 20 % сухой массы (без топлива и полезной нагрузки) на стационарной орбите. И это при наличии солнечных батарей, как основного источника электроэнергии, поскольку на такой высокой орбите (36 000 км от поверхности Земли) спутник попадает в тень всего в течение нескольких суток в год, а продолжительность пребывания в тени не превышает нескольких десятков минут. Удельная энергоемкость никель-кадмииевых батарей пять лет назад составляла 10—15 Вт·ч/кг. Теперь — 23 Вт·ч/кг. Все большее применение находят никель-водородные батареи, удельная энергоемкость которых достигает 40 Вт·ч/кг. В никель-водородной батарее, вместо кадмииевого электрода, используется платиновый, который при разряде выделяет, а при заряде поглощает водород. Сепаратор в такой батарее изготавливается из асbestовой ткани, в то время как в никель-кадмииевой батарее — из нейлоновой. Платина и асbestовая ткань более стойки к раствору электролита, чем кадмий и нейлоновая ткань, благодаря чему никель-водородная батарея может эксплуатироваться без ухудшения характеристик дольше, чем никель-кадмииевая.

Солнечные батареи.

Ухудшение характеристик (так называемая «деградация») в условиях космоса — недостаток, присущий и солнечным батареям. Если необходимо в течение длительного времени обеспечить постоянную мощность, то приходится брать «лишние» солнечные батареи. В начале эксплуатации спутника мощность превышает потребную величину, а к концу расчетного срока эксплуатации вследствие деградации солнечные батареи только-только вырабатывают необходимую мощность. Ведь очень редко появляется поистине уникальная возможность в процессе эксплуатации нарастить в космосе панели солнечных батарей, как это осуществили советские космонавты на орбитальной станции «Салют-7».

При всех усовершенствованиях солнечных батарей для генерирования очень высокой мощности они пока неприменимы, так как с увеличением мощности возрастают размеры и масса. Согласно расчетам, при современном уровне тех-

ники, чтобы обеспечить мощность 100 кВт потребуются панели общей площадью 800 м² и массой 10 т. К 2000 г. удельную мощность панелей с кремниевыми солнечными элементами, возможно, удастся увеличить до 200 Вт/м², но и тогда для генерирования мощности 100 кВт будут нужны панели площадью 500 м². Такая площадь допустима для спутников-электростанций далекого будущего. Эти спутники используют целые «поля» солнечных батарей площадью в несколько квадратных километров. Однако речь не о них. Для космических станций, обращающихся вокруг Земли, промышленных установок на околоземной орбите, мощных радиолокаторов космического базирования уже в близком будущем потребуется мощность порядка 100 кВт. А для таких космических аппаратов многокилометровые «поля» солнечных батарей неприемлемы не только по массе и размерам, но и ряду других соображений. Где же выход?

Ядерные реакторные энергетические установки.

Согласно расчетам, такая установка имела бы примерно вдвое меньшую массу, чем панели солнечных батарей, генерирующие аналогичную мощность, а по компактности превосходила бы их в несколько раз. По мнению американских специалистов, в США реакторные установки, в первую очередь, найдут применение на военных космических аппаратах, позже — на перспективных спутниках связи и наблюдения, автоматических орбитальных станциях, аппаратах, предназначенных для исследования отдаленных от Солнца областей космического пространства, спускаемых аппаратах, предназначенных для работы на поверхности небесных тел в длительныеочные периоды и т. д. Особое внимание в США уделяется возможности использовать реакторные установки на спутниках военного назначения, в частности:

- на спутниках, оснащенных радиолокаторами. Тогда, как указывают американские военные специалисты, удалось бы довести потенциал радиолокатора примерно до 10⁶ Вт/м² и с помощью одного радиолокатора обеспечить предупреждение в системе ПВО для всей территории США;

- на военных спутниках связи для создания такого высокого уровня мощности, который обеспечил бы прохождение сигнала, несмотря на помехи;

— на важнейших военных спутниках связи и наблюдения, которые в случае использования солнечных батарей оказались бы слишком уязвимыми;

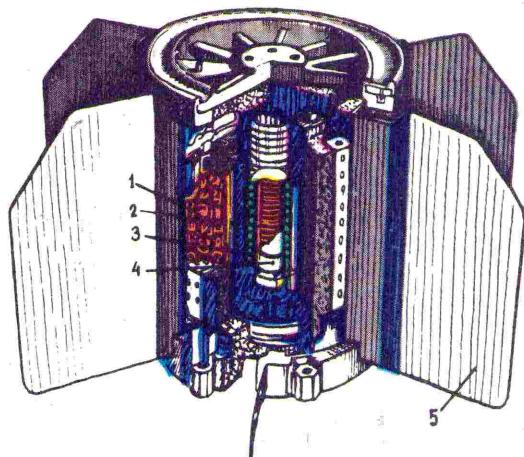
— на боевых станциях с лазерным оружием на борту.

В США ведутся работы по созданию реакторной установки с номинальной электрической мощностью 100 кВт. Считают, что при благоприятных условиях ее можно создать к началу 1990-х годов. Согласно проекту, она рассчитана на семь лет работы на этой мощности и на более длительную работу при мощности ниже номинальной. В активной зоне реактора находится 150 кг окиси урана. Выделяемое реактором тепло нагревает рабочее тело, пары которого врачают турбину генератора. Отработавшие пары конденсируются, и рабочее тело в жидкоком агрегатном состоянии снова нагревается теплом реактора. Замкнутый цикл позволяет работать практически без потерь рабочего тела.

Недостаток ядерных реакторов — необходимость радиационной защиты прочего оборудования космических аппаратов, прежде всего приборов. Еще большую сложность представляет защита людей, но пока на пилотируемых объектах реакторные установки размещать не планируют. При электрической мощности реакторной установки 100 кВт, вес радиационной защиты составит от 200 до 900 кг. Сложную проблему представит и отвод избыточного тепла.

Во избежание радиационного заражения Земли реакторная установка будет включаться только по достижении космическим аппаратом орбиты, поскольку при неудачном запуске и падении ракеты-носителя с аппаратом на Землю работающий реактор может наделать много бед.

Выше упоминалось, что ядерные реакторы могли бы устанавливаться на космических аппаратах, предназначенных для исследования отдаленных от Солнца областей космического пространства, а также на спускаемых аппаратах, предназначенных для работы на поверхности небесных тел в длительныеочные периоды. Ясно, что солнечные батареи для этого не подходят. Лучистая энергия Солнца на периферии Солнечной системы (у Юпитера, Сатурна и в еще более удаленных от Солнца областях) очень слаба и не может обеспечить достаточной электроэнергии даже при очень больших пло-



Радиоизотопная энергетическая установка марсианского посадочного аппарата «Викинг»

1 — термопары, 2 — пластины окиси плутония, 3 — теплозащитный экран, предотвращающий сгорание контейнера с радиоактивным веществом в случае аварии ракеты-носителя и возвращения аппарата в атмосферу Земли; 4 — контейнер с радиоактивным веществом; 5 — лопасть стабилизатора

щадах панелей. Такое же положение при необходимости работы аппарата на планете в длительныеочные периоды. Не помогут в этом случае ни аккумуляторные батареи, ни топливные элементы. Полет аппарата к отдаленной планете длится несколько лет. Чтобы обеспечить электропитание в течение всего периода, потребуются батареи массой (без преувеличения!) в несколько тонн, а ведь весь аппарат имеет массу в несколько десятков или сотен килограммов. Для топливных элементов потребуются также тонны рабочего тела. Ядерные реакторные установки в США еще не созданы. Снова зададим вопрос, где же выход?

Радиоизотопные энергетические установки.

Выход был явно найден, поскольку американские космические аппараты «Пионер» и «Вояджер» совершили полеты к Юпитеру и Сатурну, один из них («Вояджер-2») приближается к Урану, а другой («Пионер-10») уже пересек орбиты Нептуна и Плутона, то есть вышел за пределы Солнечной системы. Долгие годы работали на поверхности Марса посадочные аппараты «Викинг-1» и «Викинг-2», не прекращая функционирования и в длительныеочные периоды.

В данном случае задача электропитания без использования Солнца, аккумуляторных батарей, топливных элементов и ядерных реакторов была решена благодаря применению радиоизотопных энергетических установок. В них используется радиоактивный элемент. Он нагревает «горячие» спаи термопар. На их свободных (неспаянных) концах возникает электродвигущая сила постоянного тока. Конечно, такие радиоизотопные установки не могут обеспечить киловаттной мощности, но для созданных до сих пор аппаратов, исследующих дальний космос, такая большая мощность и не нужна.

Марсианские посадочные аппараты «Викинг» оснащены двумя радиоизотопными установками с общей начальной мощностью 76 Вт. Масса каждой установки 14,5 кг, длина корпуса 28 см, диаметр 16,5 см, поперечный размер по ребрам радиатора (шесть ребер) 47 см. В установках использовалась двуокись радиоактивного элемента плутоний-238. Для преобразования тепловой энергии в электрическую служат шесть блоков (по 15 термопар в каждом) с последовательно-параллельным соединением: п-элемент термопары изготовлен из теллурида свинца, р-элемент — из сплава теллура, свинца, германия и сурьмы. Расчетная продолжительность работы установок 5 лет. На поверхности Марса посадочный аппарат «Викинг-1» проработал с 20 июля 1976 г., по крайней мере, по ноябрь 1982 г. С ноября 1982 г. на Земле перестали принимать сигналы от аппарата, однако неизвестно, было ли это вызвано прекращением работы энергетической установки.

На аппаратах «Пионер-10» и «Пионер-11» используются по четыре радиоизотопные установки, которые при старте обеспечивали общую мощность 160 Вт. Аппараты были запущены, соответственно, в 1972 г. и 1973 г. В 1983 г., т. е. через 11 лет после запуска с Земли, аппарат «Пионер-10», как уже говорилось, вышел из пределов Солнечной системы. К этому времени мощность, обеспечиваемая радиоизотопной установкой, упала до 106 Вт. Если такая скорость падения мощности, обусловленная распадом радиоактивного элемента, сохранится, то, по расчетам, связь с аппаратом удастся поддерживать до 1992—1996 гг. На аппарате «Пионер-11» мощность энергетических установок падает примерно на 12 % быстрее, чем на «Пионере-10», поэтому опасаются, что работу с аппаратом «Пионер-11» при-

дется прекратить несколько раньше, чем с «Пионером-10», хотя он был запущен на год позже. Задачи свои (исследования Юпитера и Сатурна с пролетной траектории) он уже выполнил.

На аппаратах «Вояджер-1» и «Вояджер-2», запущенных в 1977 г., используются по три радиоизотопные энергетические установки, рассчитанные на десять лет работы, но есть надежда, что они будут функционировать дольше и позволят «Вояджеру-2» исследовать не только Юпитер (в 1979 г.) и Сатурн (1981 г.), но также Уран (1986 г.) и Нептун (1989 г.). При пролете около Юпитера установки должны были обеспечивать общую мощность 421 Вт, при пролете около Сатурна — 384 Вт, фактически они генерировали большую мощность.

Используя радиоизотопные установки необходимо принимать меры безопасности, хотя их радиоактивное излучение значительно менее интенсивно, чем у реакторных установок. Так, в 1986 г. в американском пилотируемом корабле «Спейс Шаттл» планируется доставить на орбиту западноевропейский космический аппарат «Улисс», оснащенный радиоизотопной установкой, которая должна генерировать мощность 260 Вт. Это будет первый случай, хотя и непродолжительный, когда радиоизотопная установка появится на борту пилотируемого корабля. Программа предстартовой подготовки спланирована так, чтобы монтаж установки на аппарате, уже погруженному в корабль, производился только за двое суток до старта. Разработанная процедура монтажа такова, что каждый оператор будет находиться вблизи радиоизотопной установки не более 3 мин. Тогда он не получит опасной дозы радиации. Предусмотрен и случай аварийного прекращения полета, когда потребуется извлечь установку из корабля, совершившего вынужденную посадку. У американцев есть печальный опыт, когда метеорологический спутник «Нимбус» с радиоизотопной установкой на борту из-за аварии ракеты-носителя не вышел на орбиту, а упал в океан.

* * *

Проблема электропитания космических аппаратов — одна из главных проблем космической техники, и дальнейшее развитие космонавтики во многом зависит от успешного решения этой проблемы для аппаратов различного типа и назначения.

Международные прогнозы: энергетика к XXI веку

ЗАПАД ЕВРОПЫ И ВОСТОК АЗИИ

Кандидат физико-математических наук
И. И. КУЗЬМИН

Кандидат технических наук
А. Я. СТОЛЯРЕВСКИЙ

В ноябрьском номере прошлого года наш журнал опубликовал статью о прогнозах развития энергетики планеты на период до 2010 года. В этом номере публикуется следующая статья тех же авторов. Они излагают мнения прогнозистов разных стран, которые были высказаны на 2-м Международном симпозиуме по энергетике в Вене (Австрия).

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ И КИТАЯ

Интерес, который был проявлен на Международном симпозиуме к проблемам развития энергетики Западной Европы и Китая, объясняется, конечно, не тем, что эти страны географически далеко отстоят друг от друга. Главная причина — различие в уровне их энергопотребления. Как уже отмечалось, в настоящее время энергопотребление распределено по земному шару крайне неравномерно. И в этом отношении Западная Европа и Китай — регионы довольно характерные.

Западная Европа¹ — высокоразвитый в экономическом отношении регион нашей планеты с населением в 403,4 млн. человек, ежегодно потребляющий в среднем около 4 кВт · год первичной энергии на душу населения. Валовой общественный продукт, приходящийся на душу населе-

ния в среднем в этом регионе составляет 4400 долл. в год.

КНР² — страна с населением более 1 млрд. человек, ежегодно потребляющая около 0,8 кВт · год первичной энергии в среднем на душу населения. Соответственно, валовой национальный продукт в среднем на душу населения составляет в КНР только 383 долл. в год. В энергообеспеченности ресурсами на будущее ситуация обратная. Китай и Западная Европа значительно отличаются друг от друга по обеспеченности собственными ресурсами органического топлива. Из-за ограниченности собственных ресурсов такого топлива (в особенности нефти и природного газа) Западная Европа в 1975 г. более 50 % своих потребностей в первичной энергии покрывала за счет нефти, импортируемой из района Персидского залива. Большая часть природного газа и угля, потребляемых в Западной Европе, добывается также вне ее границ. В отличие от Западной Европы, Китай обладает значительными ресурсами органического топлива. Например, по одной

¹ На симпозиуме к странам Западной Европы были отнесены следующие страны: Швеция, Дания, Норвегия, Финляндия, Швейцария, ФРГ, Бельгия, Люксембург, Голландия, Австрия, Великобритания, Ирландия, Италия, Испания, Греция, Португалия, Югославия, Турция.

² Статистические данные для КНР — за 1978 г., для Западной Европы — за 1975 г. Экономические показатели представлены в долларах США 1975 г.

из оценок, по запасам угля Китай находится на третьем месте в мире (после СССР и США).

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

Органическое топливо ныне обеспечивает более 90 % потребностей Западной Европы в первичной энергии. В то же время, как уже отмечалось, запасы энергоресурсов в этом регионе ограничены. Например, если предположить, что объем потребления нефти и природного газа в будущем сохранится на уровне 1975 г. и если потребности в этих видах топлива будут удовлетворяться только за счет собственных ресурсов, то запасы нефти в Западной Европе будут исчерпаны приблизительно через 20 лет, а природного газа — через 45 лет. Заметим, что в настоящее время нефть и природный газ покрывают более 65 % потребностей этого региона в первичной энергии. Имеющиеся здесь ресурсы угля относительно более значительны, но возникающая при его широком использовании проблема защиты окружающей среды, неизбежность больших капиталовложений и затраты времени на освоение новых угольных месторождений ограничивают перспективы этого источника энергии.

За счет каких источников энергии Западная Европа будет покрывать дефицит в своих энергопотребностях, который в ближайшие десятилетия обострится? Это один из вопросов, от ответа на которые зависит решение проблемы улучшения или хотя бы сохранения достигнутого на сегодня жизненного уровня населения этого региона. Вопрос не только самый острый, но и своевременный. Из-за большой фондо- и материоемкости, а также длительности разработки новых экономически приемлемых технологий производства энергии энергетика — весьма инерционная отрасль промышленности. Изучение того, как уголь в прошлом замещался в энергетике Западной Европы нефтью и природным газом, показало, что потребовалось 30-40 лет, чтобы доля нефти и природного газа возросла от 1 до 50 % полного потребления первичных энергоресурсов. Обратная перестройка энергетики, возврат к углю потребует, очевидно, также не менее трех десятилетий. Поэтому, учитывая сегодняшнюю энергетическую ситуацию, которая сложилась в Западной

Европе, многие прогнозисты считают, что проблему будущего энергообеспечения необходимо решать срочно, иначе будет поздно.

