

ISSN 0233-3619

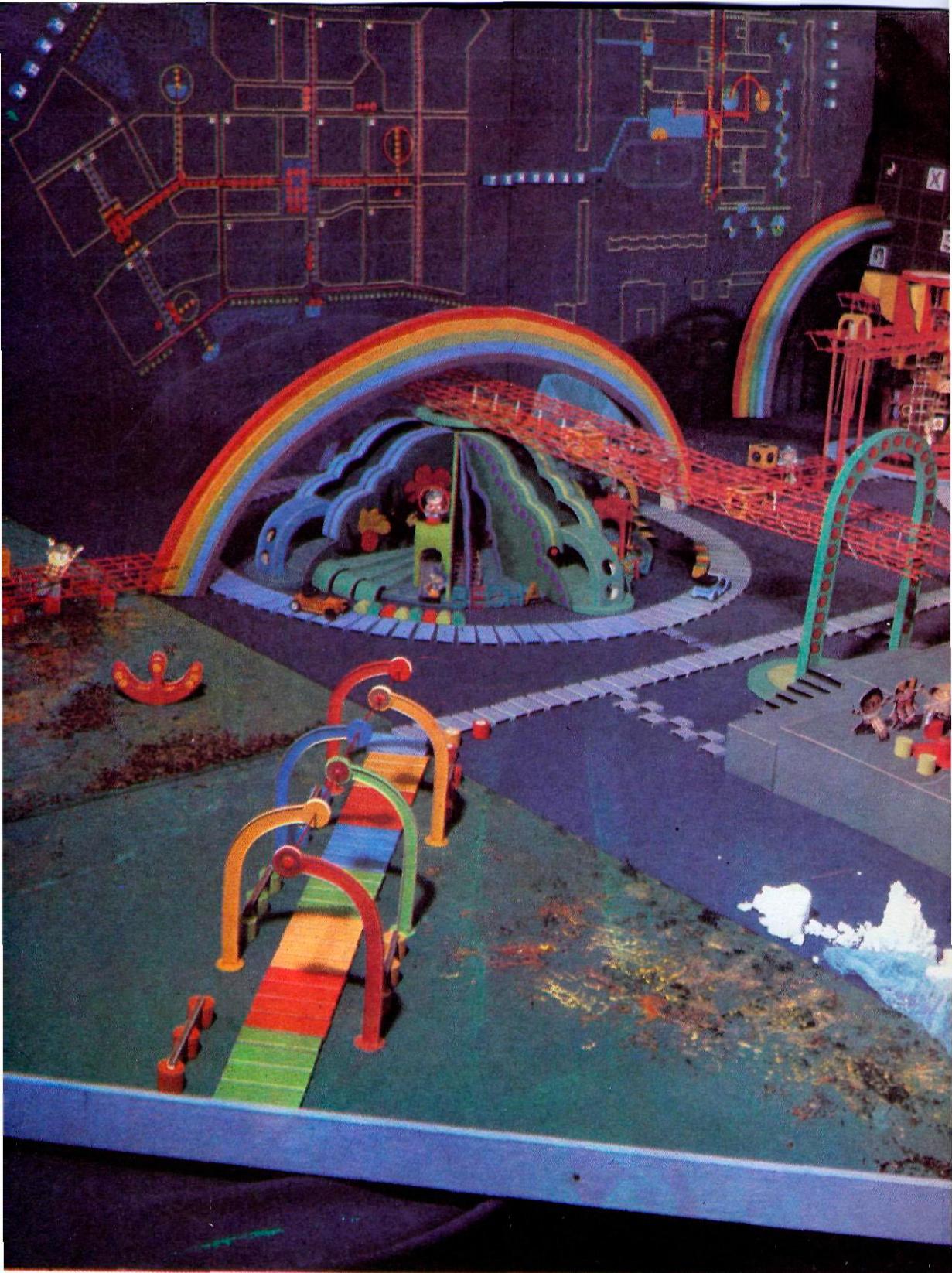
ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

1'85

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

В НОМЕРЕ

1'85

- 2 НЕ РАСТОЧАТЬ, А ЭКОНОМИТЬ**
(беседа А. Лихова с заместителем председателя ГКНТ
М. Г. Кругловым)
-
- 10 АНАТОЛИЙ ЛЕПИХОВ**
На следующий день. Научно обоснованная тревога. Сценарии будущего. Ученые действуют
-
- 16 Ю. Б. ЛАПИН**
Кольчуга из «Булата»
-
- 18 С. В. ЧЕКАЛИН**
С Земли на орбиту.
Предвидение Циолковского. Электростанция на орбите.
Каким должен стать космический транспорт? Лазер на службе космического транспорта
-
- 24 П. К. ХАБИБУЛЛАЕВ**
В зоне реактора
-
- 28 Л. КАМОЧКИНА**
Тепло Севера
-
- 30 Б. А. ТЕВЕЛЕВ**
Информацию несет энергия света
-
- 38 С. В. ХОДОРКОВСКАЯ**
Экономика — страж природы
-
- 44 ВИКТОР ЛАТЫШЕВ**
Меняю свежий хлеб на черствый
-
- 47 В. Е. ЧЕЛНОКОВ**
Полупроводниковая электроэнергетика
-
- 51 П. В. ЯЗЕВ**
Картинки с выставки
Прибор для электроакупунктуры. Цифровой измеритель пульса
-
- 58 ВАЛЕРИЙ ЕВСЕЕВ**
Новый метропоезд: идут испытания
-
- 62 Задачи**
-
- 63 Дней минувших анекдоты**

Информация. Для пригородных поездов (15)* «Ураган» очищает газопроводы (15)* Тепло для миллионов (23)* Энергосистема «Мир» — новые ЛЭП (23)* Шведский метод (43)* США: переработка городских отходов остается сложной проблемой (45)* Еще раз о загрязнении атмосферы углекислым газом (50)* Японская новинка (50)* Ремонт под напряжением (57)* ВЭЛ для Таймыра (57)* Новые цинково-воздушные батареи (61)* Новая АЭС в КНР (61)* Новый метод переработки угля (62)* Новая ГЭС на Кури (62)* Богатства дагестанских недр (62)* Атомсервис (62)*



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА СССР

Не расточать, а экономить

*На вопросы нашего корреспондента Анатолия Лихова
отвечает заместитель председателя Государственного комитета СССР
по науке и технике, доктор технических наук,
профессор М. Г. КРУГЛОВ*

Прежде всего, согласитесь, наличие богатых энергетических ресурсов — отнюдь не основание для того, чтобы их расточать, расходовать не по-хозяйски. Во-вторых, элементарные расчеты показывают, что добыча дополнительной тонны условного топлива сегодня нам обходится в два-три раза дороже, чем ее экономия.

Вообще же проблема экономии энергоресурсов, повышения эффективности использования топлива и энергии родилась отнюдь не сегодня. Она ставилась и решалась на всех этапах строительства нашего общества. В последние два десятилетия мы добивались повышения эффективности топливно-энергетического комплекса страны главным образом за счет ускоренной добычи более «благородных» видов топлива — нефти и газа. Их доля в топливно-энергетическом балансе увеличилась с 38 % в 1960 до 69 % в 1980 году. Не стояла на месте и угольная промышленность, здесь рост добычи шел преимущественно за счет открытых разработок. За эти же годы потребление энергии почти утроилось, а добыча

ча нефтегазового топлива возросла в пять раз.

Вполне естественно, что старые, наиболее близко и удобно расположенные разведанные месторождения нефти и газа в европейской части страны истощаются. Практически исчерпаны возможности дальнейшего напрямления, а в отдельных случаях и поддержания добычи на достигнутом уровне на разрабатываемых месторождениях газа в Саратовской области, нефти в районах Каспия и Татарской АССР, угля в Подмосковье.

Предвидя это, наши специалисты уже давно обратили внимание на восток, где были открыты новые нефтяные, газовые и газоконденсатные месторождения и залегают крупнейшие угольные месторождения.

Но чтобы вовлечь их в использование в суровых условиях Крайнего Севера и Сибири, необходимо освоить обширные территории, по своим размерам сопоставимые с территориями нескольких западноевропейских государств, то есть пришло создавать автомобильные и железные дороги,

«Основные положения Энергетической программы СССР предусматривают:
проведение активной энергосберегающей политики
на базе ускоренного научно-технического прогресса во всех звеньях
народного хозяйства и в быту, всемерную экономию
топлива и энергии, обеспечение на этой основе
значительного снижения удельной энергоемкости
национального дохода...»

«Основные положения Энергетической программы СССР
на длительную перспективу»

строить новые города и поселки. Понадобилось также создавать технику в специальном «северном» исполнении, организовывать транспортировку топлива на расстояния до 4 тысяч километров. В силу этого удельные затраты на прирост добычи в нынешние 80-е годы будут в среднем в три раза выше, чем десятилетие назад. По нефти это увеличение будет еще большим.

— Таким образом, вероятно, первоочередным становится развитие атомной энергетики, особенно в европейской части страны?

— Бессспорно, что массовое использование ядерной энергии сначала для производства электроэнергии, а несколько позже — и для выработки тепла, стало важнейшим фактором в энергоснабжении европейских районов. Сейчас на получение электроэнергии мы расходуем примерно 20—22 % добываемого нами первичного топлива. И если, скажем, половина электроэнергии будет вырабатываться на АЭС, то мы сможем сберечь 10—12 % других топливных ресурсов. На нужды централизованного теплоснабжения и отопления сегодня идет 35 % топливных ресурсов. Значительную часть этого топлива тоже можно сберечь, если вырабатывать необходимое для теплоснабжения низкопотенциальное тепло на атомных электростанциях. Но становление ядерной энергетики в качестве крупной отрасли — процесс длительный, капитоемкий и требующий решения ряда крупнейших научно-технических и экономических задач. Скажем, нельзя обойтись без долговременных капитальных затрат, особенно на создание атомного энергетического машиностро-

ения, предприятий по добыче урана и производства ядерного горючего. Здесь сразу просматриваются проблемы, требующие ускоренного решения. Прежде всего, надо обосновать целесообразную структуру атомной энергетики по типам реакторов АЭС. Тем самым определяется ряд важных показателей: объемы производства оборудования для различного типа атомных станций, мощности производств по обогащению ядерного топлива, необходимые мероприятия по захоронению отходов, объемы добычи природного урана и так далее.