Среди представленных по этой проблеме прогнозов наибольший интерес на Симпозиуме вызвал прогноз энергетики Западной Европы, выполненный Международным Институтом Прикладного Системного Анализа (МИПСА, Вена).

ОСНОВНЫЕ ИДЕИ

В прогнозе МИПСА в качестве базисного был выбран 1975 г. и период прогнозирования охватил время до 2100 года. При построении этого прогноза учитывались десятки показателей, которые влияют на потребность в энергии в будущем. Основные среди них рост численности населения и валового общественного продукта в этом регионе.

Предполагалось, что к 2100 г. население Западной Европы стабилизируется на уровне около 570 млн. человек, а валовой продукт возрастет до $13,4 \cdot 10^{12}$ долл. в год. (В 1975 г. эти показатели составляли соответственно, 403,4 млн. чел. и $2,1 \cdot 10^{12}$ долл. в год.)

Был поставлен вопрос: возможен ли для Западной Европы в рамках заданных темпов экономического роста переход от энергетики на органическом топливе, запасы которого ограничены, к энергетике на практически неисчерпаемой основе — ядерной, солнечной и т. п.?

В результате проведенного анализа ответ на этот вопрос был получен положительный. Было показано, что такой переход возможен в рамках, по крайней мере, трех энергетических сценариев, которые были названы авторами прогноза, соответственно, «жестким» и «мягким» солнечными сценариями, и ядерным сценарием. Прогнозы потребности в энергии (первичной и конечной) до 2100 г. для каждого из этих сценариев представлены на рис. 1, доля различных источников энергии в обеспечении потребностей в первичной энергии — в табл. 1, а структура конечной энергии в табл. 2 и на рис. 2.

«ЖЕСТКИЙ» СОЛНЕЧНЫЙ СЦЕНАРИЙ

В этом сценарии прогнозисты рисуют такую картину будущего: происходит постепенный отказ от использования тра-

Таблица 1
СТРУКТУРА ПЕРВИЧНЫХ
ВИДОВ ЭНЕРГИИ

Энергети-ческие ресурсы		Сценарии					
		Солнечные			Ядерный		
		«мягкий»	«жесткий»				
Уголь	22,1	2,4	0	12,6	0	5,1	0
Нефть	52,5	3,6	0	9,5	0	6,1	0
Газ	13,2	2,3	0	13,7	0	6,0	0
ЛВР ¹	2,4	4,6	0	0,8	0	5,8	0
БР ²	0	0	0	9,5	0	56,2	65,3
ВТГР ³	0	0	0	0	0	5,5	23,9
Гидроэнергия	8,1	10,6	8,5	7,7	4,3	6,6	3,4
Биомасса	1,7	8,4	15,1	10,1	9,4	8,7	7,4
Ветроэнергия	0	34,8	33,9	0	0	0	0
Энергия волн	0	1,8	1,4	0	0	0	0
Фотоэлектрическое преобразование энергии	0	6,0	9,4	0	0	0	0
Индивидуальные солнечные энергостанции	0	25,4	28,3	0	0	0	0
Солнечные электростанции	0	0	0	19,9	3,4	0	0
Солнечно-водородные термализные установки	0	0,1	3,4	16,2	82,9	0	0
Всего: в %	100	100	100	100	100	100	100
ТВт · год ⁴	1,53	2,36	3,16	3,20	5,76	3,70	7,32
год							

¹ ЛВР — легководные реакторы на медленных нейтронах

² БР — реакторы-размножители на быстрых нейтронах

³ ВТГР — высокотемпературные гелиевые реакторы

⁴ 1 ТВт = 1 млрд. кВт

диционных энергоресурсов — нефти, газа и, практически, угля (табл. 1). Роль основного источника первичной энергии после 2100 г. принимает на себя солнечная энергия. Ее доля составляет 86,3 % от полных энергопотребностей. Кроме того, 4,3 % потребностей в первичной энергии предполагается удовлетворять за счет гидроэнергетики и 9,4 % — за счет биомассы (т. е. получения энергии из отходов животных, городских и промышленных отходов, а также из растений, специально выращиваемых для этих целей). Причем в «жестком» солнечном сценарии предполагается использовать солнечную энергию с помощью создания мощных солнечных электростанций (централизованная или «жесткая» технология производства энергии). Сравнительно небольшое количество энергии, которую получает в виде солнечных лучей каждый квадратный метр земной поверхности даже при самом солнечном климате, а также относительно низкая эффективность, превращения энергии солнечных лучей в электроэнергию (максимум около 20 %), означает, что на больших площадях земной поверхности необходимо будет установить солнечные коллекторы. Например, для создания солнечной электростанции мощностью 1000 МВт потребуется покрыть солнечными коллекторами, даже в условиях наивысшего уровня солнечного излучения, от 30 до 50 км² земной поверхности.

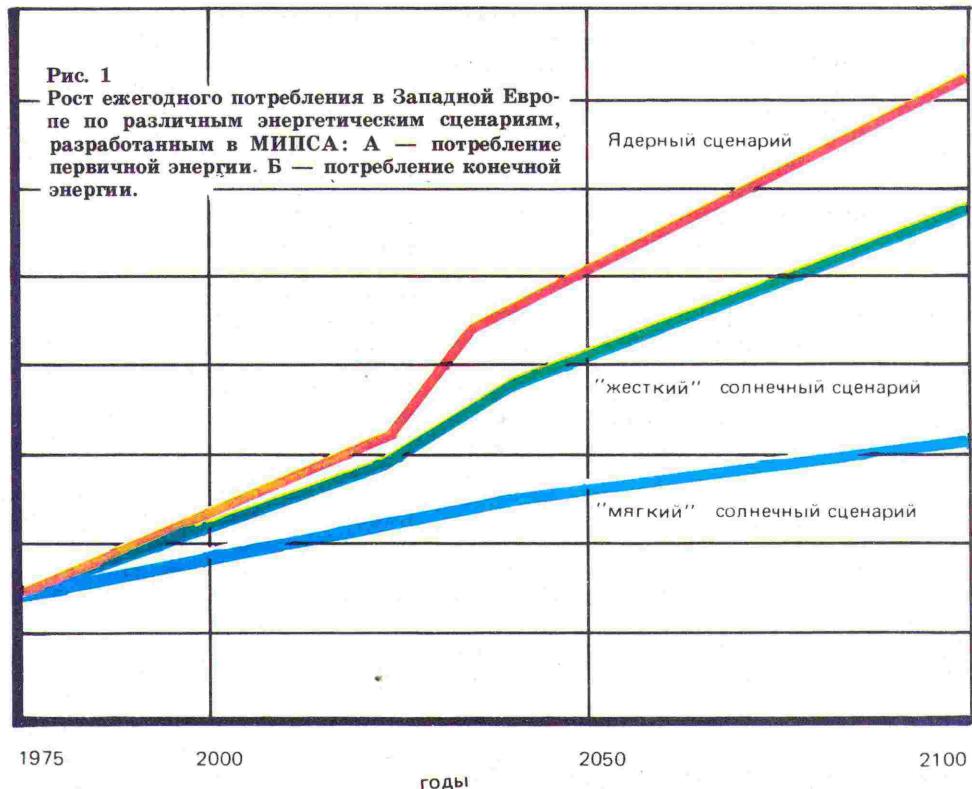
Другая проблема, связанная с энергетикой, базирующейся на солнечной энергии, состоит в том, что энергоснабжение осуществляется не постоянно и варьируется в зависимости от погодных условий, времени дня и сезона года. Решение этой проблемы требует создания мощных аккумуляторов энергии, достаточно емких для покрытия потребностей в энергии за несколько последовательных облачных

Изучение климатических условий Западной Европы, наличия здесь свободных территорий для солнечных электростанций показало:

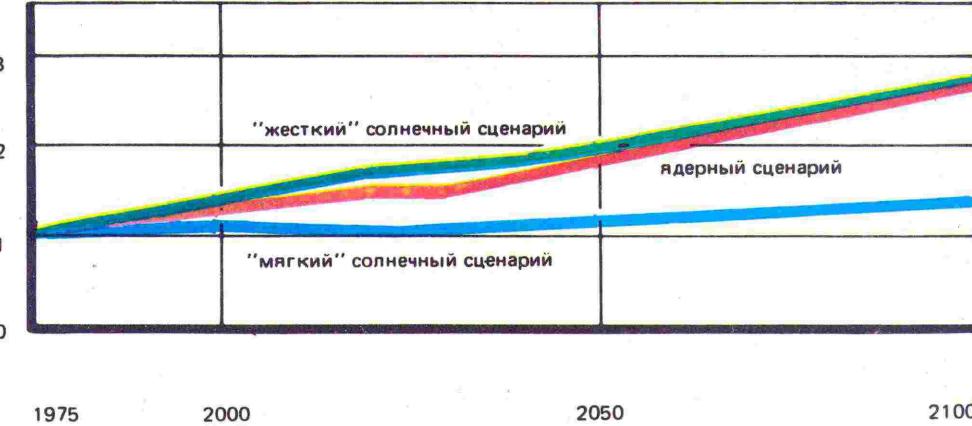
— географически зона экономического использования солнечной радиации в «жестком» сценарии ограничена южной частью Западной Европы, главным образом, территорией Испании и Турции;

— потенциальные ресурсы солнечной энергетики достаточны для покрытия прогнозируемых потребностей в первичной энергии для «жесткого» сценария;

Ежегодное потребление первичной энергии — в тераватах (1 млрд. кВт)



Ежегодное потребление конечной энергии (ТВт. год/год)



- в качестве метода накопления энергии необходимо использовать метод разложения воды на водород и кислород (основанный либо на электролизе воды, либо на ее термохимическом разложении), и последующее хранение водорода в специально созданных для этих целей хранилищах;
- транспортировку энергии от места ее производства к потребителям придется

осуществлять либо в виде электроэнергии по линиям электропередач либо в виде водорода по системе трубопроводов. (Полезно отметить, что для транспортировки энергии на расстояния свыше 1000 км предпочтительнее в качестве энергоносителя использовать водород).

Таким образом, в «жестком» сценарии намечается применение двух энергоносителей — водорода и электроэнергии. При

этом, водород замещает природный газ и нефть (жидкое топливо), а также кокс в металлургии, а роль твердого топлива принимает на себя биомасса (рис. 2). В тех отраслях производства, где водород и электричество не могут заменить жидкую нефть, используется синтетическое жидкое топливо — метанол. Метанол производят с помощью соединения водорода из воды и окиси углерода из биомассы.

Важно подчеркнуть, что в «жестком» солнечном сценарии стабильное экономическое развитие Западной Европы в решающей степени зависит от стабильности процессов транспортировки энергии. Экономика стран Центральной и Северной Европы в этом сценарии базируется на энергии (в виде электроэнергии или водорода), которая вырабатывается в Южной Европе.

В связи с этим авторы прогноза особо подчеркивают, что осуществление перехода к новой и практически неограниченной энергетической базе — солнечной энергетике потребует больших усилий по разработке и освоению новых технологий. Затраты на одновременное решение всего круга проблем переходного перио-

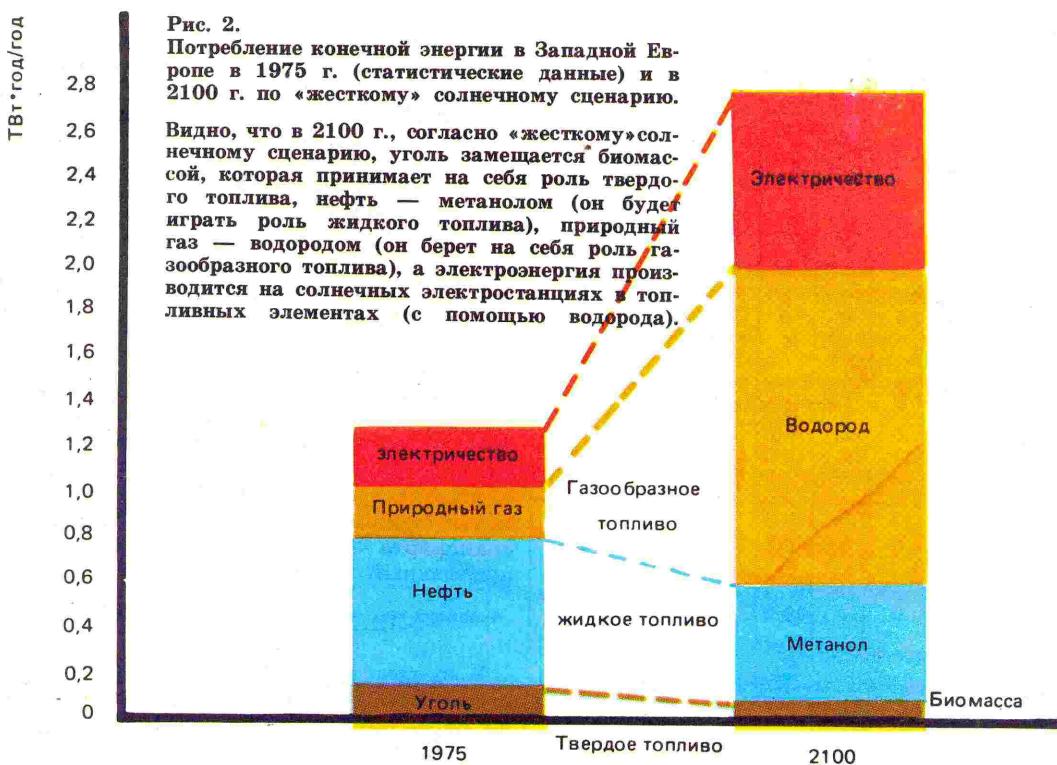
да будут не по силам отдельным странам Западной Европы. В этой связи потребуется кооперация усилий между странами. Одновременно возрастет роль обмена топливом и энергией между странами Западной Европы, а также капиталом, оборудованием и знаниями. В такой обмен, полагают многие прогнозисты, должны будут включиться и страны, расположенные вне этого региона. Только при всеобъемлющем сотрудничестве на взаимовыгодной и справедливой основе возможно, считают, решение энергетических проблем Западной Европы в дальней перспективе.

«МЯГКИЙ» СОЛНЕЧНЫЙ СЦЕНАРИЙ

В этом сценарии, в отличие от «жесткого» сценария, прогноз развития энергетики Западной Европы базируется на концепции перехода к децентрализованной (или «мягкой») технологии производства энергии. Прямое использование солнечной энергии предполагается осуществлять с помощью множества небольших по мощности солнечных энергоуста-

Рис. 2.
Потребление конечной энергии в Западной Европе в 1975 г. (статистические данные) и в 2100 г. по «жесткому» солнечному сценарию.

Видно, что в 2100 г., согласно «жесткому» солнечному сценарию, уголь замещается биомассой, которая принимает на себя роль твердого топлива, нефть — метанолом (он будет играть роль жидкого топлива), природный газ — водородом (он берет на себя роль газообразного топлива), а электроэнергия производится на солнечных электростанциях в топливных элементах (с помощью водорода).



новок, расположенныхных близко от потребителя, например, в коллекторах на крышах домов или в фотоэлектрических системах. Такая децентрализованная система солнечного энергоснабжения, согласно прогнозу, после 2100 г. сможет обеспечить 38,7 % потребностей в первичной энергии (табл. 1). Кроме того, по «мягкому» солнечному сценарию, значительную долю потребностей в первичной энергии удастся удовлетворять за счет энергии ветра, гидроэнергии и использования биомассы. Их доли после 2100 г. в покрытии потребностей в первичной энергии составят, соответственно, 33,9, 8,5 и 15,1 % (табл. 1). Как и прямое использование солнечной энергии, использование энергии ветра, биомассы и гидроэнергии базируется на децентрализованной технологии производства энергии.

По мнению большинства прогнозистов, преимущество «мягкого» солнечного сценария заключается в следующем. После 2100 г. страны Западной Европы переходят не только к энергетике с практическими неограниченными энергоресурсами, но

и полностью отказываются от импорта энергии.

Этот сценарий развития энергетики потребует резкой перестройки структуры экономики Западной Европы. Так же, как и в «жестком» солнечном сценарии, эта перестройка связана с изменением структуры конечных видов энергии (табл. 2). Например, на транспорте необходимо осуществить переход от моторного топлива на основе нефти к моторному топливу на основе водорода и к широкому использованию электродвигателей. Однако в «мягком» солнечном сценарии появляется еще один очень важный фактор, который потребует значительно более серьезной перестройки сегодняшней структуры экономики Западной Европы, чем в «жестком» сценарии. Как видно из табл. 1 и 2, «мягкий» солнечный сценарий позволяет после 2100 г. выйти на суммарный уровень ежегодного энергопроизводства, равный 3,16 ТВт · год первичной энергии, или 1,39 ТВт · год солнечной энергии. В «жестком» солнечном сценарии эти возможности примерно в два раза выше. В то же время, в соответствии с обязательным условием, которое было заложено при построении прогноза развития энергетики Западной Европы, валовой национальный продукт должен к 2100 г. достигнуть одной и той же величины в обоих сценариях. Следовательно, учитывая связь между энергетикой и экономикой, эффективность использования энергии при создании ВНП в «мягком» сценарии должна быть в два раза выше, чем в «жестком» сценарии. Прогноз улучшения эффективности использования энергии в обоих сценариях представлен на рис. 3. Конечно, в «мягком» солнечном сценарии это приведет к резкому увеличению роли экономии энергии. Потребуется и внедрение новых технологических процессов. Например, в сельском хозяйстве станет неизбежным переход от энергоемких минеральных удобрений к использованию бактерий, способных фиксировать азот и передавать его непосредственно растениям. В домашнем хозяйстве должны будут применяться самые экономичные бытовые приборы. На транспорте — широко использоваться общественный транспорт и т. д.

Таблица 2.

СТРУКТУРА КОНЕЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ В СОЛНЕЧНЫХ И ЯДЕРНОМ СЦЕНАРИЯХ, %

Виды энергоносителей	1975 г. (%)	Сценарии							
		солнечные				Ядерный			
		«мягкий»		«жесткий»		2030 г.		2100 г.	
		2030 г.	2100 г.	2030 г.	2100 г.	2030 г.	2100 г.	2030 г.	2100 г.
Уголь	10,1	14,6	0,1	14,5	0,1	10,6	0,1		
Нефть	59,5	6,6	0	15,2	0	12,1	0		
Газ	16,4	4,2	0	21,9	0	11,0	0		
Электро- энергия	11,8	18,9	17,8	23,4	26,5	38,0	50,2		
Биомасса	2,2	9,8	7,9	5,3	3,1	5,7	3,1		
Метанол	0	2,4	15,6	5,7	18,5	6,2	18,3		
Водород	0	13,5	14,9	14,1	51,8	15,4	28,3		
Районные солнечные источники тепла	0	2,9	2,5	0	0	0	0		
Индивиду- альные уста- новки	0	37,1	41,2	0	0	0	0		
Всего:	100	100	100	100	100	100	100		
TВт · год/год	1,9	1,17	1,39	1,92	2,81	1,69	2,82		

ЯДЕРНЫЙ СЦЕНАРИЙ

В соответствии с этим сценарием, энергетика Западной Европы к концу ХХI века переключается на производство энер-

гии главным образом с помощью ядерной энергетики. Ее доля в общем производстве первичной энергии к 2100 г. составит 89,2 % (табл. 1). В основном получат развитие и распространение быстрые реакторы (БР), способные размножать ядерное топливо, и высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР), которые обеспечат производство водорода и проведение высокотемпературных процессов в химии, металлургии и других отраслях индустрии. Легководные реакторы на медленных нейтронах (ЛВР), сохранятся, как предполагается, лишь до 2030 г.

Ядерный сценарий во многих отношениях занимает промежуточное положение между «жестким» и «мягким» солнечными сценариями. Действительно, если сравнивать конечные формы энергии (табл. 2), используемые в трех сценариях, то в ядерном и «жестком» солнечном сценарии они одинаковы, различаясь лишь по количественным показателям. Так же, как и в «жестком» солнечном сценарии, технология производства энергии в ядерном сценарии основана на строительстве крупномасштабных ядерных энергоустановок, но расположенных главным образом, как и в «мягком» солнечном сценарии, вблизи потребителя. Однако, кроме этого требуется введение в эксплуатацию и определенного числа «ядерных парков», расположенных в экологически изолированных районах и соответственно, как правило, удаленных на значительные расстояния от потребителя энергии. В таких «парках» предполагается не только про-

изводить энергию, но и ввести переработку отработавшего ядерного топлива, а также захоронение отходов.

КРАЙНОСТИ СХОДЯТСЯ

Авторы прогноза развития энергетики Западной Европы неоднократно подчеркивают, что они не ставили перед собой задачу разработать строго реалистический сценарий развития энергетики этого региона. Это потребовало бы учета значительно большего количества факторов, определяющих взаимосвязь экономики и энергетики, введение в исследования сравнительных экономических характеристик и характеристик воздействия различных способов производства энергии на окружающую среду (см., например, рис. 4) и т. д.

В реальной ситуации, развитие энергетики Западной Европы вместит в себя в той или иной пропорции черты всех трех сценариев. Вероятнее всего предположить, что она будет ближе к ядерному сценарию, но с большим использованием как централизованной, так и децентрализованной солнечной энергетики, чем это предполагается в ядерном сценарии.

КАКИМ РИСУЕТСЯ БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ КНР

Бросив взгляд на глобус, нетрудно заметить, что на противоположном от Западной Европы конце огромного матери-



ка Евразии раскинулась территория Китайской Народной Республики. Она обширна и весьма разнообразна по рельефу и природно-климатическим условиям. Население КНР — примерно четверть населения земного шара.

На 2-м Международном энергетическом симпозиуме в Вене было констатировано, что нефти и природного газа, добываемых ныне в Китае, явно недостаточно для удовлетворения возрастающих потребностей страны в энергии. В то же время отмечалось, что КНР располагает практически неисчерпаемыми ресурсами угля и гидроэнергии.

С какими наиболее острыми трудностями столкнется страна при развитии энергетики в будущие десятилетия? Их, по меньшей мере, три: чрезмерно дальние перевозки топлива, загрязнение окружающей среды тепловыми ТЭС, немалые капитальные затраты.

В размещении производительных сил Китая исторически сложилась диспропорция: около 60 % достоверно разведанных запасов угля залегает на севере страны — в пустынных провинциях Шаньси и Внутренней Монголии, а 60 % доступных ре-

сурсов гидроэнергии — на дальнем юго-западе в малонаселенных провинциях — Тибет, Сычуань, Юньнань. В то же время наибольшую потребность в энергии испытывают центр, восток и юг Китая. Тут, где сосредоточена основная масса населения и промышленности страны, расходуется около 40 % всех энергоресурсов (а угольных запасов здесь всего 2 %).

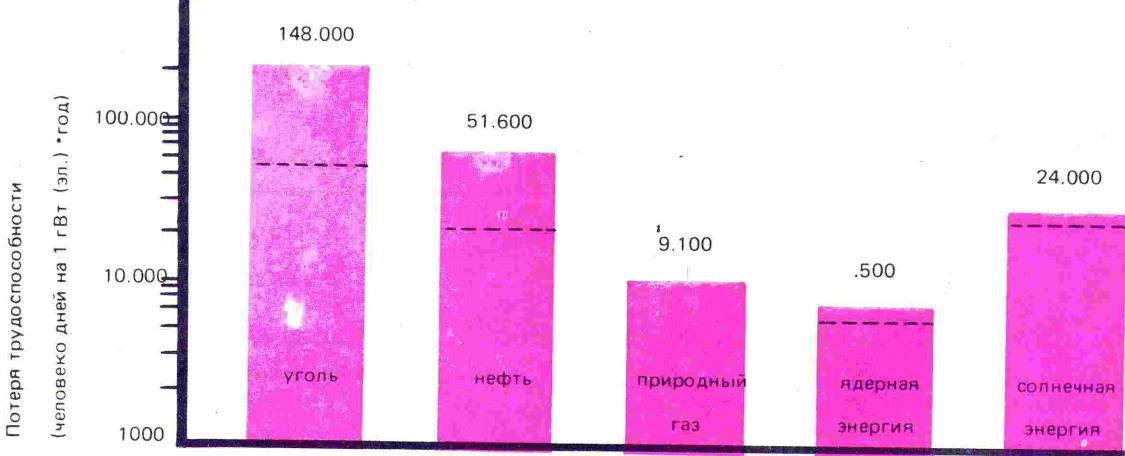
В результате десятки миллионов тонн угля и десятки ГВт электроэнергии необходимо транспортировать на сотни километров (рис. 5), что само по себе уже проблема. Серьезна и проблема загрязнения воздуха. Особенно остро стоит она в больших городах и промышленных центрах, где сжигается одновременно слишком много угля.

КНР стоит перед выбором, по каким направлениям производить в энергетику основные капиталовложения, которые, как известно, не безграничны. Чтобы не ошибиться, нужно представлять себе динамику роста народонаселения страны, темпы роста валового национального продукта (ВНП) и энергоемкость ВНП, потребление энергоресурсов. На Междуна-

Рис. 4.

Относительная опасность при выработке одинакового количества (1 ГВт · год) энергии с использованием различных видов энергетического сырья. По оси в логарифмическом масштабе откладывается общественная характеристика этой опасности — число потерянных человекодней, связанных с утратой трудоспособности (смерть, болезни, травмы и т. д.). Здесь учтена опасность, присущая не только заключитель-

ной стадии производства энергии — работе электростанций, но и появляющаяся на предварительных этапах: добыче, транспортировке, хранении и переработке сырья; строительстве, монтаже и эксплуатации энергетических установок разного типа. Пунктиром изображен разброс в имеющихся оценках, обусловленный недостатком информации о воздействии на человеческий организм тех или иных факторов.



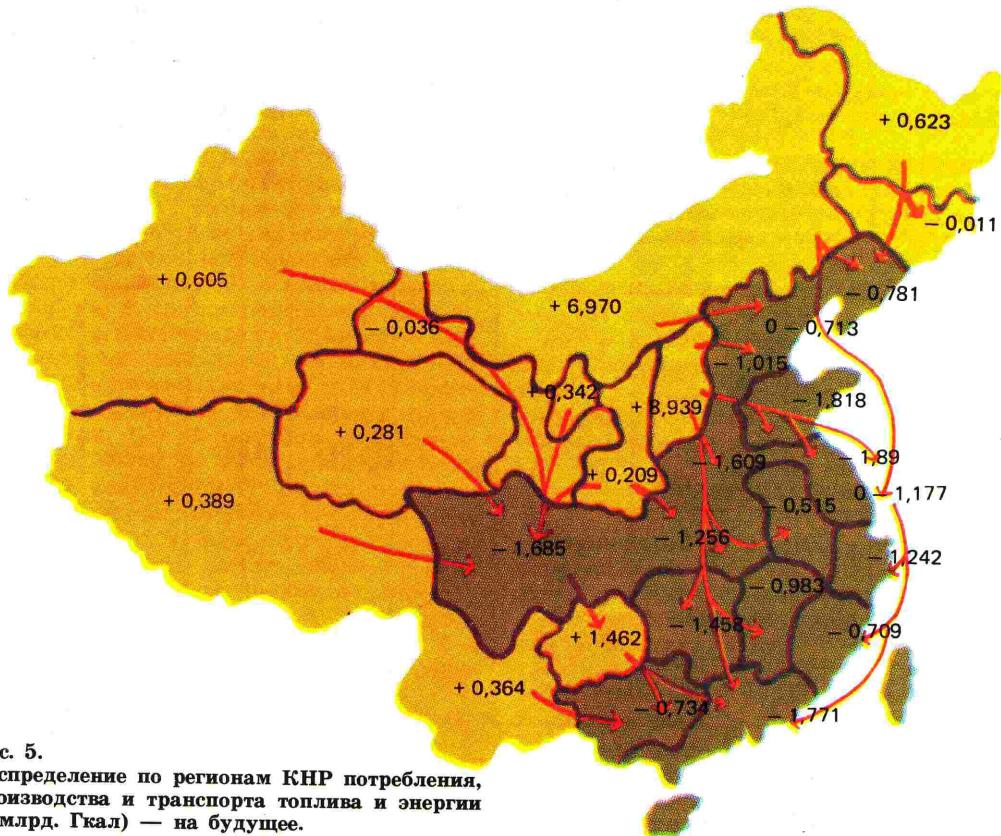


Рис. 5.

Распределение по регионам КНР потребления, производства и транспорта топлива и энергии (в млрд. Гкал) — на будущее.

родном энергетическом симпозиуме такой прогноз представил профессор Лю Инчжун (КНР). (Табл. 3)

Обратим внимание: в прогнозе рассматриваются два варианта роста ВНП. Один с темпами 6 % в год, другой — 5 % в год. В первом случае потребление энергии на человека в год должно вырасти к 2040 г. в 2,5 раза, во втором — только в 2 раза.

ПОМОЧЬ МОЖЕТ АТОМ

Наиболее удален от источников энергии и особенно в них нуждается промышленный восток Китая. Поэтому в недавно принятой в КНР программе «гражданского» (мирного) использования ядерной энергии особое внимание уделяется провинции Гуандун и Шанхайскому региону. Здесь планируется построить несколько атомных электростанций, каждая — из двух блоков по 900 МВт (э).

В целом же предполагается, что ядерная энергетика КНР будет развиваться по

трем основным направлениям. Расскажем о каждом подробнее.

Первое направление — создание АЭС. Они должны будут взять на себя значительную часть электрических нагрузок, помочь энергетике регионов, удаленных от основных баз добычи топлива, прежде всего, на Северо-Востоке и Востоке КНР, и в провинции Гуандун, о которой уже говорилось. Планируется, что одна АЭС мощностью 1000 МВт(э) будет замещать 3,5 млн. т угля, доставляемого ныне из провинции Шаньси. А это позволило бы, если станцию построить в провинции Гуандун, сэкономить около 5—7 млрд. т-км транспортных мощностей.

Подсчитано, что в этом регионе стоимость электроэнергии от АЭС может быть ниже, чем от угольной конденсационной электростанции, даже если планировать цену угля и стоимость его железнодорожной доставки очень дешевыми.

Обращает на себя внимание и другое. Из анализа, проведенного китайскими специалистами, следует примечательный вы-

Таблица 3

ПРОГНОЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ
ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В КНР

		Единицы измерения	1978 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.
	Население Энергоемкость ВНП Коэффициент эффективности	млрд. чел. — %	0,958 — 28	1,056 — 32	1,132 1,4 35	1,204 1,0 40	1,204 0,9 45
При темпах роста ВНП 6 % в год	ВНП/чел·год Суммарное потребление энергоресурсов Удельное потребление энергии	Долл. чел. год млрд. тут тут чел. · год	383 0,839 0,875	442 0,839 0,974	552 1,056 0,933	929 1,654 1,374	1664 2,488 2,066
При темпах роста ВНП 5 % в год	ВНП/чел · год Суммарное потребление энергоресурсов Удельное потребление энергии	Долл чел · год млрд. тут тут чел · год	383 0,839 0,875	442 0,839 0,794	526 1,002 0,885	806 1,428 1,186	1312 1,971 1,637

вод: имело бы смысл (конечно, при благоприятных условиях мирового рынка) экспортировать из некоторых регионов Китая уголь, а на вырученную валюту импортировать из-за рубежа АЭС и строить их на востоке КНР.

Второе направление — строительство атомных станций теплоснабжения (АСТ). Цель — обеспечить теплом крупные города, особенно северные, в зимний период и защитить атмосферу от загрязнения выбросами угольных котельных. Речь идет не только о задымлении, выбросах сернистого газа и окиси углерода. В сжиженном угле присутствуют уран и торий (2—3 ppm). В результате на крупный город в Китае вместе с сажей, копотью может выпадать в год 30—40 т радионуклидов. Если АСТ придут на смену угольным котельным, то количество опасных для здоровья выбросов уменьшится во много раз.

Рассматриваются три варианта атомного теплоснабжения:

1. Строительство АТЭЦ. Технология их в мировой технике освоена, но серьезным препятствием для их распространения в КНР могут стать протяженные теплосети, а также большие капитальные вло-

жения. Нельзя сбрасывать со счетов и изменение тепловой нагрузки летом, что будет снижать экономическую эффективность станции.

2. Низкотемпературные АСТ. По капиталовложению они обходятся гораздо дороже, чем централизованные угольные котельные. Однако тепло, отпускаемое с АСТ, стоит дешевле. Почему? Слишком высокой получается стоимость доставляемого к котельным угля, и угольные котельные в итоге проигрывают экономическое соревнование с АСТ.

Конечно, общие затраты на тепло, зависящие от отопительного графика, ложатся бременем и на АСТ. Однако и тут АСТ — в выигрышном положении. Сравнили расходы на АСТ (работающей в паре с угольной конденсационной электростанцией) и угольной котельной (работающей в паре с АЭС). Вариант с АСТ оказался существенно экономичнее.