Надо также выбрать целесообразные единичные мощности энергооборудования для АЭС, найти экономически оправданные предельные значения мощности отдельных АЭС, оценить эффективность работы атомных энергокомплексов. Нельзя обойтись без разработки и технико-экономического сравнения различных способов регулирования нагрузки в объединенных энергосистемах с большой долей мощности атомных электростанций.

Крупной научно-технической проблемой, успешно разрабатываемой в нашей стране, является создание атомных станций теплоснабжения (АСТ) и атомных теплоэлектроцентралей, а также АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Первые АСТ строятся и скоро войдут в эксплуатацию в Горьком и Воронеже, АТЭЦ сооружается около г. Одессы. Самый мощный в мире из действующих энергоблоков с реактором на быстрых нейтронах установлен на Белоярской АЭС. Понятно, что реакторы на быстрых нейтронах обязательно должны рассматриваться как двухцелевые установки: обеспечивать выработку электроэнер-

гии и одновременно — наработку вторичного ядерного горючего.

Крупные проблемы ставят мероприятия по охране окружающей среды от негативного воздействия на них объектов топливно-энергетического комплекса.

Размещение и совершенствование энергетической базы — лишь одна сторона решения задачи по обеспечению надежного и эффективного энергоснабжения народного хозяйства и населения страны.

Вторая, не менее важная сторона дела — это повышение энергетической эффективности общественного производства в основном на базе внедрения достижений науки и техники.

Жесткая — я намеренно делаю акцент на этом слове — энергосберегающая политика есть наиболее эффективная мера для уменьшения трудностей перестройки производственной структуры нашей энергетики.

— Какова же возможность экономии энергоресурсов?

— Сегодня коэффициент полезного использования — это главный показатель эффективности производственного аппарата энергетики — в нашей стране достиг 42 %. Этот показатель не только характеризует эффективность использования, но и говорит о наличии больших резервов экономии.

Однако на каждом уровне технического оснащения тоже есть экономические пределы повышения к. п. д. (невыгодно, например, до бесконечности увеличивать поверхность нагрева котлоагрегатов ради повышения их к. п. д. выше 92—93 %).

Но даже с учетом этих пределов — физических и экономических — резервы повышения коэффициента полезного использования, соответствующие современному уровню развития науки и техники, составляют от трети до половины нынешней величины.

Принятая в нашей стране Энергетическая программа СССР предусматривает достижение на рубеже ХХ—XXI веков экономии (по отношению к 1980 г.) в объеме 540—580 млн. тонн условного топлива. Кроме того, предусмотрено сэкономить 400—500 млн. тонн органического топлива (в условном исчислении) в год за счет его за-

мещения главным образом энергией, вырабатываемой на АЭС и ГЭС.

Чтобы принять оптимальное решение в области развития отраслей топливно-энергетического комплекса, надо сравнивать технико-экономические показатели добычи, транспортировки и использования всех видов энергетических ресурсов, учитывать размещение топливных баз и потребителей энергии, их требования к качеству используемых энергоносителей и множество других факторов.

Возьмем, к примеру, уголь, почти половина мировых запасов которого находится в нашей стране.

Как показывает уже проведенный анализ, нам целесообразнее всего развивать его добычу в Экибастузе, Канско-Ачинском и Кузнецком бассейнах. В Канско-Ачинском бассейне мы сможем добывать до миллиарда тонн самого дешевого в мире угля в год.

Замечу попутно, что в соответствии с Энергетической программой в 90-х годах будет развернуто производство моторных топлив из угля. В связи с этим должны развиваться работы по газификации угля для получения так называемого синтез-газа (он потом перерабатывается в моторное топливо). Сегодня мировое производство синтез-газа составляет около 300 миллиардов м³, но пока только 7 из них производится из угля. Даже при сегодняшнем снижении мировых цен на нефть производство синтетического жидкого топлива, ставшее невыгодным, например, для США и Австралии, в Канско-Ачинском бассейне будет вполне рентабельным¹, благодаря очень небольшим издержкам производства — затраты на добычу канско-ачинского угля одни из самых низких в мире.

Что касается Кузбасса, то хотя это и довольно «старый» бассейн, но здесь разрабатывается пока лишь около одной пятой части угленосных площадей. В течение длительного времени мы тоже сможем добывать здесь очень много

¹ По мнению экспертов более чем 50 стран, собравшихся в прошлом году в Вене, уже в 1990 г. цены на нефть превысят уровень 1980 г., а к 2000 г. их рост, по сравнению с 1980 г., составит 40—50 %. Цены же на уголь (в пересчете на единицу энергии) в 2—3 раза ниже, чем на нефть, и это различие, вероятно, будет возрастать.

го дешевого угля, и к тому же при производительности труда в несколько раз выше, чем в Донбассе. Важно еще и то, что кузнецкий уголь содержит серы в 5—6 раз меньше, чем донецкий, и в 3—4 раза меньше, чем мазут. Поэтому вытеснение им донецкого угля и мазута резко улучшит экологическую обстановку. Подсчитано — кузнецкий уголь экономически целесообразно транспортировать на достаточно большие расстояния, в том числе и в европейскую часть страны.

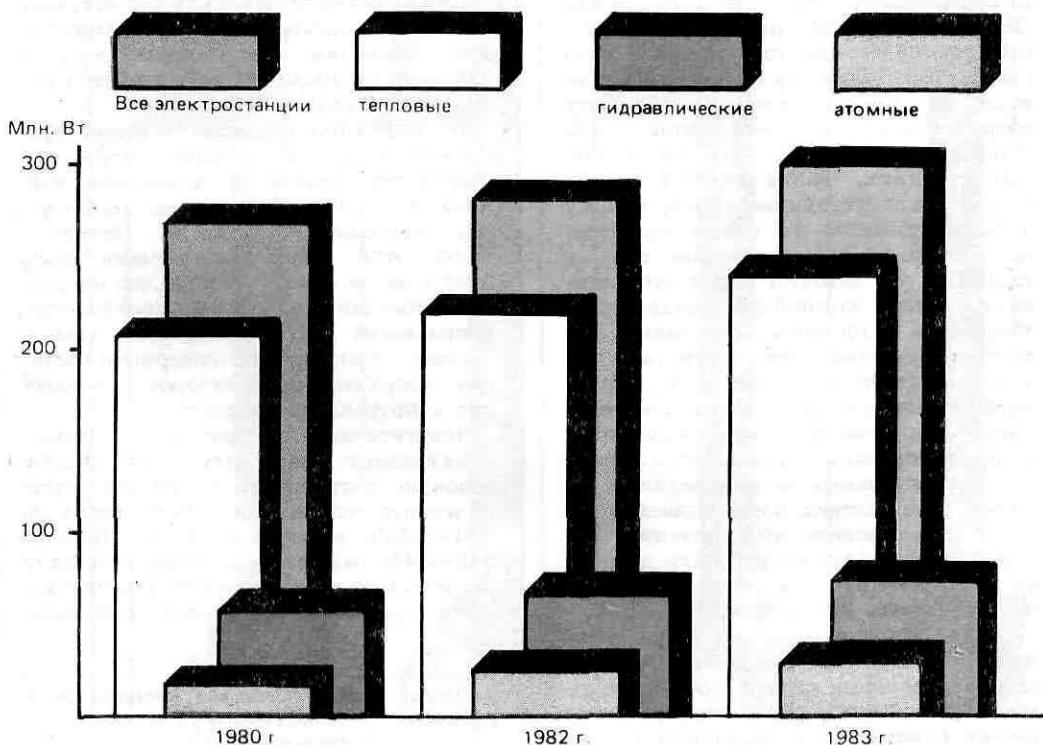
Существенную роль в повышении энергетической эффективности промышленного производства сыграет и рациональное размещение производительных сил. Так, в европейских районах страны не планируется строить новые и расширять уже действующие энергоемкие производства. Здесь и на Урале развитие промышленности пойдет, в основном, за счет улучшения использования уже имеющегося производственного потенциала, его рекон-

струкции и технического перевооружения.

Принятое в 1981 г. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов» содержит развернутую программу конкретных мер, направленных на повышение эффективности производства на интенсификацию нашей экономики.

Расчеты показывают, что в промышленности нашей страны есть немалые возможности для экономии топливно-энергетических ресурсов. Одна лишь централизация теплоснабжения на базе ТЭЦ и крупных высокоеффективных котельных может дать ежегодную экономию 50—60 миллионов тонн условного топлива. Подобная мера имеет и большое социальное значение: резко улучшаются условия труда людей, возникают более благоприятные условия для охраны окружающей среды. Половину расчетной экономии мож-

Установленная мощность электростанций СССР



но получить за счет внедрения принципиально новых и совершенствования уже действующих в промышленности технологий и оборудования: примерно от 1/4 до 1/3 — за счет более полной утилизации вторичных горючих и тепловых ресурсов, ликвидации прямых непроизводительных потерь. 1/8 — за счет организационно-технических мероприятий. Остальная же экономия должна быть достигнута за счет улучшения структуры выпускаемой продукции, улучшения качества используемых энергоносителей.

Давайте «расшифруем» хотя бы последнюю строчку из этого суховатого перечня. С семидесятых годов средняя зольность углей, сжигаемых на ТЭС, возросла на 3,9 %. А это значит, что на каждый килограмм сжигаемого топлива мы «недобираем» по 300—400 килокалорий тепла. В итоге электростанции страны теряют 3—4 миллиона киловатт мощности и перерасходуют в пересчете на условное топливо от 4 до 5 миллионов тонн. Иными словами, чтобы компенсировать ухудшение качества угля, нужно построить атомную станцию, равную по мощности Курской или Ленинградской. Но идем дальше. Несоблюдение стандартов качества угля снижает устойчивость его горения, приводит к преждевременному износу оборудования, снижает темпы роста производительности труда на тепловых станциях. Чтобы худший по качеству уголь устойчиво горел, к нему добавляют мазут (в целом по стране — около 12 миллионов тонн в год). Так что сегодня перед угольщиками стоит важнейшая задача — обеспечить стабильность состава и повысить качество поставляемого угля в соответствии с расчетными характеристиками уже работающего котельного оборудования электростанций. С другой стороны, специалисты угольной промышленности справедливо говорят: уже настала пора создавать такое энергетическое оборудование, которое будет надежно работать именно на угле того качества, который намечено добывать в будущем.