3. Хемотермические системы дальнего теплоснабжения. Они могут строиться на базе высокотемпературных гелиевых реакторов (ВТГР) и способны передавать тепло (500—600°C) на 100 км и более. Система позволит обеспечивать промышленное и отопительное теплоснабжение и даже ком-

бинированную выработку энергии, но нуждается в технической доработке.

И, наконец, третье направление — использование ВТГР как источника технологического тепла для производства жидкого и газообразного топлива.

Это направление в КНР считается одним из наиболее перспективных, поскольку в стране предполагается существенно увеличить долю газожидкостного топлива в топливно-энергетическом балансе. Планируется удвоить текущее потребление нефти, а также расширить газификацию городов. Отсюда требование — прибегнуть к помощи новой техники, чтобы усовершенствовать, поднять добывчу нефти и газификацию угля. Процессы эти весьма энергоемки. Вот почему большие надежды возлагаются на высокотемпературные гелиевые реакторы (ВТГР). Их применение снизило бы затраты нефти и угля на собственные нужды этих производств.

Технико-экономические исследования показывают, что наибольшую эффективность ВТГР могут дать в интенсификации добычи тяжелых (вязких) нефтей и при переработке сланцев в жидкое топливо.

Строительство ВТГР требует относительно высоких первоначальных затрат. В любом случае, как надеются, они будут

оправданны, поскольку ожидается дальнейший рост цен на нефть.

В самом Китае научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по ВТГР находятся пока на начальном уровне.

В 1982 г. КНР заключила соглашение с Центром ядерных исследований в Юлихе (ФРГ), который ведет разработку проекта использования модульных ВТГР, мощностью 200 МВт каждый, для интенсификации добычи вязких (200—1000 сантитипаз) нефтей на северо-востоке КНР.

Ранее, в 1980 г., соглашение по ВТГР с целью рассмотрения их применения в металлургии и нефтепереработке было заключено с фирмой «Дженерал атомик» (США).

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ

Намечаемый и прогнозируемый рост ядерной энергетики в КНР до 2010 г. отражен в табл. 4.

Как уже говорилось, для развития ядерной энергетики в этой стране выбраны два региона — провинция Гуандун и район Шанхая. В первом из них от всех вводимых здесь в 1990—2000 гг. энергетических мощностей около $\frac{1}{3}$, как предполагают, будут ядерные. В 2000—2010 гг. доля их должна удвоиться.

В Шанхайском регионе Китая ядерные мощности среди вновь пускаемых могут составить соответственно 20 % и 30 %.

Намечается расширить добывчу нетрадиционной (вязкой) нефти. Треть такой нефти уже в 1980—2000 гг. планируется добывать с помощью ядерного тепла. В 2000—2010 гг. доля эта, как считают китайские специалисты, должна возрасти до 65—70 %.

Несмотря на большое различие в уровне и путях развития энергетики Западной Европы и Китая, видно, что в наше время многое в их будущем подобно: необходимость решения проблем охраны окружающей среды, поиск путей более экономного расходования энергии, необходимость перехода на энергоисточники с неограниченными запасами (ядерные, в первую очередь), выбор стратегий с оптимальными капитальными затратами и др.

По-видимому, именно эти тенденции и будут характерны для будущего энергетики мира в целом в ближайшие десятилетия. Но жизнь, как всегда, вносит свои корректировки. Так что, как говорится, поживем — увидим.

Таблица 4

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ КНР

	Единицы измерения	1990 г.	2000 г.	2010 г.
Общее потребление энергоресурсов	млрд. ту. т.	1,056	1,654	2,488
Электроэнергия, в которой:	млрд. ту. т.	0,211	0,364	0,622
АЭС	млрд. ту. т.	—	0,029	0,119
АЭС	ГВт (э)	—	13	55
Доля АЭС	%	—	7,9	19,1
Ядерное теплоснабжение	млрд. ту. т.	—	0,017	0,099
Ядерная энергия всего	млрд. ту. т.	—	0,046	0,218
Доля ядерной энергетики в суммарном энергетическом балансе	%	0	2,8	8,8

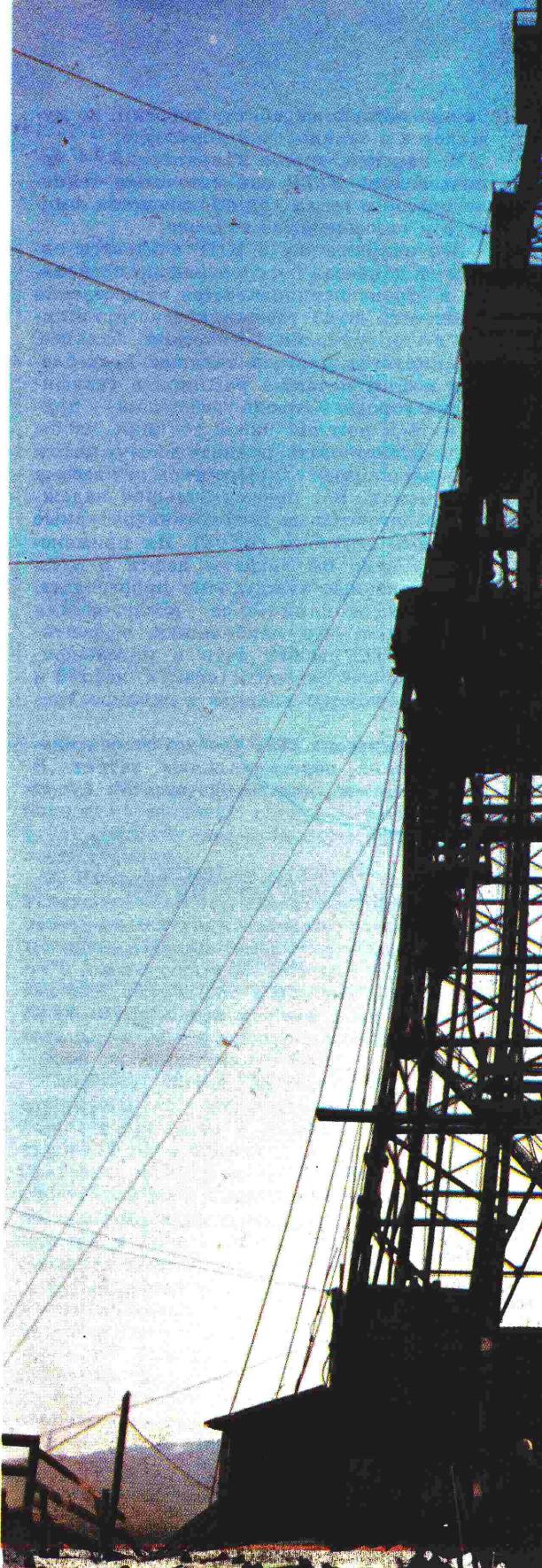
Нефть вернется через три месяца

*Доктор
технических наук
Э. М. СИМКИН*

После окончания разработок в недрах остается 40—70 % запасов нефти. Можно ли их извлечь?

Основной метод добычи нефти в нашей стране — заводнение. Суть его в следующем. Через нагнетательные скважины в пласт закачивается вода, которая как поршень проталкивает нефть из пористого пласта к эксплуатационным скважинам. Но очень часто вода, минуя нефть, прорывается к скважинам через трещины в породе.

Чтобы перекрыть пути, по которым притекает особенно много воды, применяют различные способы, в частности, в пласт закачивают закупоривающие вещества. Но все эти меры помогают не надолго. Через 6—12 месяцев насосы вновь начинают качать наверх «разбавленную» нефть, причем объем попутно извлекаемой воды постоянно растет.





Наконец наступает момент, когда из эксплуатационной скважины идет почти одна вода. Дальнейшая разработка становится нерентабельной и поэтому прекращается.

А ведь из месторождения взято не более половины содержащейся там нефти. (Практика показывает, что конечная нефтеотдача пласта при заводнении не превышает 50 %).

Казалось бы, беда поправимая. Ведь в последнее время немало сообщалось о том, что в арсенале нефтяников появились новые более эффективные методы, например, тепловые и физико-химические, которые позволяют увеличить нефтеотдачу до 70 %. Однако все они имеют ограниченные области применения. Причем, что очень важно, ни один из новых методов не позволяет взять всю нефть. Даже в самом лучшем случае около 30 % остается под землей.

А можно ли вообще извлечь из пласта всю нефть? Чтобы ответить на этот вопрос, давайте сначала разберемся какова природа возникновения крупных месторождений. Они образовались в результате аккумуляции в ловушках мигрирующей нефти. (По аналогии можно представить озеро, в которое впадает множество рек). Так вот, когда мы начинаем добывать, то интенсивно опустошаем эту ловушку от нефти, а вместо нее поступает вода.

Нефть, оставшаяся в пласте, имеет самые разнообразные формы залегания. Это отдельные капли в порах пласта, нефтяные целики и линзы, островки высоковязкой нефти в относительно однородном пласте и т. д. Размеры этих залеганий колеблются от нескольких до сотен метров.

Основные силы, действующие на нефть, оставшуюся после заводнения,— гравитационные и капиллярные. Гравитация всегда способствует отделению нефти от воды и ее всплытию как наиболее легкой фазы. Капиллярные силы в различных ситуациях ведут себя по-разному: они могут и помогать, и мешать движению нефтяных капель в поровых каналах. Конечно, постепенно нефть пробьет себе дорогу наверх и вновь соберется у кровли пласта. В нижней же его части остается вода. Но сколько времени потребуется на эту аккумуляцию?

Расчеты показывают, что даже в самых благоприятных условиях, когда капиллярные силы «работают» на всплытие нефти

от подошвы до кровли пласта, продолжительность всего процесса исчисляется десятками лет. Например, в обводненном пласте толщиной 20 м этот срок составляет почти 80 лет! Эксперименты, которые проводились во Всесоюзном нефтегазовом научно-исследовательском институте (ВНИИнефти) А. Г. Ковалевым, в основном подтверждают эти расчеты.

Время можно сократить почти в два раза, если в пласт закачивать газ. Из термодинамики известно, что положение пузырьков газа на границе нефть — вода энергетически более выгодно, чем в толще воды. Поэтому образовавшиеся пузырьки закрепляются на нефтяных каплях и поднимают их в верхнюю часть залежи подобно тому, как это делают воздушные шары, скрепленные с грузом. Но и в этом случае продолжительность вскрытия затягивается на десятки лет, что естественно никого не устраивает.

Ученые Института физики Земли АН СССР и ВНИИнефти предложили метод, позволяющий ускорить процесс во много раз.

Разработанную технологию можно условно разбить на три основных этапа. Вначале оставшиеся в обводненном пласте отдельные скопления нефти надо превратить в мелкие капли, размеры которых меньше поровых каналов. Для этого существуют различные способы, например, тепловые воздействия, снижающие поверхностные напряжения на границе нефть — вода.

Следующий этап нам уже знаком. Чтобы улучшить условия вскрытия, в пласт закачивается газ. И завершает цикл — обработка пласта сейсмическим полем. В результате воздействия вибростроящика на поверхность Земли в ней возникают упругие волны, то есть зоны сжатия и разряжения горной породы. Эти волны оказывают направленное действие главным образом на сжимаемую фазу — газовые пузырьки. Они перемещаются в направлении действия поля и увлекают за собой нефтяные капли. Причем скорость может быть достаточно высокая. Так для рассмотренного выше 20-метрового пласта продолжительность вскрытия капли составляет всего 3—4 месяца, то есть по сравнению с естественным процессом уменьшается более чем в 300 раз.

Создание в пласте мощных сейсмических колебаний не представляет принципиальных затруднений. Фундаменталь-

ные исследования, проводившиеся под руководством академика М. А. Садовского, свидетельствуют о том, что наиболее целесообразным источником колебаний могут быть виброустановки, которые уже появились у нас и за рубежом.

В частности, в СССР серийно производятся наземные вибростроители, создающие на поверхности земли усилия до 200 кН. Конечно, даже для относительно неглубокого пласта (200—300 м) этих усилий явно недостаточно, чтобы создать интенсивность 0,5—10 кВт/м², которая требуется для быстрого продвижения пузырьков с нефтью.

Но уже имеются отдельные образцы источников с усилием до 2000 кН. Опыт их эксплуатации, а также предварительные расчеты, проведенные в Институте физики Земли, показали, что с их помощью на глубине 200—300 м достижение необходимой интенсивности вполне реально.

Используя модульный принцип, можно сконструировать стационарные установки с усилием до 200 000 кН. Они позволят эффективно воздействовать на пласт уже на глубине 1—1,5 км.

Направление сил, действующих на пузырьки, регулируется путем интерференционного взаимодействия сейсмических полей от наземных вибростроителей, расположенных по определенной схеме. Но их можно устанавливать не только на поверхности земли, но и в вертикальных или горизонтальных скважинах непосредственно в зоне пласта. В этом случае затраты энергии на создание требуемой интенсивности поля существенно уменьшаются. Ведь пока волна от наземного источника достигает пласта, течет более 50 % энергии.

Итак, в пласте вновь образуется нефтяная залежь, которая повторно разрабатывается, например, путем заводнения. Применяя этот технологический цикл многократно, в принципе можно достичь 100 % извлечения нефти.

Но является ли этот метод эффективным? Ведь технология подготовки пласта к новой разработке довольно сложна, а значит дорогостояща. В качестве примера приведем расчет для одного из опытных участков Средней Азии, где после заводнения в недрах осталось 450 тыс. м³ нефти. По данным лабораторных экспериментов в результате одного цикла сейсмического воздействия, продолжитель-

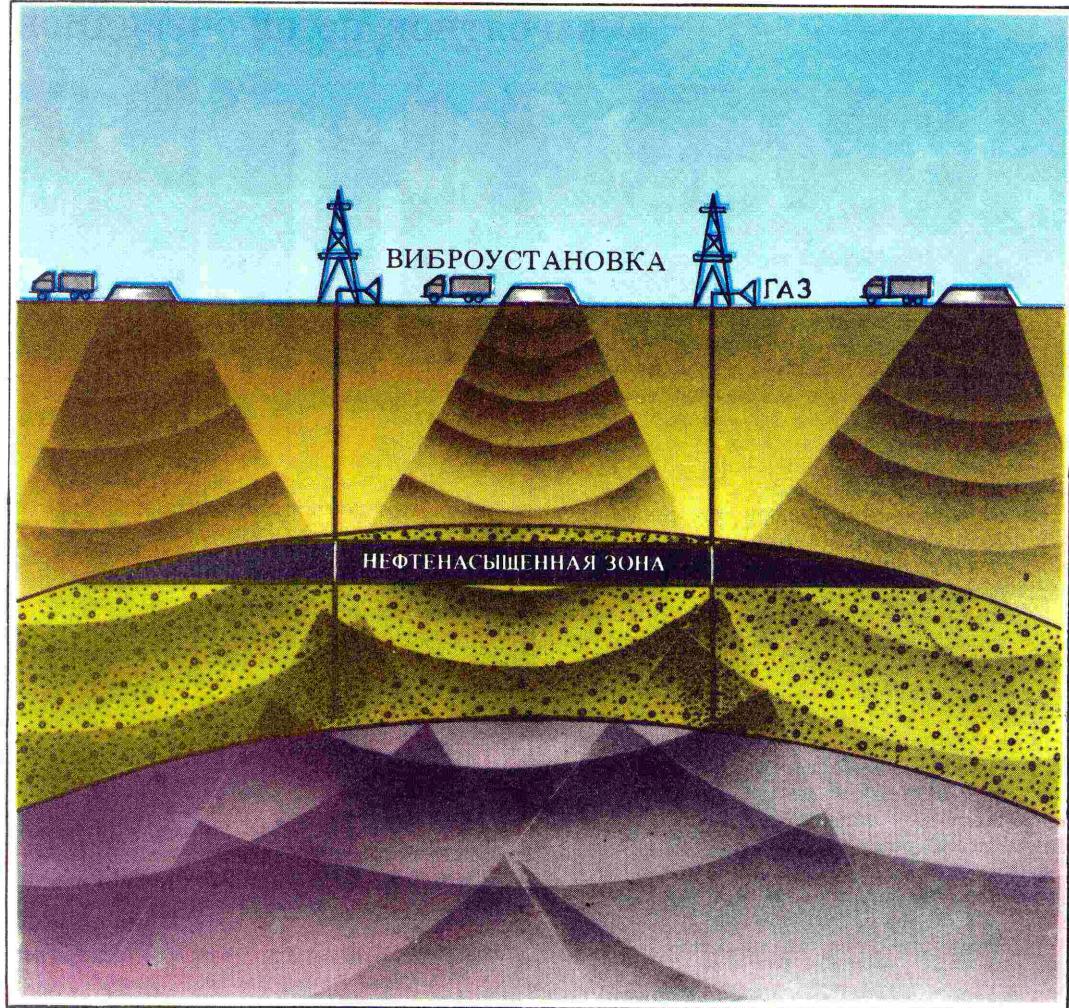


Схема метода сейсмоакустического воздействия на пласт

ность которого составляет три месяца, из пласта можно извлечь 110 тыс. м³ нефти.