Новые условия работы ТЭС на органическом топливе, когда расширяется использование угля и снижается до минимума доля мазута, требуют решения важных межотраслевых задач.

Среди них — разработка, сооружение и освоение сверхмощных котлоагрегатов новых типов на твердом топливе со сниженными габаритами топочных устройств. Замечу, что металлоемкость первого агрегата Березовской ГРЭС на КАТЭКе — около 20 тысяч тонн, а высота — 95 метров. Но, как хорошо известно из истории техники, гигантизм — далеко не всегда синоним научно-технического прогресса.

Очень важной стороной в экономии топливно-энергетических ресурсов является повышение качества самой электрической энергии. Сегодня нередко и по частоте, и по напряжению она не соответствует требованиям ГОСТа. Ежегодные потери от этого оцениваются примерно в 2 миллиарда рублей.

Велики потери в сетях Минэнерго на пути от электростанции до потребителя: более 9 % всей вырабатываемой электроэнергии. Бессспорно, потери электроэнергии неизбежны, они заложены в самой технологии, но их величина может и должна быть значительно меньше. Расчеты, выполненные специалистами научно-исследовательских организаций, показали, что есть реальная возможность уже в ближайшие годы снизить их на 15—20 миллиардов кВт·ч в год.

Не случайно в Энергетической программе СССР на первый план выдвигаются проблемы экономии топлива и энергии именно во всех сферах народного хозяйства. Основная часть этой экономии должна быть получена за счет перехода на энергосберегающие технологии производства, сокращение материоемкости выпускаемой продукции², совершенствование оборудования, которое производит и потребляет энергию.

Энергетическая программа предусматривает уменьшить нашу общую годовую потребность в добыче органического топлива на рубеже веков на 940—1080 миллионов тонн. Причем, 540—580 миллионов тонн составят экономию за счет снижения норм расхода и других мероприятий, а осталь-

² Каждый процент снижения удельной материоемкости оборудования уменьшает его энергоемкость примерно на 1,2 %.

ные 400—500 млн. тонн планируется сэкономить замещением дефицитных видов топлива другими энергоносителями, в первую очередь, ядерной и гидроэнергетикой. Благодаря энергосберегающей политике удельная энергомощность нашего национального дохода за ближайшие двадцать лет может уменьшиться на 12—17 %.

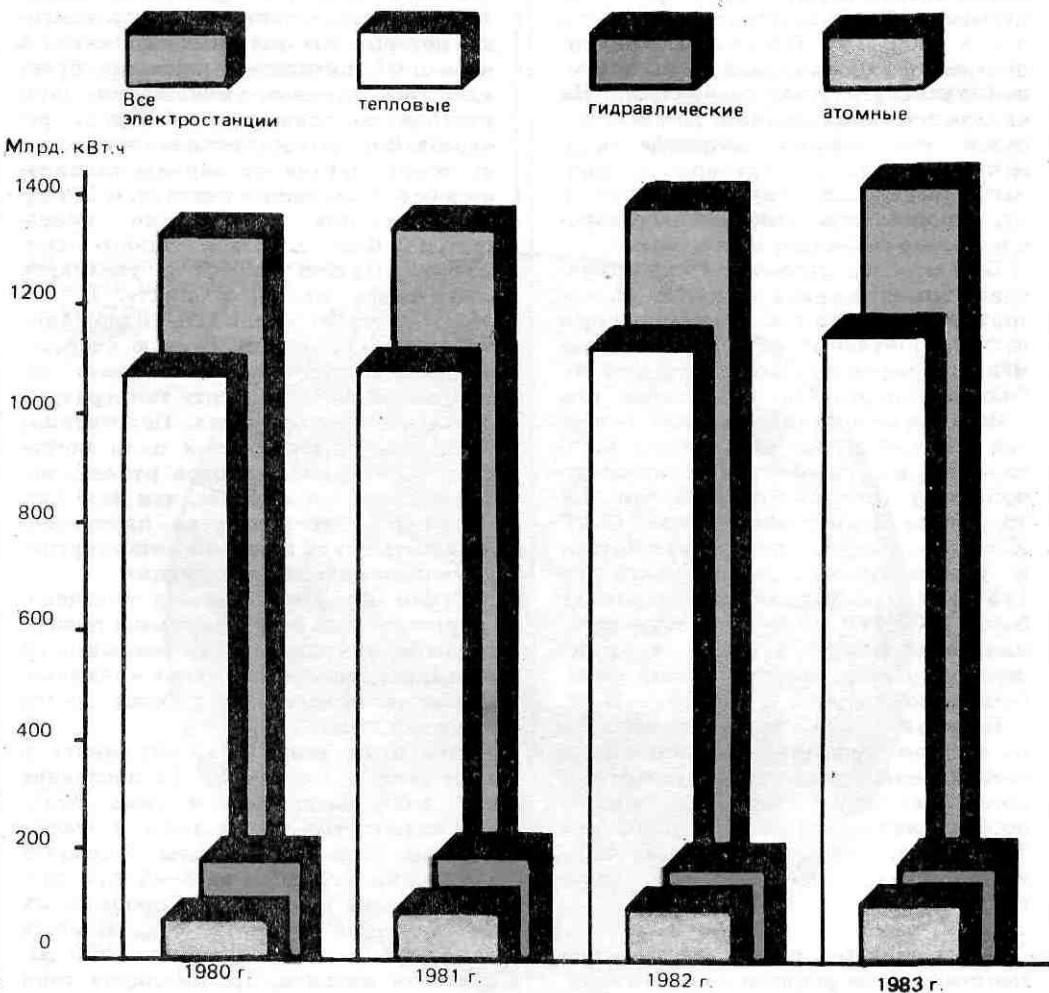
Исследования советских ученых показали, что наибольшей отдачи в ближайшие десятилетия мы должны ожидать от наиболее полного и рационального использования имеющихся производственных мощностей и материальных ресурсов. Главное здесь — решение множества межотраслевых задач уп-

равления научно-техническим прогрессом, без чего большинство наших начинаний и планов может просто остаться на бумаге.

— Вы сказали о комплексе мероприятий по экономии и более рациональному использованию топлива, электрической и тепловой энергии. Но ведь практические результаты энергосберегающей политики зависят от множества факторов, в частности, от четкости планирования...

— Разумеется, в реализации энергосберегающей политики планирование играет особую роль. В предыдущих пятилетках мы достигли значительных успехов в экономии энергоресурсов именно за счет планового осуществле-

Производство электроэнергии в СССР



ния крупнейших мероприятий. Прежде всего, надо сказать об огромной работе, по электрификации железнодорожного транспорта. С 1955 по 1980 годы объем перевозок по железным дорогам увеличился в 3,5 раза, а расход топливно-энергетических ресурсов здесь за это время сократился в 11 раз. Другими словами, только это «мероприятие» в рамках одного министерства позволило нам за четверть века сэкономить около 1,5 миллиарда тонн условного топлива.

Большую экономию энергоресурсов дал плановый переход Минэнерго СССР на оборудование с более высокими параметрами — давлением пара в 240 атмосфер и температурой в 545° С. Ощущенную экономию принес переход тепловых электростанций на энергоблоки повышенной мощности — 300, 500, 800 и 1200 МВт. Немало мы получили и за счет централизации жилищно-коммунального теплоснабжения. На автотранспорте экономия достигалась путем эксплуатации автомобилей с меньшими удельными расходами горючего, дизелизации грузового автопарка, строительства современных дорог с асфальто-бетонным покрытием.

Большое народнохозяйственное значение имеет переход с нефтяных моторных топлив на газ. Уже сейчас проводится широкомасштабный эксперимент по переводу городского автомобильного парка на природный газ.

Задания по экономии топлива и энергии в нашей стране включаются в пятилетние и годовые планы экономического и социального развития. На VI сессии Верховного Совета СССР X созыва был, например, рассмотрен и утвержден пятилетний план на 1981—85 годы. Мы должны сэкономить более 160—170 миллионов тонн органического топлива в условном исчислении (с учетом электроэнергии, выбрасываемой на АЭС и ГЭС).

Начиная с 1982 года мероприятия по энергосбережению утверждаются в специальном разделе Государственного плана экономического и социального развития страны. В плане на XII пятилетку вопросы энергосбережения будут отражены еще более подробно.

Что является, так сказать, «инструментом» в деле рационального исполь-

зования топливно-энергетических ресурсов?

Прежде всего — система норм и нормативов. Большую часть потребляемого в стране топлива и энергии министерства и ведомства получают в соответствии с нормами, утвержденными Госпланом СССР. На производство наиболее энергоемких видов продукции (например, выплавка чугуна или получение алюминия) эти нормы утверждаются Советом Министров СССР. Естественно, что нормативы расхода топлива и энергии устанавливаются и на производство единицы любой другой продукции.

Нормы расхода энергоресурсов — не есть нечто застывшее, неизменное. Они регулярно пересматриваются, но только в сторону снижения. Из 160—170 миллионов тонн условного топлива, которые мы должны сэкономить в нынешней пятилетке, половина будет «добыта» за счет уменьшения норм расхода топливно-энергетических ресурсов. Вот пример. Сегодня на выплавку тонны чугуна по нормам расходуется 638 кг условного топлива. К 1990 г. эта величина значительно уменьшится. Как добиться такого снижения? Нужно на 0,5 % увеличить содержание железа в шихте. А для этого — на 10 % снизить содержание мелочи в агломерате. В свою очередь, изменение структуры агломерата потребует на 20 % повысить температуру плавления в доменных печах. Подсчитано: путь к достижению этой цели потребует 1,5—2,0 миллиардов рублей, которые окупятся не более, чем за 6 лет. Попутно будет повышена производительность труда в черной металлургии, улучшено качество продукции.