Теперь подсчитаем, во что обойдется применение нового метода. Для предварительного диспергирования нефти и образования газовой фазы необходимо затратить 270 тыс. рублей. Чтобы создавать колебания с интенсивностью 1 кВт/м² в течение трех месяцев требуется затратить около 7,2 млн. кВт·ч электроэнергии, стоимость которой 144 тыс. руб. С учетом капитальных вложений на устройство опытного участка и приобре-

тение виброплатформ эта сумма увеличится еще на 1 млн. руб. Таким образом всего будет израсходовано около 1,5 млн. руб.

Как показывают расчеты приведенные затраты на тонну нефти при применении новой технологии оказываются в несколько раз ниже допустимых предельных затрат, при которых добыча остается рентабельной.

Надо подчеркнуть, что применение этого метода прежде всего предполагается в легко доступных и освоенных районах Европейской части страны, где нет новых месторождений и обводненность скважин, уже сегодня составляет 70—90 %

В 1986 году новая технология пройдет промысловые испытания.

ВЕРОЯТНОЕ, НО НЕ ОЧЕВИДНОЕ

КВАНТЫ

Рем ЩЕРБАКОВ

Вы помните, как демон на договоре, а в миру альтист Данилов, отправляясь в созвездие Тельца, решил пролететь мимо планет? «Хорошо ему было. Данилов вспомнил, как Кеплер три с лишним века тому назад, пытаясь доказать гармонию Вселенной и выведя закон: «Квадраты времени вращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от Солнца», посчитал, что существует музыкальная гармония планет, он даже выразил нотными знаками мелодии семи известных ему небесных тел. И сейчас Данилов на время согласился с Кеплером. Он и раньше порой соглашался с ним. Ради музыки. Теперь Данилов опустился в Кеплеров вариант мира, и небесные тела, мимо которых он пролетал, зазвучали».

Альберт Михайлович Чечельницкий, по духу своему романтик, а в миру астрофизик, тоже опустил себя в Кеплеров вариант мира. Только ради физики. И для него зазвучала «музыка сфер», но только в другой оркестровке: в виде формул, графиков, таблиц. Гармонии в движении планет он не искал. Она уже давно существовала. После Кеплера стало очевидно, что планеты мчатся по эллипсам, в фокусе которых обязательно должно находиться наше центральное светило, а периоды обращения планет располагаются в строгой последовательности. В роли дирижера «музыки сфер» выступала большая полуось орбит. Вскоре оказалось, что дирижер лишен возможности импровизировать. Он вынужден точно придерживаться чужих нот, поскольку сами планетные расстояния подчиняются закону Тициуса — Боде.

Закон этот доставил столько же радости ученикам, сколько неприятностей преподавателям. Вместо того, чтобы зазубривать восемь цифр для восьми ближайших к Солнцу планет, достаточно было запомнить простенькую формулу

$$a_k = 0,4 + 0,3 \cdot 2^k$$

Эта эмпирическая формула, придуманная в 1772 году, носит название закона Тициуса — Боде. Стоит только вместо a_k подставить числа из натурального ряда 0, 1, 2, 3 ..., как a_k даст значения средних расстояний планет от Солнца.

Планеты	k	a_k	a
Меркурий	$-\infty$	0,4	0,39
Венера	0	0,7	0,72
Земля	1	1,0	1,00
Марс	2	1,6	1,52
Астероиды	3	2,8	2,78
Юпитер	4	5,2	5,20
Сатурн	5	10,0	9,55
Уран	6	19,6	19,18
Нептун	7	38,8	30,03
Плутон	8	77,2	39,67

Удивительно соответствие наблюдаемых больших полуосей (a) и вычисленных по закону Тициуса — Боде (a_k)! Конечно, есть и огорчающие моменты. Во-первых, для Нептуна и Плутона получается осечка, а во-вторых, для Меркурия показатель a_k вырвался из натурального ряда и удалился в отрицательную бесконечность. Но зато середина таблицы ласкает глаз. Особенно почему-то приятно, что для Земли показатель a_k равен единице, а также то обстоятельство, что закон учитывает

МЕГАМИРА

гипотетическую планету Фаэтон, якобы распавшуюся на множество астероидов.

Итак, есть формула, столь же удобная, как мнемоническая фраза: «Каждый охотник желает знать, где сидят фазаны», дающая порядок цветов спектра. Сами понимаете, что к этой фразе предъявлять какие-либо претензии неуместно. Но вот к закону Тициуса — Боде без претензий не подступиться. В самом деле, открыт он или придуман? Именно этот вопрос мучает не знающих как на него отвечать преподавателей. Если Тициус и Боде нашли удобную мнемоническую формулу и не более того, то закон, носящий их имена, придуман. Однако, если он отражает какие-то неизвестные закономерности, то нужно говорить об открытии. В последнем случае приходится объяснять, какие это закономерности и почему периферийные планеты сочли возможным им не подчиниться.

Астрофизик М. М. Ньето, посвятивший названной проблеме специальную книгу, пишет: «Сам Боде был убежден, что закон планетных расстояний имеет под собой физическую основу. Однако вера в это со стороны большинства астрономов в разные периоды времени то укреплялась, то угасала». Кстати, англичанин Адамс и француз Леверье, открывшие Нептун «на кончике пера», также, вероятно, разделяли точку зрения Боде. Ведь их расчеты побуждались подсказкой закона планетных расстояний, а какой смысл верить в прогностическую силу мнемонической формулы?

Альберт Михайлович Чечельницкий также считал, что за законом Тициуса — Боде таится некая физическая первоос-

нова. Некогда Александр Суворов возражал своим хулителям: «Раз везенье, два везенье, помилуй бог, надобно же и уменье». Данная ситуация была похожей. Раз совпаденье, два совпаденье, помилуй бог, надобно же и явление. Но где оно? Скрывается ли за рядом цифр неизвестная доныне гармония причин и следствий?

Человек, даже если это ученый, стремящийся к полной беспристрастности выводов, все равно в какой-то степени пытается построить антропоморфную, очеловеченную модель природы. Ведь он ищет в ней свойственную ему логику, навязывает ей определенный математический аппарат, устанавливает понятную человеку цепочку связей. Конечно же, все сказанное не означает, что человек творит субъективный мир науки. Остаются и опыт, и решающее слово данной в ощущении объективной реальности, но процесс отражения и осмысливания природы происходит в понятиях чисто человеческих. Можно, безусловно, встать на позицию так определенную известным поэтом:

Я не ищу гармонии в природе.

Разумной соразмерности начал

Ни в недрах скал, ни в ясном небосводе

Я до сих пор, увы, не различал.

Но вряд ли она конструктивна. Гармония в природе есть. И без нее давно бы «распалась связь времен». Интуитивное ощущение, что гармония обязательно проявится, если человек сумеет стереть «случайные черты», заставила Чечельницкого упорно искать ответа и на этот старый, двухсотлетней давности вопрос, бросивший вызов воображению и остроумию ученых.

Для Ньютона, мыслявшего категориями абсолютного пространства и времени, все траектории были одинаковы. Если бы бог, в которого верил Ньютон, бросил в околосолнечное пространство горсть планет, они могли бы расположиться, как он им на душу положит. «Так уж вышло», — сказал бы всевышний ангелам, отдыхая в воскресенье. Структура пространства, по представлениям современной науки, стала чрезвычайно сложной. Но она, как полагают многие физики, проявляет себя только в микромире. А в мире большом тысячекратно проверенные формулы «Механики от Ньютона» работают бесподобно и четко. Поэтому процессы мегамира протекают как бы в абсолютном ньютоновском пространстве, пустом и равнодушном вместилище происходящих событий.

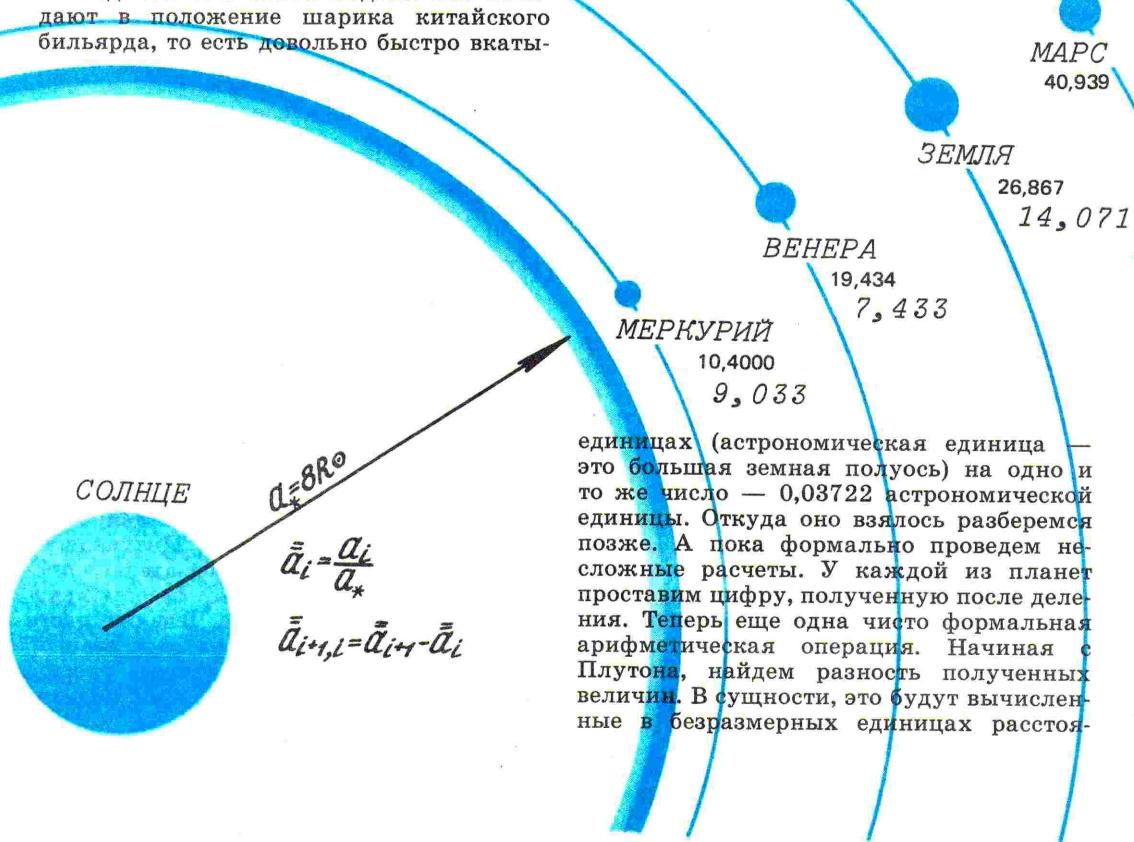
Известна старая шутка: «Величие идей измеряется тем, на сколько времени они задерживают развитие науки». Как и во всякой шутке, в этом афоризме есть доля истины. Ведь могучая концепция надолго тормозит признание альтернативных идей. В чем же заключается в данном случае альтернативная идея? Грубо говоря, в ньютоновской модели в начальный момент своего существования планеты могут двигаться столь же свободно, как горошины на подносе. А в новой модели они попадают в положение шарика китайского бильярда, то есть довольно быстро вкаты-

ваются в определенные лунки и успокаиваются.

Было время, когда мир атома хотели построить по типу Солнечной системы. «Быть может, эти электроны — миры, где пять материков...» — писал Валерий Брюсов. Предложенное решение было правильным с точностью «до наоборот», как выражаются математики. Теперь предлагается планетная схема, в которой члены солнечной семьи подобно электронам, имеют любимые и нелюбимые орбиты. Не атом похож на Солнечную систему, а сама она напоминает атом.

Итак, утверждается, что мегамир так же квантован, как и микромир. Есть ли какие-нибудь теоретические обоснования для столь экстравагантного утверждения? Существуют ли факты, убеждающие в правильности этих обоснований? Начнем с последних. «Ведь красивейшие теории гибнут, — как сожалел астрофизик Фаулер, — растерзанные уродливыми фактами». Для начала проделаем несколько операций, результат которых показан на рисунке.

Разделим большие полуоси планетных орбит, выраженные в астрономических



единицах (астрономическая единица — это большая земная полуось) на одно и то же число — 0,03722 астрономической единицы. Откуда оно взялось разберемся позже. А пока формально проведем несложные расчеты. У каждой из планет проставим цифру, полученную после деления. Теперь еще одна чисто формальная арифметическая операция. Начиная с Плутона, найдем разность полученных величин. В сущности, это будут вычисленные в безразмерных единицах расстоя-

ния между орбитами соседних планет. Проставим их в соответствующих промежутках. Вот и все. Теперь полюбуйтесь на результаты.

Своеобразный тест на наблюдательность. Не замечаете ли некоторой закономерности в полученной последовательности цифр? За одним исключением (смысл которого станет ясен позднее), сразу после запятой стоят или ноль, или девять. Причем, в последнем случае за девяткой также следует девятка. Таким образом, с высокой степенью точности можно утверждать, что наш «аршин» —



делитель 0,03722 — уложился в межпланетных расстояниях целое число раз. Может показаться, что полученный результат — чисто математическая спекуляция. Однако теория вероятности убеждает: найти подобный общий делитель практически невозможно. Тем не менее, сомнения в истинности доказательств все-таки остаются. Во-первых, пугает смелость вывода. Шутка ли, квантовать Солнечную систему! Во-вторых, у всех на памяти ловкие манипуляции с геометрией египетских пирамид. Каких только сведений не извлекали из цифровой мистики. И наконец, без физической подоплеки любые аргументы не избавят от скепсиса. Так что же это за величина, равная 0,03722 астрономической единицы, этот квант длины, получивший название трансферы?

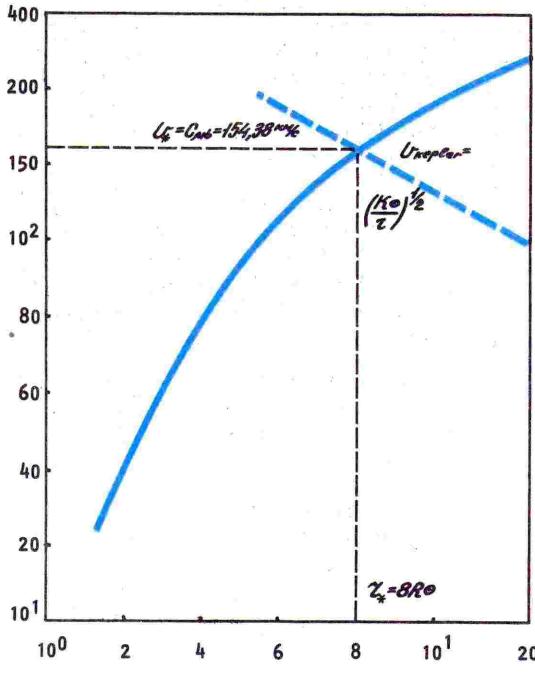
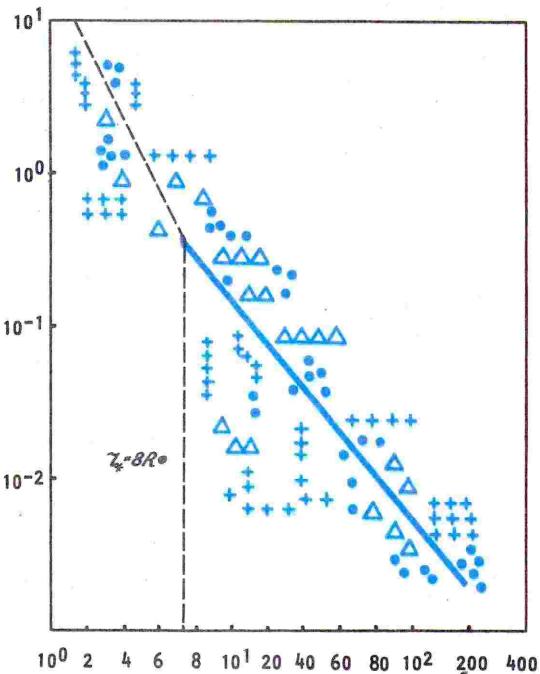
Если очертить трансферу вокруг Солнца, то окажется, что она равна восьми солнечным радиусам. Искусственный спутник Солнца, летящий на высоте трансферы, должен иметь скорость 154 км/с (кеплерова скорость). Запомните эту цифру, она нам еще пригодится. А пока необходимо сделать небольшое отступление.