Таким образом, экономия топливно-энергетических ресурсов самым тесным образом увязывается с реализацией новейших достижений науки и техники. Без этого намеченные рубежи просто недостижимы.

Еще один важный «инструмент» в этом деле — стандарты. За последние три года было пересмотрено более 800 стандартов на машины и оборудование. Цель такой работы — снизить вес машин в среднем на 3—5 %, а расход топлива и энергии в процессе их эксплуатации — на 4—5 %. В итоге мы будем ежегодно экономить 250 тысяч тонн металла, 1,2 миллиона тонн

условного топлива, свыше 500 миллионов киловатт-часов электроэнергии.

Уже утверждена «Программа нормативно-технического и метрологического обеспечения повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов». Она предусматривает пересмотр и разработку около 2000 нормативно-технических документов.

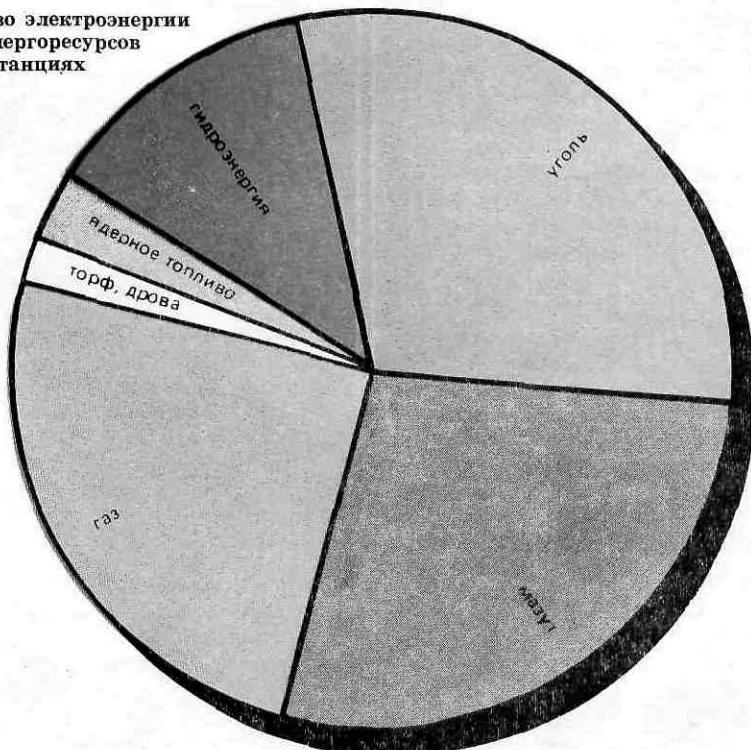
Естественно, что в деле энергосбережения нельзя обойтись и без материальных стимулов. В нашей стране действует система премирования рабочих и инженерно-технических работников за экономию топлива, электрической и тепловой энергии сверх установленных норм, а также за перевыполнение заданий по использованию вторичных энергетических ресурсов. Эта система распространяется на предприятия всех без исключения отраслей народного хозяйства.

И конечно же, важное место в деле рационального использования топливно-энергетических ресурсов занимает система контроля. Сегодня контроль за рациональным использовани-

ем электрической и тепловой энергии ведет Главное управление Государственного энергетического контроля Министерства энергетики и электрификации СССР (Главэнергонадзор). В связи с возросшей ролью природного газа в топливном балансе страны образован Государственный газовый надзор (Главгосгазнадзор). В структуре Госснаба СССР также есть контролирующие органы по использованию минеральных ресурсов. Вся эта работа координируется Межведомственной комиссией по экономии и рациональному использованию материальных ресурсов, которую возглавляет заместитель Председателя Совета Министров СССР. Комиссия руководит аналогичными республиканскими, краевыми, областными и ведомственными органами, а также инспекциями.

Одним словом, работа, по экономии энергетических ресурсов планомерно ведется на всех уровнях управления народным хозяйством нашей страны.

Производство электроэнергии по видам энергоресурсов на электростанциях
Минэнерго
СССР



НА СЛЕДУЮЩИЙ ДЕНЬ

Анатолий ЛЕПИХОВ

...И уже на пределах ума
Содрогаются атомы,
Белым вихрем взметая дома.

Николай Заболоцкий.



Эпиграф, предпосланный этой статье, — не просто поэтическая метафора и уже не только отклик поэта на трагедию Хиросимы и Нагасаки. В наши дни эти строки звучат по-иному, чем тогда, когда были написаны. Они призывают всех нас задуматься о судьбах человечества, которому грозит исчезновение с лица земли, если по-прежнему будет продолжаться безудержная гонка вооружений, осознать, что ядерная война — не орудие политики, а безумие...

НАУЧНО ОБОСНОВАННАЯ ТРЕВОГА

Ученые социалистических и капиталистических стран, исследователи самых разных специальностей — физики, химики, математики, медики, биологи, экологи, геофизики — прилагают усилия, чтобы предупредить мир о страшных последствиях, которые принесла бы с собой ядерная война. С помощью моделей, просчитанных на ЭВМ, они пытаются с предельной точностью предсказать долгосрочные последствия ядерной катастрофы.

Вот уже более двух лет они встречаются в различных городах планеты, где обмениваются результатами все новых и новых исследований. Только в прошлом году состоялись международные конференции и симпозиумы в США, Италии, Финляндии, Швеции, Индии.

На проходившей в октябре—ноябре прошлого года в Вашингтоне конференции «Мир после ядерной войны» советские и американские ученые представили результаты, проведенных независимо друг от друга, исследований, приведших к одному и тому же конечному выводу: ядерная война любого масштаба означала бы или полное исчезновение человечества, или его деградацию к доисторическому уровню.

На публичном форуме в Конгрессе США, состоявшемся в декабре 1983 года, выступал вице-президент АН СССР, председатель Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы академик Е. П. Велихов. Вот, в нескольких словах, его точка зрения: «Наши знания о характере и масштабах возможной катастрофы далеко не полны. Может быть, самое сильное подтверждение этому — исследования последнего периода, позволяющие точно утверждать: косвенные последствия ядерной войны, остававшиеся, как правило, за скобками, рассматривавшиеся десятилетиями как не оп-

ределяющие в общей картине последствий, на деле не менее грозны, чем последствия прямые, известные всем нам со времен Хиросимы и Нагасаки».

Еще на одной встрече, в Сан-Франциско, были заслушаны сообщения ученых, принимавших участие в работе СКОПЕ — научной комиссии по проблемам окружающей среды в Стокгольме. СКОПЕ, являющаяся частью Международного Совета научных союзов, проводит двухгодичное исследование, которое завершится в 1985 году. Его цель — создание научно обоснованной, реалистической модели последствий ядерной войны. Председателем руководящего комитета этой исследовательской группы является член Лондонского Королевского общества сэр Фредерик Уорнер.

Один из семинаров, организованных СКОПЕ, проходил в мае прошлого года в Ленинграде. На нем собрались видные специалисты различных научных центров Австралии, Великобритании, Испании, СССР, США, Франции, ФРГ, Швеции, Японии. Ученые обсуждали климатические последствия ядерной катастрофы, ее возможное воздействие на биосферу.

Все происходило так, как это обычно бывает на научных семинарах. Однако, сухие, без тени эмоциональности, выступления исследователей, демонстрирующих результаты расчетов на современных ЭВМ, поразили слушателей.

Конечный результат этих расчетов — графики, схемы, колонки цифр.

Но за ними — модели нашего с вами будущего, сценарии того, что произойдет с человечеством, с тысячелетними цивилизациями, если разразится термоядерная война.

«СЦЕНАРИЙ БУДУЩЕГО»

Из каких же посылок исходили ученые? Прежде всего, из общей величины накопленных к нынешнему дню ядерных боеприпасов. Сегодня суммарная мощность ядерных боеголовок оценивается почти в 25 тысяч мегатонн. Далее, они предполагали, что никакой «микроядерной» войны быть не может. И если это оружие будет применено, то взорвется пять—семь—десять тысяч мегатонн.

Советские исследователи при изучении климатических последствий ядерной войны использовали трехмерную гидродинамическую модель климата. Вычисления проводились с учетом среднегодовой ин-

соляции при мгновенном изменении оптических характеристик атмосферы Северного полушария (севернее 12°), вызванном выбросами мелкодисперсной пыли и сажи. Были рассмотрены два «предельных» сценария возможных последствий войны, характеризующихся, соответственно, суммарной мощностью взрывов в 10 000 и 100 мегатонн.

Наземные взрывы большой мощности, наносимые для уничтожения ракетных шахт, центров управления, военных баз, будут испарять, плавить и распылять грунт. В верхних слоях тропосфера и в стратосфере окажется большое количество мельчайшей пыли. Черный маслянистый дым, который образуется при городских пожарах, тоже попадет в тропосферу. Начнутся и огромные лесные пожары на площадях до ста тысяч квадратных километров. Бесстрастными компьютерами уже подсчитано, что около половины человечества погибнет или пострадает от ударной и световой волн, радиации и пожаров, то есть от прямых воздействий ядерных взрывов.

Все сказанное — известно. Но ученые, приехавшие в Ленинград, собрались не только для того, чтобы еще раз напомнить людям об этих грозных опасностях. Сегодня, к сожалению, выяснилось, что, по мнению ряда ученых, общая картина «постядерной» Земли будет еще мрачнее. Растет понимание того, что геофизические последствия ядерной войны будут значительно сильнее прямого воздействия ядерного оружия. В их списке первое место занимают метеорологические и климатические последствия — катастрофические изменения свойств окружающей среды, которые начнутся через несколько дней после ядерного конфликта и охватят весь земной шар.

Вот резюме выступления на семинаре советского исследователя Владимира Александрова. Он сказал, что главным климатическим эффектом будет резкое, исключительно сильное охлаждение воздуха над континентами. Падение температуры вызывается сильным загрязнением атмосферы пылью после ядерных бомбардировок и особенно сажей, выделяющейся при пожарах, стирающих с лица Земли города, промышленные комплексы, уничтожающих запасы топлива, истребляющих леса.