С тех пор, как человек вышел в космос, в научные лаборатории посыпалось с неба множество разнообразных данных. К сожалению, информация эта носит во многих случаях констатирующий харак-

тер. Осмыслить и обобщить ее ученые часто не успевают. Как с горечью заметил один из специалистов, «на ответы нет вопросов». Наверное, в этих условиях необходимо решиться на возможность серьезного обсуждения достаточно смелых гипотез и неожиданных сопоставлений.

Когда говорят о том, что свежие идеи чаще всего выдвигаются учеными в молодости, то объясняют этот факт непредвзятостью, гибкостью мышления, восприимчивостью к новому. Все это так. Но не исключено и более простое объяснение: молодому специалисту не так стыдно услышать иронический смех коллег. Чечельницкий любит повторять афоризм Монтеня: «Истина настолько великая вещь, что мы не должны пренебрегать ничем, что ведет к ней». Не потому ли он и рискует, защищая свою весьма дерзкую точку зрения.

Своих собственных экспериментов Чечельницкий неставил. Но ему хватало и тех сведений, которые публиковались в научной периодике. Поскольку он знал, что нужно искать, необходимые данные появлялись буквально отовсюду. Вот, например, график дисперсии допплеровских мерцаний околосолнечной плазмы в зависимости от расстояния до Солнца. Он получен с помощью приборов, установленных на космических аппаратах «Пионер-10» и «Пионер-11», «Гелиос-1» и «Гелиос-2». Множество экспериментальных точек. Довольно приблизительно их можно заменить двумя прямыми линиями. Но что из этой картины улавливается довольно точ-



но, так это место стыковки двух отрезков. Обратите внимание на абсциссу места встречи. Она попадает на цифру восемь. Значит, излом графика происходит как раз на транссфере. Восемь солнечных радиусов укладываются до зоны, где меняется ритм дыхания плазмы, окружающей наше центральное светило. Таким образом, транссфера — это особая выделенная поверхность, а не просто подогнанная цифра.

Еще один график, приведенный известным американским астрофизиком Ву. На нем изображена экспериментальная кривая зависимости скорости солнечного ветра как функции расстояния от центра Солнца. Наложим на него кривую изменения кеплеровой скорости в зависимости от того же аргумента. Посмотрим, в какой точке пересекутся эти кривые. По оси абсцисс возникает знакомая цифра — восемь — радиус транссферы, а по оси ординат — скорость 154 км/с. Пожалуй, можно остановиться.

Все сведения настойчиво приводят нас к следующему выводу. Радиус транссферы — особая, выделенная самой природой длина. Выбирая ее за «аршин», мы не случайно получаем квантованную картину устройства Солнечной системы. Этот результат содержит намек на физическую

основу выявленной закономерности. Но что же все-таки такое транссфера?

Солнечная плазма, разгоняясь в космическом пространстве, достигает своеобразного предела, точно так же, как подходит к своему пределу звук в воздушной среде. Астрофизики замерили нормальную скорость распространения возмущения в межпланетной плазме. Эта цифра нам уже знакома — 154 км/с. Значит, на транссфере возникает «сверхзвук», «трансзвук», стоячая ударная волна.

Астродинамики, рассчитывая движение планет, рассматривают их как материальные точки, к которым приложены гравитационные силы. Практически не учитывается влияние среды. Она в этом случае подобна зрителям в консерватории: для концерта совершенно необходима, но никаких конкретных действий не предпринимает. Астрофизики, напротив, интересуются реальными свойствами среды. В их расчетах она становится важным фактором и ведет себя, как публика на карнавале, которая одновременно бывает и зрителем, и главным действующим лицом. Обе точки зрения вполне правомерны для определенных областей исследований. Важно только не оказаться на чужой территории.

В 1980 году, когда вышла книга А. М. Чечельницкого «Экстремальность, устойчивость, резонансность в астродинамике и космонавтике», его идеи о мегаквантовой волновой картине мира получили определенную известность. И сразу возник вопрос: о каких волнах идет речь? За рубежом были сделаны попытки использовать для предлагаемой модели гипотетические гравитационные волны. Ничего хорошего не вышло. Альберт Михайлович считает такой финал закономерным. Ведь, в сущности, произошло смешение представлений астродинамики и астрофизики.

Он полагает, что речь должна идти о колебаниях межпланетной плазмы. Околосолнечный объем, заключенный в трансферре, является своеобразным резонатором, где рождаются и откуда уходят в пространство плазменные ритмы, скорость распространения которых равна

154 км/с. Правда, есть и другие обертоны «музыки сфер», так что реальная картина получается довольно сложной. В пучностях этой волны как раз и разместились планеты. На ранних стадиях развития Солнечной системы, когда вещество планет было еще распылено, действие волнового механизма оказалось достаточно эффективным. Центры концентрации материи обозначились весьма четко, а уже потом «потяжелевшие» планеты стали нечувствительными к волнению плазменного океана.

Вот, собственно, и конец рассказа. Осталось только объяснить, как было обещано, почему для Венеры наш «аршин» не дал целочисленного значения. Ну, во-первых, какой логики можно требовать от красавицы? А во-вторых, «прекрасная утренняя звезда», как называли ее древние, разместилась как раз на полуvolne.

ЧТО ДЕЛАТЬ СО СТАРЫМИ АККУМУЛЯТОРНЫМИ БАТАРЕЯМИ?

Японские муниципальные власти озабочены проблемой захоронения автомобильных аккумуляторных батарей, растущее количество которых на городских свалках приводит ко все большему загрязнению почвы и подземных вод ртутью.

По мнению С. Гото, старшего научного сотрудника Агентства по охране окружающей среды Японии, около 2/3 из действующих в стране 2486 свалок уже «заражены» этим токсичным металлом. Особое беспокойство вызывает то обстоятельство, что территории многих свалок рекультивированы, а на их месте разбиты детские площадки и построены школы.

В ныне действующих за-

конах не предусмотрены ограничения на сброс аккумуляторных батарей на свалку. В то же время на их производство ежегодно расходуется примерно 70 т ртути. Из этого количества вторично используется лишь незначительная часть, большая же доля выбрасывается на свалки. Как показали данные обследования, только в 494 из 3200 муниципалитетов отделяют аккумуляторные батареи и другие ртутесодержащие отходы от городского мусора. Даже в тех муниципалитетах, где это практикуется, доля вторично используемой ртути составляет 20%. В 163 муниципалитетах извлечение ртутесодержащих отходов намечено ввести с марта 1985 г.

Хранение отслуживших аккумуляторных батарей связано с большими трудностями.

30 муниципалитетов транспортируют эти отходы на единственный в стране завод по переплавке батарей на о. Хоккайдо производительностью 5 тыс. т/год. Стоимость переработки составляет 350 долл./т. Получаемая из отходов ртуть поступает на рынок. Однако муниципалитеты не заинтересованы в поставке ртутесодержащих отходов на завод, поскольку добавляется еще более 180 долл./т на их транспортировку.

Решением вопроса является расширение строительства заводов по переплавке ртутесодержащих отходов с ежегодной производительностью 10 тыс. т вблизи крупных населенных пунктов. Однако выбор мест для заводов часто вызывает протест населения.

«Engineering News—Record»,
1984, v. 213, № 2

ВАШЕ ЗДОРОВЬЕ — ВАША ЭНЕРГИЯ

Косметический можетный массаж

Кандидат медицинских наук

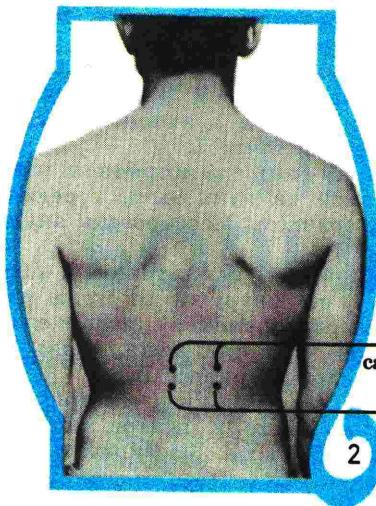
В. С. ИБРАГИМОВА

Древняя восточная медицина знала секреты гигиенической косметики. Считалось, что самый злостный враг красивой кожи — заболевания внутренних органов. Чтобы исключить их, следует обратиться к врачу. В остальном же вам поможет точечный массаж. Напоминаем, что для нахождения точек пользуются пропорциональными отрезками, носящими название

«цунь», величина которых весьма индивидуальна, т. к. определяется расстоянием между концами складок предельно согнутого среднего пальца у мужчины на левой руке, у женщины — на правой.

Точечный массаж следует производить подушечкой указательного или среднего пальца. У вас должно быть ощущение как будто вы катаете под пальцем зерныш-

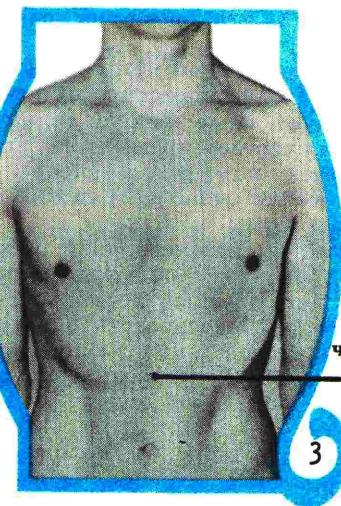




сань-цзяо-шу (2)

шэнь-шу (1)

2



чжун-ваний (4)

3

ко пшена: размах движения ограничен, иначе «зернышко» ускользнет, нажим — достаточный, чтобы «зернышко» двигалось.

Воздействие на точки производится один—два раза в день легким надавливанием на каждую точку с вращением по часовой стрелке в течение 2—5 минут. Количество точек на сеанс массажа может изменяться от 10 до 6. Причем следует соблюдать указанную ниже последовательность.

Точка 1 (шэнь-шу), симметричная, находится на 1,5 цуня в сторону от задней срединной линии на уровне промежутка между II и III поясничными позвонками. Массировать одновременно с обеих сторон.

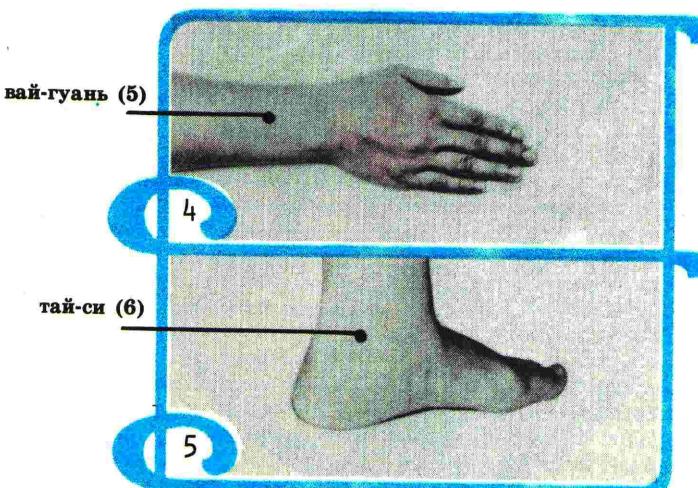
Точка 2 (сань-цзяо-шу), симметричная,

находится на 1,5 цуня в сторону от задней срединной линии на уровне промежутка между I и II поясничными позвонками. Массировать одновременно с обеих сторон.

Желательно, чтобы точки 1 и 2 массировал другой человек при вашем положении лежа на животе и обязательно с подушкой, подложенной под живот. Это очень важные точки.

Точка 3 (жэнь-ин), симметричная, находится на шее у переднего края грудино-ключично-сосцевидной мышцы, на уровне верхнего края щитовидного хряща. Массировать одновременно с обеих сторон в положении сидя.

Точка 4 (чжун-ваний), несимметричная, находится на передней срединной линии на 4 цуня выше пупка. Массировать в



в положении сидя или лежа на спине, расслабившись.

Точка 5 (вай-гуань), симметричная, находится на задней поверхности предплечья на 2 цуня выше верхней складки за пястья, в межкостном промежутке. Точка массируется поочередно справа и слева в положении сидя, рука лежит на столе ладонью вниз.

Точка 6 (тай-си), симметричная, находится в углублении между пяточным сухожилием и внутренней лодыжкой на уровне ее центра. Массировать одновременно с обеих сторон в положении сидя.

Точка 7 (сы-чжу-кун), симметричная, находится на лице в углублении у наружного конца брови. Массировать одновременно с обеих сторон в положении сидя, глаза при этом закрыты.

Точка 8 (тун-цзы-ляо), симметричная, находится на лице на 5 мм кнаружи от наружного угла глаза, в углублении. Массировать аналогично точке 7.

Точка 9 (мэй-чун), симметричная, находится на лице на 0,5 цуня выше внутреннего конца брови. Массировать аналогично точке 7.

Точка 10 (цин-мин), симметричная, находится на лице на 2—3 мм в сторону

носа от внутреннего угла глаза. Массировать аналогично точке 7.

Точка 11 (сы-бай), симметричная, находится на лице на 1 см ниже нижнего края глазницы, под зрачком. Массировать аналогично точке 7.

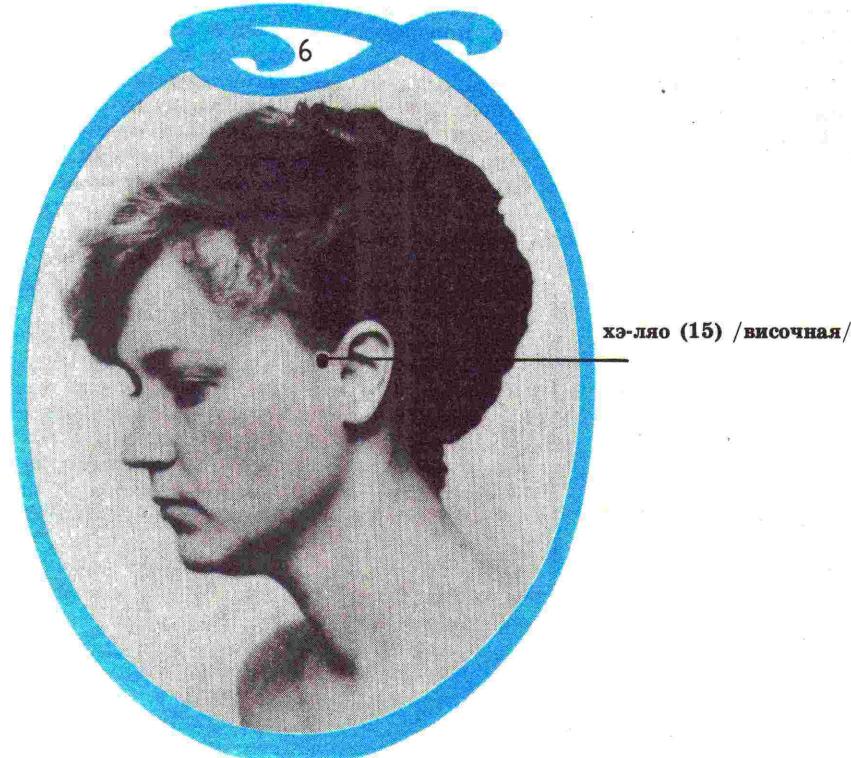
Точка 12 (ян-бай), симметричная, находится на лице на цунь выше середины брови, над зрачком. Массировать аналогично точке 7.

Точка 13 (ди-цзан), симметричная, находится на 1 см кнаружи от угла рта. Массировать одновременно справа и слева в положении сидя или лежа, глаза закрыты, рот слегка приоткрыт.

Точка 14 (чэн-цзян), несимметричная, находится на лице в центре подбородочно-губной борозды. Массировать аналогично точке 13.

Точка 15 (хэ-ляо височная), симметричная, находится в углублении над скуловой дугой у основания ушной раковины. Массировать одновременно справа и слева в положении лежа или сидя с закрытыми глазами.

Аккуратность и систематичность в проведении точечного массажа создадут предпосылки для стойкого косметического эффекта.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БОЛЬШОЙ ХИМИИ

Энергетическая программа СССР ставит задачу рационального использования и всемерной экономии топливно-энергетических ресурсов не только перед энергетиками. Наиболее энергоемкая отрасль народного хозяйства (после металлургической) — химическая промышленность. Энергосберегающая политика в большой химии требует новых методов интенсификации и оптимизации химического производства. Один из таких методов — кибернетика химико-технологических процессов. Ее современным проблемам и перспективам развития была посвящена Всеобщая научная конференция, организованная Академией наук совместно с рядом министерств, ведомств, институтов.

Право на существование имеют только оптимально организованные технологические схемы и агрегаты — вот основной тезис доклада, прочитанного председателем оргкомитета конференции академиком В. В. Кафаровым. Он остановился на нескольких основных направлениях научных исследований в этой новой отрасли науки: обеспечении работы в оптимальном — по экономическим и энергетическим показателям — режиме; синтезе энергозамкнутых химико-технологических систем с максимальной экономией энергии; передаче функций управления самому производству («скучая» автоматизация) и т. д.