Каким же будет понижение температуры? В. Александров считает, что на северо-востоке США она упадет ниже

обычного уровня на 40 °С, над Аляской — на 35 °С, в районе Европы — на 50 °С. Похолодание затронет не только средние широты, но также тропический пояс и даже Южное полушарие. Так, падение температуры над Аравийским полуостровом достигнет 51 °С, а в Центральной Америке — 22 °С.

Почему это произойдет? Дело в том, что если атмосфера Северного полушария значительно загрязнится, то, естественно, изменится ее температура. Следствием будет перестройка движения атмосферных потоков. А значит и атмосфера Южного полушария, по мнению ряда ученых, также будет загрязняться пылью и сажей, что почти немедленно приведет к охлаждению воздуха. Заметим попутно, что выводы советских ученых качественно совпадают с американскими исследованиями последствий ядерной войны, проведенными группой профессора К. Сагана и в Ливерморской лаборатории. В своей работе «Ядерная война и климатическая катастрофа», опубликованной в журнале «Форин афферс», К. Саган писал, что быть может, самый поразительный и неожиданный вывод состоит в том, что даже сравнительно небольшая ядерная война, если она направлена против городов, может иметь разрушительные последствия для климата. Можно приблизительно обозначить порог, за которым возникают такие последствия: несколько сотен ядерных взрывов над городами — в тропосферу попадет много дыма — или 2—3 тысячи взрывов большой мощности вблизи поверхности земли, наносимых, например, для уничтожения ракетных шахт; в этом случае образуется много пыли и попутно возникают пожары. Пока этот порог не перейден, — говорит К. Саган, — мельчайшие частицы, попадающие в атмосферу, будут давать относительно небольшие эффекты. За этой чертой они становятся значительно опаснее.

Но давайте посмотрим, к каким еще последствиям, по расчетам, которые приводились на семинаре, приведет загрязнение атмосферы. Прежде всего, она будет нагреваться сильнее, чем сегодня. И нагреваться весьма своеобразным образом: небо как бы «вывернется» наизнанку. Температура будет возрастать от аномально низкой у поверхности суши до высокой — до 100 °С — на высотах 10—12 километров. В силу этого атмосфера приобретет состояние так называемой

сверхустойчивости, когда вертикальное перемешивание воздушных потоков, а значит и перенос водяного пара будут сильно подавлены. Следствия такого физического состояния атмосферы хорошо «просматриваются»: изменится гидрологический цикл атмосферы и над континентами начнутся жестокие засухи.

Несколько иная картина — считают участники ленинградского семинара, — будет наблюдаться над океанами. Из-за своей колossalной термической инерции они будут охлаждаться гораздо медленнее, чем континенты. Расчеты, сделанные на ЭВМ, показывают, что через 10 месяцев среднее уменьшение температуры поверхности океанов составит всего лишь 1,2 °С. Воздух над ними охладится всего на несколько градусов. Но и этого будет достаточно, чтобы в течение нескольких месяцев господствовали густые туманы. А так как температурный перепад между сушей и медленно остывающим Мировым океаном станет огромным, то неизбежно возникнут жесточайшие ураганы, которые — независимо от времени года — будут засыпать снегом широкую прибрежную полосу. Сами прибрежные воды уже не смогут служить источником пищи из-за штормов, губительных излучений и поражения рыбы радиоактивными веществами.

Ядерная «зима» внутри континентов, по мнению ряда ученых, выглядит совсем по-иному. Осадков здесь практически не будет, почва промерзнет примерно на один метр, урожай сельскохозяйственных культур погибнет, а животные, если они переживут холод, умрут от жажды, так как вода, в основном, замерзнет. Добавим, что леса — основной источник кислорода на Земле — погибнут, так как не смогут переносить резкие колебания температуры и освещенности. Вместе с ними с лица земли исчезнут основные массы растений и животных, а биосфера останется без основного источника кислорода.

Но трагедия на этом не закончится. Через несколько месяцев (по одному из сценариев — через восемь) после ядерного конфликта атмосфера над крупнейшими горными массивами — Тибетом, Кордильерами, Андами, где находится огромное большинство ледников и гигантский снежный покров — настолько разогреется, что могут начаться наводнения континентального масштаба. Произойдет небывалое — потопы при жесточайших морозах на континентах.

Ученые, собравшиеся в Ленинграде, подсчитали, что эффекты, о которых шла речь, возникают практически при любом сценарии ядерной войны. В случае глобального ядерного конфликта в Северном полушарии его климатические последствия проявятся здесь почти немедленно, а в Южном — спустя две-три недели. Если в любой точке земного шара разразится даже локальный ядерный конфликт, то механизм общей циркуляции приведет к загрязнению всей атмосферы в течение одного-двух месяцев.

УЧЕНЫЕ ДЕЙСТВУЮТ

Вот какова, в общих чертах, «цена» диаграмм, схем и колонок сухих цифр, которые демонстрировали специалисты разных стран на ленинградском семинаре. Предоставим слово некоторым из них.

Член-корреспондент АН СССР Н. Н. Моисеев (СССР): Ядерная война, действительно, может начаться с относительно небольших ударов. Однако она неминуемо вызовет их непрерывную эскалацию. В результате этого, размеры ядерных ударов могут достигнуть непредсказуемых величин. Но самое важное заключается в том, что даже очень небольших количеств ядерного взрывчатого вещества «надлежащим образом распределенного» по территории земного шара, достаточно, чтобы уничтожить человечество.

Ф. Уорнер (Великобритания), член Лондонского Королевского общества: После того, как наши мнения будут окончательно проверены и сформулированы, мы намереваемся изложить их перед мировой общественностью, которая ждет от нас окончательного ответа: что же будет с планетой, если ядерная катастрофа все же произойдет? Работа, которую мы провели в Ленинграде, делает научные выводы более доказательными. Если же говорить только о последствиях термо-ядерных взрывов для климата Земли, то уже сегодня очевидно — ядерное столкновение было бы катастрофой для человечества.

Сегодня военное могущество любой страны базируется на работах ученых. Именно их трудом была создана атомная бомба. Ныне же политики используют научные достижения для взаимоустрошения, для достижения политических выгод. Но все, что делается с учетом старых взглядов на войны, в ядерный век абсолютно бессмысленно и неоправданно.

Доказать абсурдность идеи ядерного превосходства — одна из задач наших взаимных встреч. Ученый сегодня не имеет права быть сторонним наблюдателем происходящего противостояния тех, кто размахивает ядерной дубинкой, и тех, кто пытается отнять у них право убить все живое на земле.

Профессор П. Крутцен (ФРГ): Когда мы с профессором Берксом из Колорадского университета начали изучать последствия влияния ядерных взрывов на озоновый слой, то неожиданно выявились новые, совершенно до того неизвестные моменты. Самыми главными будут последствия земных пожаров. Выбросы от них существенно затруднят поступление солнечной энергии на землю; это приведет к тому, что уже называется «ядерной зимой». Вторым важным открытием для нас было отсутствие упоминаний о последствиях крупных пожаров. Их изучением не занимался никто, даже те, кто планировали ведение ядерной войны и утверждали, что после нее можно выжить. Естественно, напрашивался простой вывод: стратегам попросту не были нужны такие оценки или же они от такой информации сознательно отмахивались.

Давайте не будем кривить душой. Сегодня на пути к нашему будущему — множество препятствий. Но если человечество так же дружно, как оно хочет сейчас решить проблему гонки ядерных вооружений, взялось бы за их преодоление, то мы значительно продвинулись бы вперед в вопросах взаимопонимания и доверия. Здесь, на мой взгляд, — ахиллесова пятна конфронтации. И кое-кто этим слишком часто пользуется в своих эгоистических интересах. Но все-таки задавать вопросы о будущем надо сегодня, как надо пробовать и решать их.

Профессор Т. Меллоун (США): Сегодня примерно четверть ученых земного шара направляет свой талант на совершенствование оружия массового уничтожения. И тем не менее, именно научное сообщество дает единственную в своем роде возможность для установления и укрепления естественного взаимопонимания между народами. Моя уверенность основана на том, что ученым, задающим природе вопросы, которые проис текают из сущности вещей, а не из мнения политиков, легче понять друг друга, чем представители любой иной социальной группы. Поэтому ученые, являющиеся к тому же самой информированной частью насе-

ления, несут гораздо большую ответственность за будущее, чем любой другой человек. Они должны советоваться друг с другом, обмениваться информацией, рассказывать своим коллегам и массам о последствиях неправильного использования знаний, которые наука дала в руки общества.

Мы собрались в Ленинграде, чтобы обсудить страшные последствия ядерной войны. Конечной целью нашей работы является подготовка строго научного доклада. Одновременно с ним планируем выпустить популярную книгу, понятную человеку, не являющемуся ученым. Мы ожидаем, что она будет переведена на много языков. Распространение достоверной информации о ядерной войне мы считаем важной частью своей деятельности. И вот почему. В нашем представлении проблема последствий ядерного конфликта вначале выглядела так, словно касалась только США и СССР.

Но я был в Индии и ученые из индийской Академии наук говорили мне о серьезности последствий ядерной войны для этой семисотмиллионной страны, хотя она находится далеко от СССР и США.

Думаю, осознание факта, что в случае ядерного конфликта никто не сможет остаться в стороне, что последствия взрывов затронут всех, окажет огромное влияние на формирование нашего мировоззрения.

ПОДВОДЯ ИТОГИ

Прошло несколько месяцев с момента ленинградского семинара СКОПЕ. Ученые разных стран продолжают работу, доводя до полной достоверности каждое свое утверждение.

Но уже бесспорно главное. Масштабы предсказанного ими возможного бедствия — реальны.

А коль скоро это так, то все усилия деятелей науки должны быть направлены на борьбу за предотвращение ядерной катастрофы, создание достоверной, научно обоснованной картины опасностей, подстерегающих нас, обеспечение точной информацией самых широких кругов общественности.