В мире сложилась парадоксальная ситуация — сказал в своем докладе академик В. А. Легасов. Мы сталкиваемся сейчас с нехваткой сырьевых и других ресурсов. Появление этой проблемы во многом объясняется попытками решать возникающие задачи простым тиражированием ранее созданных способов получения энергии и материалов. А эти способы, изобретенные при значительно меньших масштабах потребления, сейчас недостаточно эффективны.

Среди путей качественного изменения энергетики технологических процессов

докладчик назвал следующие: переход к альтернативным источникам энергии; комплексное использование сырья; создание оптимальных по энергетико-технологическим затратам предприятий; замена традиционных нагревательных агрегатов селективно нагревающими (СВЧ-плазмотроны, например) и др.

Решение энергетических проблем химической технологии теснейшим образом связано с экологией. В этой связи член-корреспондент АН СССР Г. Я. Ягодин назвал беспредельными возможности кибернетики в освоении новых видов энергии, разработке безотходных химико-технологических процессов, обезвреживании и очистке отходов различных химических производств. Безотходное производство способно обеспечить гармоничное сосуществование природы и человека. Примерами таких технологий могут служить бескоксовый, бездоменный способ получения железа, комплексная схема переработки нефелинов и др.

Комплекс процессов, связанных с получением ядерной энергии, образует ядерный топливный цикл. Химико-технологические процессы составляют основу многих стадий этого цикла. И здесь методы кибернетики являются надежным аппаратом научных исследований. О необходимости оценок возможного теплового, химического и радиоактивного воздействия предприятий ядерной энергетики на биосферу, о таких эффективных способах оценки как математическое моделирование и численные эксперименты на ЭВМ рассказал в своем выступлении член-корреспондент АН СССР В. М. Седов.

Фундаментальные положения, изложенные в докладе академика В. В. Кафарова и других секционных докладах, были развиты в стеновых докладах.

Конференция явилась заметным событием в научной жизни страны.

Доктор физико-математических наук
Б. М. БЕРКОВСКИЙ

К ПРИМЕРУ,

ФАНТАСТИЧЕСКИЙ РАССКАЗ



Яцек ШИПУЛЬСКИЙ

Еще когда мы с Реем Змуреком учились в школе, с его именем связывались удивительные и невероятные истории. В том, что рассказывал Рей, было девяносто процентов чистого вранья, процентов девять — авторских прикрас и только один процент мог сойти за правду.

Так случилось, что после окончания школы мы с Реем поступили в один институт, а судьба в лице коменданта общежития поместила нас в одну, сравнительно небольшую, комнату. На следующий год к нам еще подселили парня с подготовительных курсов. Он жадно впитывал каждое слово Рея, я же на стенку лез от злости, потому что рассказы Змурека во всех вариантах знал наизусть.

Материал для своих баек Змурек черпал, можно сказать, «прямо из жизни». Возможности для этого у него были прекрасные: его отец, служащий Космического агентства, вечно мотался из конца в конец Галактики, и Рей, сколько я помню, всегда проводил каникулы вдалеке от Земли.

ГОПСОФИКС

В нынешнем году, вернувшись с каникул, Рей, кроме очередной невероятной истории, о которой я расскажу чуть позже, привез маленького гопсофика. Красивым гопсофиксом этого назвать было трудно, но все представители их семейства крайне уродливы, в чем я удостоверился на следующий же день, обратившись к помощи мнемовидения /номер шара: Центр А 16-5314-077/.

Рей сразу запихнул зверька под кровать и заявил, что будет обучать его пению, словно нам мало было самого присутствия четвертого жильца в тесной и без того комнате. Да и что это было за пенье — похрюкивание и какое-то урчание, лишенное малейшей благозвучности. Даже Рей вынужден был, в конце концов, признать, что скорее Солнце даст жизнь сверхновой звезде, нежели гопсофикс запоет так, чтоб его можно было слушать без вреда для здоровья. К исходу первого триместра гопсофикс начал вонять. Рей убеждал нас, что это пройдет, просто животное испускает привлекающие запахи. Но с каждым днем вонь усиливалась, и в один прекрасный день наше терпение лопнуло. Мы пригрошили приятелю, что, если он немедленно не выкупает своего питомца, мы запрем обоих в шкафу. Рей долго сопротивлялся, утверждая, что гопсофикс, покрытый так называемой «шерстью», под действием воды «свойочится» /от слова «войлок»/, но мы подняли его на смех. И Рей пришлось уступить.

Но... случились две страшные вещи. Первая: Рей сказал правду. Вторая вытекала из первой: гопсофикс действительно свойочился, а вонять, ясное дело, не перестал, так что, в конце концов, Рей отдал его знакомому зоологу.

Я описываю все это, потому что сам не знаю, как относиться к истории, которую Рей привез вместе с гопсофиксом и которую я обещал вам рассказать. В былые времена я бы, ни на минуту не задумавшись, присовокупил ее к прочим сказкам приятеля и поспешил забыть. Однако история со свойочением — назовем ее так — сама по себе пустяковая, пробудила во мне сомнения. Если уж записной враль

однажды сказал правду, то и последний его рассказ тоже может оказаться невыдуманным. Впрочем, судите сами.

Три года назад немало нашумела история со станцией VOX 23, находившейся на Шестом планете Карла /система Центавра/. Станция была небольшая, обслуживали ее всего три человека — кибернетик, физик и радиоастроном — да несколько простых ремонтных автоматов. Были там еще всякие агрегаты, маленький компьютер, ядерный реактор, радиостанция, лаборатория, неплохо укомплектованные склады, довольно просторные жилые помещения — словом, все необходимое для того, чтобы обеспечить троим землянам приличные условия существования в течение двух лет — такой срок предусматривался контрактом. Станция была основана за восемь лет до описываемых событий, на ней уже несколько раз сменялся обслуживающий персонал, и никто не жаловался, если не считать нареканий на скуку, которая, увы, неизбежна в исследовательских центрах подобного рода. На этот раз, как обычно, коллектив VOX 23 регулярно присыпал отчеты в Главное управление по исследованию Галактики, и ничто не предвещало грядущих бурных событий. Так продолжалось в течение семи месяцев. Потом донесения стали поступать на Землю реже, в них появились упоминания о каких-то трудностях, но подробных разъяснений не последовало, несмотря на запросы Главного управления, что слегка встревожило наиболее беспокойных его сотрудников.

В конце восьмого месяца связь с планетой окончательно оборвалась. Станция перестала отвечать на вызовы; сначала отнесли это на счет поломки радиопередатчика, но, как известно, отремонтировать передатчик — штука нехитрая, когда есть запасные детали. Однако по истечении двух недель, в Главном управлении не на шутку обеспокоились, и с первым же рейсом суперсветового корабля на Шестерку была отправлена экспедиция. Она благополучно прибыла на место, но, представьте, связь с нею тотчас прекратилась. Возвращения экспедиции ждали через три

недели, когда же прошло пять, и она не вернулась, поднялся шум. В историю вмешался Военный департамент, а один из депутатов, генерал, протолкнул решение об отправке на Шестую планету военной экспедиции, что само по себе было событием чрезвычайным.

Тем не менее военные подразделения отправились в путь. На ультрасуперсветловом корабле — не иначе! — вне расписания, запасшись закованными в броню силового поля вездеходами, антиматерией и черт знает чем еще. Подготовились основательно и... благополучно возвратились, привезя с собой все, что осталось от станции: кое-какое личное имущество, фотографии да кинопленки. Последние, впрочем, никто /я имею в виду широкую публику/ до сих пор не видел, зато все читали официальное коммюнике Главного управления, где сообщалось, что причиной гибели ученых был взрыв реактора. О спасательной экспедиции в коммюнике даже не упоминалось. Объяснение это, по-видимому, никого не удовлетворило, мгновенно распространились тысячи противоречивых слухов, но время шло, и малороманту история сама собой забылась.

И вот, спустя три года после тех событий, Рей Змурек привез с Ганимеда новую версию, почерпнутую из якобы случайно услышанного разговора его отца со своим другом, высокопоставленным сотрудником Главного управления по исследованию Галактики. Будто бы эти свежие факты должны быть опубликованы, но кто-то отчего-то против, и потому они еще не скоро станут достоянием гласности. Итак, ответственность за сенсационную новость целиком и полностью лежит на Рее, я же только повторяю его рассказ.

Военная экспедиция, кроме развороченного взрывом реактора и многочисленных железных обломков, разбросанных более или менее упорядоченно /если можно говорить о порядке вблизи эпицентра ядерного взрыва/ и по форме напоминающих столики и стульчики /!, посреди развалин станции нашла кое-что еще. А именно: чудом уцелевшую пластинку памяти личного мнемотрона Кибернетика, представляющую огромную ценность для всякого, кто бы захотел разобраться в описываемых событиях. Среди множества обычных технических заметок и повседневных наблюдений была обнаружена запись, на первый взгляд незначительная, а на самом деле, как выяснилось в ходе дальнейшего расследования, чрезвычайно важная.

Запись гласила: «Скука страшная, сыграть бы в бридж, да нас только трое...»

По сведениям, собранным за время следствия на Земле, не один Кибернетик был страстным любителем бриджа. До отлета на VOX 23 этой игрой увлекались и его коллеги — Физик и Радиоастроном. Бридж был некогда очень популярен, да и сейчас еще специальные клубы объединяют несколько тысяч его любителей. Вероятно, следует объяснить, что для игры в бридж нужны четыре партнера, а большое количество карт гарантирует практически бесконечное число комбинаций, что и является, пожалуй, главным достоинством этой игры. Зафиксированные в дневнике события дальше развивались следующим образом: кто-то из ученых предложил переделать в четвертого партнера один из вспомогательных автоматов. Кибернетик, согласившись, что лучше играть с роботом, чем с «болваном» /Рей не сумел объяснить, о каком болване шла речь/, принялся за работу. Спустя три недели партнер был готов. «ПИБ играет правильно, но недостаточно азартно, не любит рисковать и вообще ужасный зануда», — записал Кибернетик после одной из пробных партий. Потом в дневнике целый месяц не появлялось даже упоминаний о бриdge, и лишь через тридцать четыре дня в очередной ежедневной записи про скользнуло, что Кибернетик ввел в память ПИБ'а нечто вроде ощущения острого удовольствия, хорошо знакомого тем, кто увлекается игрой в бридж. Посредством сложной системы связей удовольствие было превращено в потребность /конструктор достиг этого, накоротко замкнув предохранитель лояльности, что категорически запрещается и оговаривается по мере пятнадцатью параграфами Научного права/. С этого момента ученые не знали больше забот с четвертым партнером.

До поры, до времени, заметим. Вскоре, совершая обход станции, Кибернетик застукал /именно это выражение он употребил в своем дневнике/ в тамбуze одного из складов вышеупомянутого робота в обществе механической уборщицы и двух кухонных комбайнов, склонившихся над ломберным столиком.

Входя в тамбур, Кибернетик услышал, как ПИБ объявил шлем в пиках, а кухонный комбайн — тот, что сидел слева, — стукнув кулаком по столу, воскликнул: «Контра!». Ученый разогнал теплую компанию. Судя по его записям, в нем про-

будилось лишь любопытство и ни тени тревоги, которой следовало бы зародиться в ту же минуту, когда он узнал, что машина самовольно без ведома человека, взялась за перестройку других машин. А это был первый сигнал. Будь опасность замечена своевременно, катастрофу удалось бы предотвратить. Как оказалось — Кибернетик убедился в этом месяц спустя — автоматы, перестроенные ПИБ'ом по собственному образу и подобию, обладали такой же страстью к бриджу, каковую в свое время ему привил конструктор.

День, когда Кибернетик, заглянув в ангар «F», обнаружил там сто восемьдесят три ломберных столика и полный набор новеньких игроков, сконструированных из краденых деталей, стал переломным в жизни обитателей станции. Тут-то и нужно было приступить к решительным действиям, причем не полагаться на собственные силы, а вызвать с Земли подмогу — пока еще работал передатчик, разобранный несколько дней спустя, как, впрочем, и главный компьютер, который тоже пошел на детали для новых игроков.

Через неделю в реакторе, перегруженном сверх всякой нормы из-за чрезмерного потребления энергии, началась неуправляемая цепная реакция. Взрывная волна разнесла склады расщепляющихся материалов, расположенные в шестистах метрах к востоку от станции. Заражение местности стало причиной гибели первой спасательной экспедиции, по чьей-то халатности или недомыслию не подготовленной к опасности такого рода...

Должен признаться, что уже в середине рассказа Рея у меня возникли серьезные сомнения. Мало того, что вся эта история выглядела анекдотической и неправдоподобной, — я еще увидел в ней нарушение законов логики. Как, например, объяснить внезапно обуявшее роботов стремление к репродуцированию, которое в конце концов оказалось пагубным для них самих?.. Я высказал свои сомнения Рею, но он только окинул меня соболезнующим взглядом.

— Мог бы и сам додуматься, была б охота пошевелить мозгами, — сказал он. — Ты же знаешь, для бриджа необходимо четверо партнеров. В ПИБ'е страсть к игре, азарт или даже неистребимая потребность, называй как хочешь, была изначально заложена. При этом кругозор его остался очень узким, ничем, кроме бриджа, он не интересовался и, если не играл с сотрудниками станции, изнывал от скуки. У людей

же были и другие заботы — на далекие планеты посыпают не затем, чтобы с утра до ночи резаться в карты. Для ученых бридж был занятием, правда, приятным, но далеко не главным, и уделяли они ему лишь малую толику времени. А для ПИБ'а игра была всем — не играть он не мог. Потому и сконструировал себе партнеров.

— Что ты мне растолковываешь, как ребенку, я понимаю... — перебил я Рея, но он не дал мне закончить.

— Ничего ты не понимаешь! Робот играл с машинами, которые сам перестроил, в свободное время, когда не сидел за карточным столом с людьми. А что, по-твоему, было делать осиротевшим кухонным комбайнам и уборщице, покуда ПИБ отсутствовал? Отвечаю: играть, играть и играть. Заметь, что, несмотря на расходование запасных частей, жизнь на VOX 23, по крайней мере некоторое время, шла нормально. Возможно, зараженные бациллой бриджа машины строили вместо себя другие, чтобы те подменяли их при выполнении повседневной черной работы, а сами они могли целиком отдаваться своей страсти. Но это только гипотеза. Зато очевидно другое: созданные ПИБ'ом по его ОБРАЗУ И ПОДОБИЮ автоматы сумели сконструировать для себя четвертого партнера по собственному образцу. Однако ПИБ то и дело возвращался к ним — ему тоже хотелось играть. И так далее...

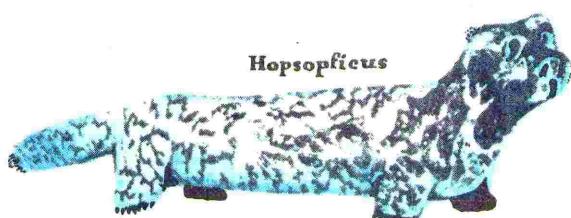
Вот и весь рассказ. Не подумайте только, что последние разъяснения Рея избавили меня от сомнений. В конце концов, и прежние его истории были на свой лад логичны.

Если бы не эти, замучившие меня, сомнения, я бы никогда не осмелился морочить вам голову, повторяя рассказы своего приятеля.

Про Рея Змурека я написал все, как есть, — теперь вы представляете себе, что это за тип. Но, к примеру, гопсофикsto свойлочился. На самом деле!

Перевела с польского
К. СТАРОСЕЛЬСКАЯ

Hoplophlebus



ПЕРВЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР «МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ»

Семинар проводился по решению Совета уполномоченных стран — членов СЭВ в ноябре 1984 г. в Сочи. На семинаре обсуждались проблемы воздействия АЭС на природную среду.

Особое внимание уделялось оценке воздействия теплых сбросных вод на гидробионтов, методам биоиндикации водных и наземных экосистем, рациональному использованию низкопотенциального тепла в рыбном и сельском хозяйстве. Особо отмечена важность выбора потенциальных площадок для расположения объектов атомной энергетики с точки зрения экологии и необходимость комплексных работ по долгосрочному прогнозированию возможных последствий загрязнения природной среды.