Никто лучше ученых, — говорит председатель Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы академик Е. П. Велихов, — не в состоянии понять и объяснить другим, чем грозил бы человечеству поднявшийся ядерный меч.

Есть ли сегодня необходимость в таком понимании и объяснении? Да. И прежде всего потому, что в США и странах НАТО все активнее форсируют количественную и, что еще опаснее, качественную гонку вооружений. Американцев уверяют, что президент Рейган, отказывающийся поддержать советское предложение о неприменении ядерного оружия первыми, не только не думает о первом ударе, но даже знает способ вообще предотвратить ядерную угрозу. Им, якобы, является создание так называемых космических противоракетных систем. Исследовательская работа, проведенная сотрудниками нашего Комитета, позволила сформировать предельно ясные выводы: разработка и создание Соединенными Штатами противоракетных космических систем резко подхлестнет гонку вооружений, в том числе и в космосе. А в конечном итоге, после астрономических затрат, исчисляющихся сотнями миллиардов долларов, уровень безопасности США не увеличится, а уменьшится. Именно такой будет цена нового витка гонки вооружений.

Первостепенное внимание советские ученыые уделяют проблеме долгосрочных последствий ядерной войны, в том числе и тех, что могут коснуться развивающихся стран. В рамках Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы мы занимаемся изучением проблем количественного и качественного замораживания ядерных вооружений, предотвращения случайного возникновения ядерной войны, всеобщей безопасности в современном мире.

Большое значение мы придаем контактам с зарубежными учеными, проведению различного рода встреч, «круглых столов», дискуссий, конференций. В конце года думаем провести в Москве большую конференцию, где подведем итоги своей работы по проблеме последствий ядерной войны. Результаты этих исследований, как мы надеемся, будут опубликованы в специальной «Белой книге». Мы живем в непростое время, но я уверен, что, объединившись, сможем заставить отступить призрак ядерной катастрофы.

ИНФОРМАЦИЯ

ДЛЯ ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ

Производственное объединение РЭЗ приступило к серийному выпуску комплексов электрооборудования для новых пригородных электропоездов «ЭР-2Р». Каждый комплект состоит из тягового двигателя мощностью 225 кВт, преобразователя, а также различной электроаппаратуры для вагонов.

Эта продукция имеет одну особенность, дающую «ЭР-2Р» существенные преимущества перед его предшественником «ЭР-2»: при торможении поезда возвращается от 10 до 18 % затраченной на тягу электроэнергии. В следующем году

предприятие планирует выпустить 30 комплектов нового электрооборудования.

*«Советская Латвия»,
11.11.1984*

«УРАГАН» ОЧИЩАЕТ ГАЗОПРОВОДЫ

Значительному повышению пропускной способности магистральных трубопроводов большого диаметра способствует оригинальный способ их очистки, предложенный учеными и инженерами Харькова.

Обычно на стенах труб действующей магистрали постепенно образуются кристаллические, маслянистые и другие отложения, осложняющие бесперебойную поставку газа. Для их удаления внутрь стальной артерии помещают массивный пор-

шень, который, перемещаясь под напором транспортируемого газа, своим корпусом «выгребает» частицы, засоряющие канал трубопровода.

Поршень, разработанный нашим коллективом, в отличие от прежних, расчищает трубопровод струей газа, которая вырывается из реактивного сопла со сверхзвуковой скоростью, — говорит заведующий отделом института УкрНИИгаз И. И. Капцов. — Это помогает чисто «подметать» транспортную артерию, не нарушая ее рабочего режима. Снаряд, получивший название «Ураган», движется по трубопроводу почти без задержек — в несколько раз быстрее обычного — со скоростью до 50 км/ч.

*«Социалистический Донбасс»,
20.10.1984*

КОЛЬЧУГА ИЗ «БУЛАТА»

Ю. Б. ЛАПИН

Американские бизнесмены преуспели в мастерстве рекламы. И сколько бы ни иронизировали над их умением всучить любому любой товар (поговаривают — вплоть до холодильников эскимосам), когда дело доходит до действительно стоящих вещей, они не преминут найти и точные, и нужные слова. Фирма «Малти-Арк», которая приобрела лицензию на право выпуска советской установки «Булат» и производство инструментов с покрытием, предложила изданному ею проспекту такие определения:

«Это — не просто усовершенствование. Это — технологическая революция. Это — технология завтрашнего дня для сегодняшней продукции».

Что и говорить, похвала сильного конкурента вдвойне приятна, а тем более такого, чьи успехи в технологии неоспоримы.

«Булат» — детище одной из лабораторий Харьковского физико-технического института АН Украинской ССР (ХФТИ). Институт этот, созданный более полувека назад, с первых лет своего существования стал центром физической науки. Здесь впервые в стране было осуществлено расщепление атомного ядра.

Институт вел пионерные исследования по получению и использованию жидкого гелия и водорода. Здесь была построена первая отечественная радиолокационная установка, был создан самый крупный в Европе электростатический генератор. Работы по ядерному парамагнетизму в твердом водороде положили начало изучению парамагнитного резонанса в твердых телах.

Уникальные ускорители, высочайший уровень вакуумной техники, сверхчистые металлы и сплавы, исследования физических свойств и способов удержания плазмы — вот что такое харьковский

физтех! Добавим: мировое признание заслуживали теоретики института, которыми несколько лет руководил Л. Д. Ландау. Здесь часто бывал и работал И. В. Курчатов.

При организации института академик А. Ф. Иоффе, по инициативе которого создавался ХФТИ, писал:

«Мне представляется, что институт должен быть связан с промышленностью... Задача нового института, кроме того, чтобы делать хорошие работы по физике, будет: помогать промышленности своим знанием и опытом, методами и самому чернить из промышленности тематику и методы для работы».

Уже первое положение о деятельности Харьковского физико-технического института предусматривало в числе задач «проведение исследований в разных областях теоретической и прикладной физики и обслуживание промышленности в отношении физико-технических исследований и испытаний, а также консультаций по этим вопросам».

Такова предыстория. А теперь о главном действующем лице — «Булате».

В последние годы быстрыми темпами развивается физика плазмы. Сегодня эта область науки активно вторгается в астрофизику, гидродинамику и электродинамику, в физику твердого тела. И почти одновременно фундаментальные исследования четвертого состояния вещества привели к созданию нового прикладного направления — плазменной технологии.

Всего на один час помещают в камеру установки металорежущие инструменты... и они выходят оттуда, покрыты тончайшей, золотистой, толщиной всего в несколько микрон, пленкой. И повышается прочность инструмента, улучшается его износостойкость, снижается коэффициент трения с обрабатываемым метал-

лом, поверхность инструмента становится химически более инертной и т. д.

Создание на инструментах и деталях машин защитных покрытий — далеко не новость. Действием азота или аммиака на металлы (алюминий, вольфрам, титан и др.) получают нитридные покрытия — твердые, прочные, коррозионностойкие. Аналогичными свойствами обладают карбиды, окислы переходных металлов, тонкий слой которых также стали наносить на поверхность различными методами.

Но есть весьма существенное обстоятельство, из-за которого во многих случаях неприменимы эти известные способы для упрочнения многих деталей, особенно инструментов. Дело в том, что и нитриды, и карбиды, и окислы переходных металлов синтезируются с помощью этих способов при достаточно высоких температурах. К примеру, покрытие на основе карбида титана осаждается на поверхности при 1100 °C. Такая технология применима для упрочнения твердых сплавов. Тысячу градусов и более способны выдержать «без ущерба» лишь твердые сплавы. Обычная сталь приходит в негодность: вместо упрочнения происходит обратное — разупрочнение.

Вакуумно-плазменная технология рассчитана не только на прочные сплавы, но и на стандартные конструкционные и инструментальные стали.

Вернемся снова к «Булату». В нижней его части, под камерой, расположен вакуумный насос. Он выкачивает из камеры воздух, обеспечивая вакуум не ниже, чем 10⁻⁵ мм рт. ст. В камеру затем подается химически активный газ, например, азот. Под тремя коническими выступами — плазменные ускорители.

Итак, металлургические изделия, которым предстоит пройти обработку с целью упрочнения их поверхности, помещены в камеру. Включается «Булат». В плазменных ускорителях зажигается вакуумная дуга. Создается поток металлической плазмы — например, плазмы титана. Ионы плазмы металла, созданной ускорителями, обладают высокими скоростями, а молекулы газа в вакуумно-дуговом разряде оказываются в высоко возбужденном состоянии.

При одновременной бомбардировке обрабатываемой поверхности высокоскоростными ионами металла и возбужденными молекулами газа на поверхности обрабатываемого изделия начинает формироваться химическое соединение, причем при

относительно низкой температуре, не превышающей 300 °C. Например, это может быть нитрид титана (если ускорителем генерируется плазма титана, а в камере — азот). По твердости полученное покрытие уступает только алмазу и превосходит рубин.

Изделие, прошедшее обработку, оказывается как бы одетым в золотистую кольчугу — надежную, прочную и к тому же весьма красивую. Лабораторные анализы подтверждают: показатели полученных покрытий выше всяких похвал.

Много лет в ХФТИ ведутся исследования по физике плазмы. Накопленный опыт в рамках проблемы управляемого термоядерного синтеза и изучение свойств вакуумных дуг привели к развитию важного в практическом отношении направления. Осаждение веществ в вакууме при конденсации высокоскоростных плазменных потоков было использовано в технологических процессах нанесения различных износостойких покрытий. Расчеты свидетельствуют о высокой экономической эффективности использования «Булаты». Он дает более, чем двукратное уменьшение расхода инструментальных материалов и повышает производительность труда.

Экономические показатели эксплуатации способствуют, естественно, широкому внедрению новой технологии в промышленности. Институт оказывает постоянную консультационную помощь заводам.

Покрытия на основе нитридов титана уже обеспечили значительное увеличение стойкости инструментов. С ростом толщины покрытия стойкость инструмента возрастает, но при этом увеличивается хрупкость верхнего слоя. Поэтому созданы многослойные покрытия, где переход от одного слоя к другому сопровождается образованием промежуточных составов. Стойкость резцов еще более увеличилась. Особенно большого эффекта можно достичь при упрочнении многоголовых инструментов — фрез, сверл, метчиков, разверток и фасонных резцов. Новый способ перспективен и для упрочнения деталей различных машин. Использование плазменной обработки материалов открывает широкие возможности для решения и других технологических задач.