Намечено, что исследования этих проблем в странах СЭВ будут развиваться в следующих основных направлениях: разработка теоретических основ экологи-

ческого мониторинга, охраны животного и растительного мира и рационального использования природных ресурсов в местах расположения предприятий атомной энергетики; подготовка научно-практических рекомендаций по комплексному использованию низкопотенциального тепла; создание единых научно-методических программ для оценки антропогенного воздействия по проблеме «Охрана экосистем (биогеоценозов) и ландшафта» в рамках СЭВ; создание банка эколого-физиологических и генетических данных по наземным и водным экосистемам в районах размещения АЭС и АТЭС стран — членов СЭВ и разработка математических моделей воздействия АЭС на биологические сообщества с целью долгосрочного прогнозирования; разработка принципов экологического нормирования.

*Кандидат биологических наук
И. Н. РЯБОВ*

«ДРОВЯНОЙ» КРИЗИС НА ЮГЕ АФРИКИ

В 1980 г. доля древесного топлива — дров и древесного угля — в общем потреблении энергии на юге Африки составляла (в %): в Анголе — 77,3, Ботсване — 56, Замбии — 58,3, Зимбабве — 52, Лесото — 78,5, Малави — 94,3, Мозамбике — 89,1, Свазиленде — 60, Танзании — 91,4. Несмотря на определенные национальные различия, все перечисленные страны острио переживают нехватку древесного топлива.

Для преодоления «древесного голода» в южноафриканских государствах намечается расширение лесопосадок, идущих на топливо деревьев.

*«Ambio»,
1984, v. 13, № 1*

США: НОВЫЕ НОРМЫ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА В БЕНЗИНЕ

Агентство по охране окружающей среды США (ЭПА) предложило новые нормы содержания свинца в

бензине с постепенным его сокращением на 91% и полным запрещением к 1995 г. В настоящее время норма составляет 0,15 г/л. К 1986 г. предлагалось сократить ее в 10 раз. Однако некоторые компании намерены оспорить в суде предложение ЭПА в случае его принятия. Согласно проведенному ЭПА исследованию, переход на неэтилированный бензин принесет больше выгод, чем расходов, причем цены на бензин повысятся не более чем на 1%.

*«Environmental
Science and Technology»,
1984, v. 18, № 9*

БОРИС СЕРГЕЕВИЧ ПЕТУХОВ

Ушел из жизни выдающийся ученый, один из основателей советской школы теплообмена, член-корреспондент АН СССР, профессор, прекрасный педагог и отзывчивый, чуткий, внимательный человек. Вся жизнь Бориса Сергеевича Петухова — яркий пример беззаветно преданного служения науке.

Б. С. Петухов родился в семье ремесленника в городе Новозыбкове Брянской области. После окончания Саарского энергетического техникума он работал в Куйбышевэнерго, учился в Куйбышевском индустриальном институте, преподавал в Куйбышевском инженерно-строительном институте, пройдя за два года путь от ассистента до исполняющего обязанности заведующего кафедрой теплофизики.

В 1956 г. после защиты докторской диссертации ему было присвоено звание профессора. С 1966 г. Б. С. Петухов возглавлял Отдел теплообмена Института высоких температур АН СССР. В 1976 г. избран членом-корреспондентом АН СССР по Отделению физико-технических проблем энергетики.

Б. С. Петухов являлся крупным специалистом в области теплообмена. Широко известны его исследования процессов конвективного теплообмена при высоких тепловых нагрузках, больших температурных напорах, высоких скоростях течения среды, наличии химических реакций и при околокритических параметрах вещества. Для нужд ядерной энергетики Б. С. Петуховым выполнен ряд важных исследований теплообмена при конвекции и кипении жидкостей металлов, а также



при взаимодействии потока жидкого металла с электромагнитным полем. Большой научный и практический интерес представляют проведенные Б. С. Петуховым исследования теплообмена при воздействии поля силы тяжести на турбулентные пристенные течения и исследования процессов кипения в потоках криогенных жидкостей.

Б. С. Петуховым опубликовано более 120 научных работ, в том числе книги «Опытное изучение процессов теплопередачи», «Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах», «Теплообмен в ядерных энергетических установках». Каждую научную работу Бориса Сергеевича характеризует особая тщательность и глубина подхода к проблеме, несомненная научная и практическая ценность полученных результатов. Глубокая эрудиция сочеталась у Бориса

Сергеевича с неизменной доброжелательностью к людям и высокой принципиальностью коммуниста, снискавшими ему заслуженный авторитет среди коллег.

Б. С. Петухов постоянно вел большую педагогическую работу в вузах и работу по подготовке научных кадров. Им подготовлено свыше 40 кандидатов и несколько докторов наук, создана продолжющая работать научная школа.

Исследовательскую и педагогическую работу Б. С. Петухов сочетал с активной научно-организационной деятельностью. Он был председателем секции теплообмена Научного Совета АН СССР по комплексной проблеме «Теплофизика», председателем редакционно-издательского Совета Отделения физико-технических проблем энергетики АН СССР, заместителем председателя Национального Комитета по теплообмену, заместителем главного редактора журнала АН СССР «Теплофизика высоких температур», руководителем и членом нескольких научных и ученых советов.

Научная и педагогическая деятельность Б. С. Петухова получила заслуженное признание. Он был награжден орденом Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета» и медалями.

Светлая память о Борисе Сергеевиче Петухове навсегда останется в сердцах его учеников, соратников и друзей.

**Л. М. БИБЕРМАН, В. А. КИРИЛЛИН, В. А. КУРГАНОВ,
С. С. КУТАТЕЛАДЗЕ, М. А. СТИРИКОВИЧ,
А. Е. ШЕЙНДЛИН, Э. Э. ШПИЛЬРАЙН**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик
В. А. КИРИЛЛИН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный секретарь
Е. И. БАЛАНОВ
Летчик-космонавт СССР
кандидат психологических наук
Г. Т. БЕРЕГОВОЙ
Член-корреспондент АН СССР
Л. М. БИБЕРМАН

Академик
Е. П. ВЕЛИХОВ
Кандидат экономических наук
Д. Б. ВОЛЬФБЕРГ
Кандидат экономических наук
А. Г. ГАДЖИЕВ

Редактор отдела
Ю. А. ДВОРЯДКИН

Академик
К. С. ДЕМИРЧЯН
Заместитель главного редактора
А. Б. ДИХТЯРЬ
Член-корреспондент АН СССР
И. Я. ЕМЕЛЬЯНОВ

Академик
В. А. ЛЕГАСОВ
Доктор физико-математических наук
Л. В. ЛЕСКОВ

Кандидат филологических наук
Е. С. ЛИХТЕНШТЕЙН

Академик
А. А. ЛОГУНОВ

Первый заместитель министра энергетики
и электрификации СССР
А. Н. МАКУХИН

Заместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук
С. П. МАЛЫШЕНКО

Академик
Л. А. МЕЛЕНТЬЕВ

Член-корреспондент АН СССР
А. А. САРКИСОВ

Доктор экономических наук
Ю. В. СИЯК

Академик
М. А. СТЫРИКОВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Л. Н. СУМАРОКОВ

Доктор технических наук
В. В. СЫЧЕВ

Редактор отдела
кандидат военных наук
В. П. ЧЕРВОНОБАБ

Академик
А. Е. ШЕИНДЛИН

Доктор технических наук
Э. Э. ШПИЛЬРАЙН

Редактор отдела
Р. Л. ЩЕРБАКОВ

В номере использованы фотографии

Б. Акимова, А. Либермана,
Ю. Митяева, А. Нидерера, В. Ободзинского,
Б. Раскина, Г. Славного

Художники номера:

Ю. Буланов, С. Казаков, В. Кириев, В. Коваль.
В. Кривда, А. Лисицын, А. Любимов,
Е. Тенчурина, А. Шлосберг.

Корректоры:

Т. С. Жиздрикова, В. Г. Овсянникова

Главный художник С. Б. ШЕХОВ

Художественный редактор М. А. СЕПЕТЧЯН

Заведующая редакцией

Т. А. ШИЛЬДКРЕТ

Номер готовили редакторы:

И. Г. Вирко, С. З. Гущев, Ю. А. Дворядкин,
Л. Ю. Камочкина, Ю. А. Медведев,
С. Н. Пшироков, Е. М. Самсонова,
В. П. Червонобаб, Р. Л. Щербаков.

На второй странице обложки.

Женский «портрет» в инфракрасных лучах.
Фото Б. Раскина

Адрес редакции: 111250, Москва, Е-250
Красноказарменная ул., 17а, тел.: 362-07-82

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука», Москва

Сдано в набор 08.02.85. Подписано к
печати 06.03.85. Т—03365 Формат 70×
×100¹/₁₆. Офсетная печать. Усл. печ. л. 5,2.
Усл. кр.-отт. 346,1 тыс. Уч.-изд. л. 7,0.
Бум. л. 2. Тираж 20 480 Зак. 284

Ордена Трудового Красного Знамени
Чеховский полиграфический комбинат

ВО «Союзполиграфпром»

Государственного комитета СССР

по делам издательств, полиграфии

и книжной торговли,

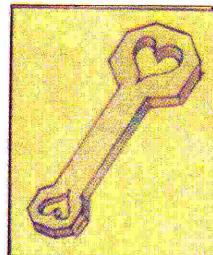
142300, г. Чехов Московской области

«ЭНЕРГИЯ»:

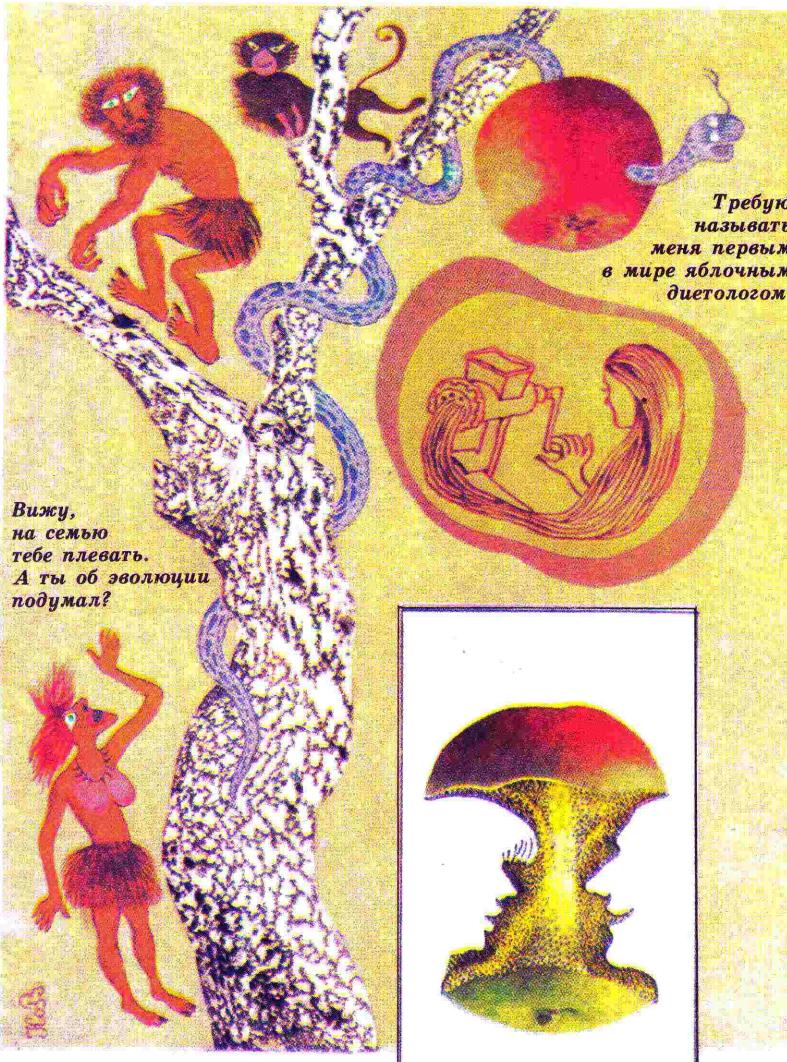
экономика,

техника,

экология»

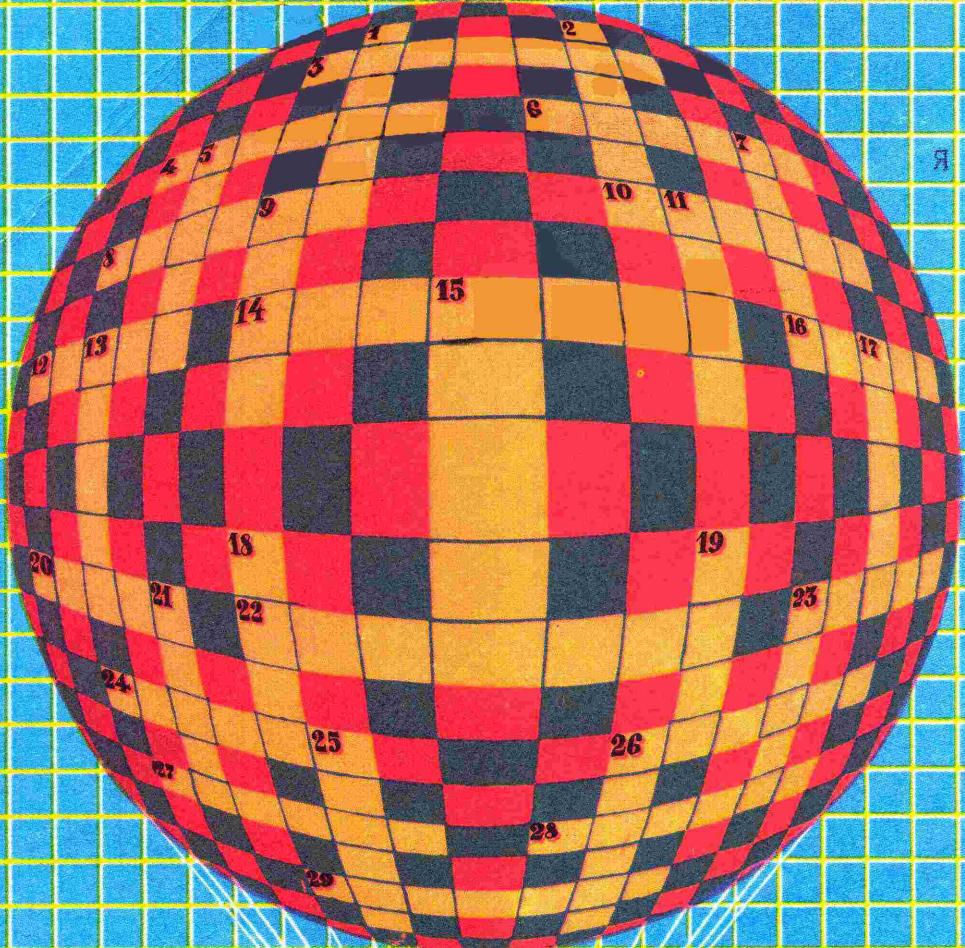


ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ ЖЕНЩИН? Тест на знание жизни.
В ЧЕСТЬ МЕЖДУНАРОДНОГО ЖЕНСКОГО ДНЯ
8 МАРТА НАМ УЛЫБНУЛИСЬ: УДАЧА, МОНА
ЛИЗА, продавщица овощного магазина ЕЛЕНА АМЬЯ-
НОВА, а также идеальная супруга ТАНЮША.



Читатель! Догадайся, кто где?





ПО ГОРИЗОНТАЛИ: 3. Химический элемент, входящий в состав угля и нефти. 4. Высокочувствительная телевизионная передающая трубка. 6. Предмет или явление, представляющие соответствие или подобие другому предмету или явлению. 8. Одна из форм обмена энергией термодинамической системы с окружающей средой. 10. Положительно заряженный ион. 12. Устройство для сжигания топлива. 14. Небольшая электромашинка, используемая в двигателях внутреннего горения. 22. Вид автомобильного топлива. 23. Вид катапульт больших размеров, применявшихся в Древней Греции и Древнем Риме. 24. Диэлектрик, разделяющий электроды в конденсаторе. 26. Элементарная частица. 27. «Тяже-



лая» элементарная частица. 28. Небольшое специально оборудованное помещение. 29. Умозаключение, содержащее два взаимоисключающих положения.

ПО ВЕРТИКАЛИ: 1. Внешняя часть солнечной атмосферы. 2. Специалист, занимающийся добычей полезных ископаемых. 5. Часть металлического или деревообрабатывающего станка. 7. Дерево, используемое для производства спичек. 9. степени быстроты движения. 11. Электрод, к которому направлен электрический ток. 13. Приборная доска. 15. Верхняя часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. 17. Единица напряженности магнитного поля в системе единиц СГС. 18. Смесь дыма, тумана и пыли. 19. Химический элемент. 21. Вспомогательное утверждение в математике. 23. Углеводород, содержащийся в нефти и синтетическом жидкотопливe. 25. Малая планета Солнечной системы, открытая в 1936 г. 26. Ионизированный газ с равными концентрациями положительных и отрицательных ионов.