Вот почему есть все основания считать, что технология эта получит в ближайшем будущем самое широкое распространение.

Кандидат технических наук
С. В. ЧЕКАЛИН



Рисунки В. Киреева

Энергетика и транспорт —
две тесно связанные и постоянно
развивающиеся отрасли
хозяйственной деятельности человека.

Особенно важна их роль
в космонавтике. Решение
крупномасштабных задач в космосе
в настоящее время сдерживается
потребностью в больших
энергозатратах и ограниченными
возможностями космического
транспорта. В то же время освоение

космического пространства
сулит возможность утилизации
солнечной энергии на орбите. Это
позволит существенно сократить
расход топливно-энергетических
ресурсов нашей планеты
и усовершенствовать транспортные
космические системы (ТКС). Большое
влияние на облик космического
транспорта будущего могут
оказать и новые источники энергии,
которые осваиваются на Земле.

ПРЕДВИДЕНИЕ ЦИОЛКОВСКОГО

Потребление энергии на Земле постоянно растет и в развитых странах удваивается каждые 10—15 лет. В основном оно обеспечивается за счет нефти, угля и газа, и хотя запасы их на Земле еще велики, они все же конечны (например, сроки обеспеченности добычи нефти и природного газа по многим капиталистическим странам составляют 40—50 лет).

Если бы все человечество потребляло на душу населения столько энергии, сколько расходуется в развитых странах, то мировое потребление энергии утроилось бы. Но при производстве такого количества энергии в наземных условиях возникает опасность необратимых воздействий на климат планеты вследствие «теплового загрязнения».

В ближайшие десятилетия энергетическую проблему предполагается решать за счет перехода к атомным электростанциям. Если сейчас они обеспечивают только 2 % мирового энергетического баланса, то к 2000 году предполагается, что на их долю будет приходиться 50 % производимой электроэнергии. Радиоактивные отходы можно «захоронить», выведя их с помощью ТКС в дальний космос.

И все же заманчива перспектива непосредственного использования солнечной энергии. Ведь и запасы урана на Земле ограничены, а мировое потребление энергии в год в настоящее время составляет лишь около 0,01 % той энергии, которую Земля получает от Солнца. Остается только удивляться гениальной прозорливости К. Э. Циолковского, который писал: «... почти вся энергия Солнца пропадает в настоящее время бесполезной для человечества... Что странного в идее воспользоваться этой энергией?»

Стремление решить энергетическую проблему Земли, сохранив экологическое равновесие на нашей планете, с учетом успехов, достигнутых современной космонавтикой, приводит к идеи создания спутниковых солнечных электростанций (ССЭ).

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА ОРБИТЕ

Утилизация солнечной энергии в космическом пространстве имеет принципиальные преимущества по сравнению

с ее улавливанием наземными установками. На Земле интенсивность солнечной радиации существенно зависит от широты места, погодных условий, колеблется в течение года и суток. В космосе же возможен непрерывный процесс производства энергии при неизменной интенсивности солнечной радиации. Вследствие этого, ССЭ за 24 часа могут собрать в 6—15 раз больше солнечной энергии, чем наземные установки.

Проектный облик ССЭ на геостационарной орбите в основном определен. Она представляет собой развернутую крупногабаритную конструкцию, основным элементом которой служат солнечные батареи. Вырабатываемый электрический ток преобразуется в сверхвысокочастотное излучение (СВЧ-излучение), передаваемое на Землю, где происходит обратное преобразование СВЧ-излучения в электрический ток требуемых параметров.

По своим масштабам ССЭ — грандиозное сооружение. При полезной мощности 5 ГВт размеры солнечных коллекторов составляют $5 \times 10 \text{ km}^2$, а масса ССЭ на рабочей орбите оценивается от 20 до 60 тыс. т в зависимости от конструктивного совершенства энергостанции и системы направленной передачи энергии из космоса на Землю. По некоторым расчетам для сборки ССЭ в космосе с применением автоматизированных методов потребуется около 500 человек в течение 6—12 месяцев. Специалисты считают, что уже в первые десятилетия будущего века можно развернуть в космосе такую штатную ССЭ для электроснабжения Земли.

Вопрос: «Насколько это необходимо?» упирается в экономические показатели ССЭ. При современном уровне технологии удельные затраты на производство электроэнергии с помощью ССЭ еще значительно превышают стоимость одного киловатт-часа энергии, получаемой на тепловой или атомной электростанциях. Требуется найти способы существенного снижения массы ССЭ, а также на качественно новом уровне решить транспортные задачи.

Прогнозы в области смежных отраслей ракетно-космической техники позволяют надеяться на снижение массы и стоимости космической электростанции. Так, за последние 20 лет удельная масса солнечных батарей снизилась в 18 раз, а стоимость — в 20 раз. При переходе на тонкопленочные батареи их массу можно снизить в 50 раз при дальнейшем уменьшении

нии стоимости. Изменяются требования и к транспортным космическим системам будущего.

КАКИМ ДОЛЖЕН СТАТЬ КОСМИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ?

Предполагается, что развертываемые в космосе крупногабаритные конструкции будут состоять из большого числа однотипных элементов, узлов и деталей, изготовленные которые можно непосредственно на сборочной орбитальной станции из доставляемых с Земли полуфабрикатов (например, полосового проката, намотанного на бобину, или рулонов пленочных батарей). Поэтому объем и масса модулей полезного груза не являются лимитирующими для перспективных ТКС.

С точки зрения эффективности и рентабельности решения крупномасштабных задач в космосе важнее требования к ТКС, связанные с высокой производительностью (величиной реализуемого грузопотока за год) и относительно низкими удельными затратами на транспортировку. Так, при развертывании системы из штатных ССЭ мощностью 5—10 ГВт среднегодовой грузопоток на низкую околоземную орбиту будет измеряться сотнями тысяч тонн.

Следует также отметить целесообразность разделения ТКС на грузовые и пассажирские (причем на долю первых будет приходиться основной грузопоток в космос). Снятие ограничений, обусловленных присутствием человека на борту, позволит расширить поиск новых, более эффективных принципов выведения полезных нагрузок на орбиты ИСЗ.

И конечно, неизменным для всех перспективных ТКС остается такое требование: доставлять грузы на околоземную орбиту с минимальным ущербом экологического характера. При больших масштабах применения перспективные ТКС не должны загрязнять атмосферу Земли вредными продуктами сгорания топлива, превышать допустимые нормы по акустическим нагрузкам, сбрасывать в полете или оставлять на орбите отдельные элементы конструкции.

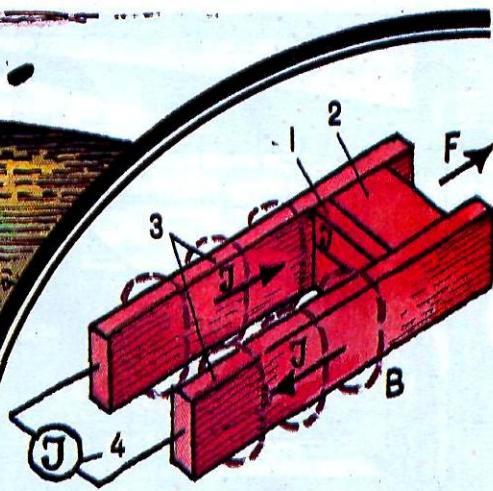
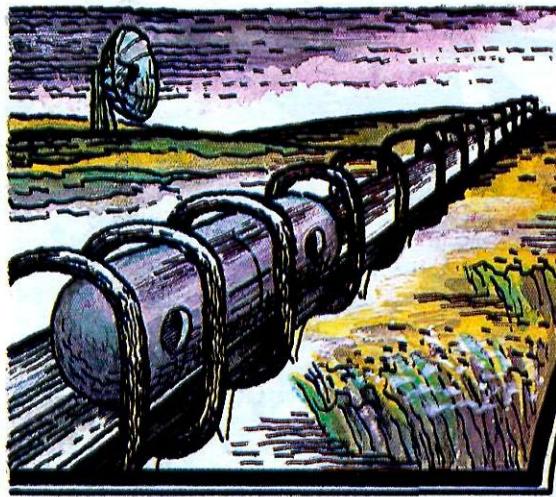
РАКЕТНЫЕ СИСТЕМЫ ВЫВЕДЕНИЯ

Перспективные ТКС на базе жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) могут снизить в несколько раз удельную стои-

мость выведения полезного груза за счет совершенствования конструкции, повышения энергетики двигателей (предельно достижимый удельный импульс для ЖРД до 500 с), возвращения и повторного использования материальной части. Но они продолжают оставаться достаточно дорогостоящими, сложными и громоздкими системами для осуществления больших грузопотоков в космос. Если принять номинальную величину грузоподъемности перспективного сверхтяжелого носителя за 250 т, то создание первой штатной ССЭ массой 40 тыс. т на геостационарной орбите (соответственно 200 тыс. т на низкой околоземной орбите при использовании межорбитальных транспортных аппаратов на ЖРД) потребует 800 запусков. При этом будет израсходовано около 5 млн. т ракетного топлива. А ведь подобных ССЭ потребуется десятки и сотни для обеспечения энергетики в масштабах мирового потребления. Интенсивные полеты с расходованием большого количества топлива будут сопровождаться значительными вредными выбросами в атмосферу, что может привести к серьезным экологическим нарушениям.

Сокращение числа запусков и суммарного расхода топлива в этой программе возможно за счет перехода ракет-носителей на более высокоэффективные ядерные ракетные двигатели (ЯРД) с удельным импульсом 900—2000 с. Однако общей проблемой применения ТКС на базе ЯРД продолжает оставаться опасность радиационного заражения, особенно при наземном старте и полете в атмосфере, за счет наведенной радиации на конструкцию, излучения реактора после выключения ЯРД, возможного заражения атмосферы и пр.

По всей видимости, ТКС на базе ЯРД найдут применение вне атмосферы Земли — в межорбитальных транспортных операциях, в частности при доставке тяжелых грузов на геостационарную орбиту. Наряду с такими системами для межорбитальных транспортировок, не лимитируемых временем, целесообразно применять ТКС на базе высокоэнергетических и экономичных ракетных двигателей малой тяги типа ядерных и солнечных электроракетных двигателей (ЭРД) с удельным импульсом до 5000—10 000 с. Такие ТКС смогут обеспечить транспортировку грузов в космосе с невысокими ускорениями, что особенно важно для крупногабаритных элементов конструк-



ции, ибо тогда можно снизить требования к их прочности и уменьшить массу. И здесь опять преимущество за солнечной энергией, так как ТКС на базе солнечных ЭРД могут получать необходимое электропитание непосредственно от транспортируемых на геостационарную орбиту панелей солнечных батарей ССЭ, которые будут собираться на околоземной опорной орбите.

Но как реализовать большие грузопотоки с Земли на орбиту ИСЗ? Вопрос остается открытым.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МАСС-УСКОРИТЕЛЬ

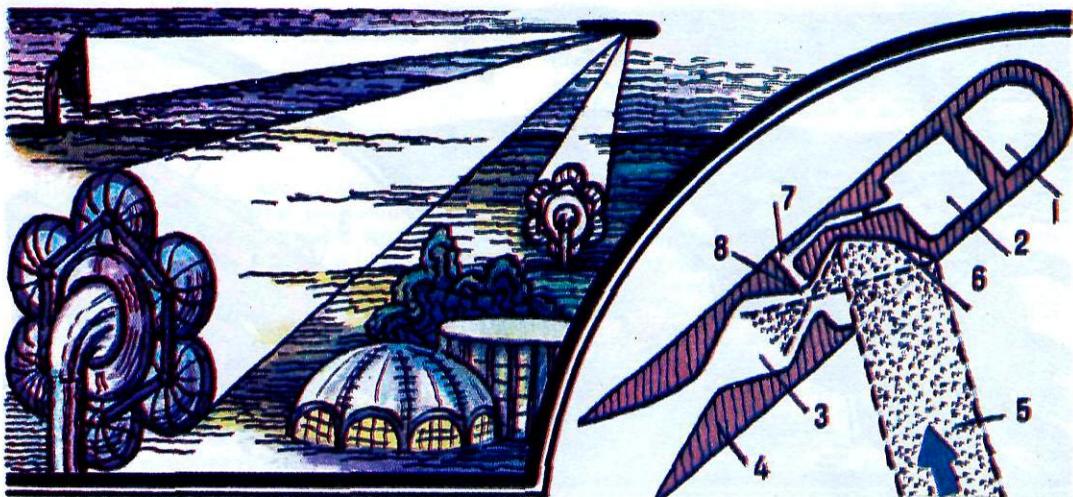
В ракетных системах выведения вся расходуемая масса и энергия для разгона запасаются на борту носителя. Однако масштабы рассматриваемых транспортных перевозок заставляют искать другие, более эффективные принципы работы ТКС будущего. При огромных мощностях ССЭ таковым может оказаться выведение с использованием внешних ресурсов энергии.

На возможность перспективного способа доставки грузов в космос указывал в 1933 г. К. Э. Циолковский в работе «Снаряды, обретающие космические скорости на суше и воде». В специальном электрическом ускорителе-пушке, расположенному на Земле, снаряд с полезным грузом разгоняется до скорости, превышающей космическую и, пробивая атмосферу, выходит на орбиту ИСЗ. Циолковский отметил преимущества этого способа, состоящие как в отказе от «большого

Принципиальная схема электромагнитного масс-ускорителя: 1 — подвижный несущий элемент с ускоряемой капсулой (2), 3 — жесткие токопроводящие направляющие, 4 — источник тока

запаса элементов взрывания» на борту (т. е. от химического топлива), так и в потреблении электроэнергии от наземных сооружений, в возможности многократного использования разгонного устройства. Однако в то время реализовать этот принцип было нельзя из-за отсутствия технических возможностей. Да и сейчас проекты подобных ускорителей поражают своими размерами и нуждаются в дальнейших проработках. Наибольший интерес представляет проект электромагнитного масс-ускорителя (ЭМУ), аналогично го по устройству магнитному движителю. Контейнер с полезным грузом, снабженный сверхпроводящими соленоидами, разгоняется вдоль неподвижного путепровода за счет взаимодействия электромагнитных полей, создаваемых контейнером и путепроводом. ЭМУ снабжается источником энергии, энергораспределительным и коммутирующим оборудованием. Для торможения контейнера после отделения от него ускоренной капсулы, предусматривается специальный участок путепровода.

Наземный ЭМУ для разгона снарядов с массой 60 т до скорости 10 км/с (разгон осуществляется за 2 с) потребляет мощность около 3000 ГВт, т. е. больше установленной мощности всех электростанций СССР и США, поэтому для питания ускорителя потребуется гигантский накопи-



тель энергии. При подключении такого накопителя, например, к Красноярской ГЭС можно было бы каждые полчаса посыпать в космос один снаряд, доставив за 10 лет на орбиту ИСЗ 11 млн. т грузов.

Эксперименты подтверждают возможность создания ЭМУ. Так, группе физиков в Австралийском национальном университете (г. Канберра) совместно с другими специалистами при испытании электромагнитной (с плазменным разрядом) «рельсовой пушки» длиной в несколько метров удалось ускорить сантиметровый кубик из пластика до скорости 6 км/с.

ЭМУ в сочетании с ССЭ как источниками энергии могут кардинально решить проблему грузопотока в космос. Но из-за очень больших перегрузок они пригодны только для транспортировки сырья или полуфабрикатов.

ЛАЗЕР НА СЛУЖБЕ КОСМИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Другим эффективным способом массового запуска полезных грузов в космос, причем с приемлемыми перегрузками, может оказаться применение ТКС на базе лазерных реактивных двигателей (ЛРД). В основу работы ЛРД положен принцип внешнего подвода энергии с помощью пучка хорошо сфокусированного лазерного излучения (например, от ССЭ) для нагрева рабочего вещества, которое размещено на борту ТКС. Рабочее вещество разогревается до очень высоких температур и выбрасывается наружу через сверхзвуковое сопло с большими скоростями истечения (удельный импульс ЛРД 1000—2000 с).

Принципиальная схема ТКС на базе лазерного ракетного двигателя:

1 — полезный груз, 2 — рабочее вещество, 3 — поглотительная камера, 4 — сопло, 5 — лазерный пучок, 6 — фокусирующее зеркало, 7 — камера повышенного давления, 8 — сверхзвуковое аэродинамическое окно

В качестве такого вещества по экономическим и экологическим соображениям можно выбрать воду.

Полет ТКС проходит по запрограммированной траектории, а необходимая ориентация передатчика и приемника энергии достигается системой слежения с обратной связью. При этом лазерный источник излучения может располагаться как на поверхности Земли, так и в космосе. Бортовая подсистема ЛРД содержит концентратор лазерного луча и светотракт, обеспечивающий подвод лучистой энергии к зоне подогрева.

В случае непосредственной передачи энергии, вырабатываемой ССЭ, по лазерному лучу на борт ТКС, при стандартной мощности порядка 10 ГВт и реальных к. п. д. использования лазерной энергии, обеспечивается выведение на орбиту ИСЗ сравнительно небольших полезных грузов (до 1—10 т). Их масса может быть существенно увеличена при сооружении на Земле специального накопителя энергии, преобразователей и блока лазеров повышенной мощности. С помощью ТКС на базе ЛРД может быть выведен полезный груз массой 100 т при стартовой массе ТКС около 200 т. При этом масса наземной лазерной установки, передающей энергию на борт ТКС (из расчета удельной

массы установки порядка 1 кг на 1 кВт передаваемой энергии) составит 100—300 тыс. т.

В ПОГОНЕ «ЗА СВЕТОМ И ПРОСТРАНСТВОМ»

Освоение на Земле новых видов энергии, в том числе термоядерной, окажет огромное влияние на развитие межпланетных ТКС, для которых крайне важен вопрос энергетического обеспечения полета как с точки зрения достигаемой массы полезного груза, так и времени перелета. В этом отношении заслуживает внимания идея создания межпланетной ТКС на базе прямоточного термоядерного ракетного двигателя (ТЯРД), который для термоядерного синтеза использует водород, присутствующий в межпланетной среде, а выделяемую энергию передает потоку частиц, захваченных массозаборником из внешней среды для разгона. Захват осуществляется посредством ионизации частиц набегающего потока с последующим его фокусированием при помощи магнитного поля, создаваемого перед массозаборником. Продолжительность и дальность полета такой ТКС не связаны

с запасами бортовой массы и энергии (и то, и другое поступает из внешней среды) и зависит только от ресурса бортовых систем.

ТКС на базе прямоточных ТЯРД за ограниченное время обеспечат возможность разгона от орбитальных околоземных скоростей до скорости порядка 1000 км/с. Тогда пилотируемые полеты к Марсу и Венере можно будет совершать за 2—3 месяца, а к дальним планетам — за несколько лет. Человек в подлинном смысле слова станет хозяином Солнечной системы.

* * *

Разумеется, рассматриваемые проекты спутниковых солнечных электростанций и перспективных транспортных космических систем нуждаются в детализации и в дальнейших проработках. Из-за своей масштабности и новизны они даже при смелых технических прогнозах и решениях представляются сегодня практически трудно выполнимыми. Но разве проблемы, связанные с первым полетом человека в космос, высадкой на Луну или запуском автоматических космических аппаратов к дальним планетам, не казались прежде такими же сложными и грандиозными?

ИНФОРМАЦИЯ

ТЕПЛО ДЛЯ МИЛЛИОНОВ

Под таким девизом в чехословацком городе Брно открылась специальная выставка, посвященная проблемам теплофикации страны. В настоящее время на обогрев и подачу горячей воды в жилые кварталы, на предприятия города и сел тратится до 40 % потребляемой в ЧССР энергии.

На выставке представлены экспонаты, схемы, проекты, рассказывающие о процессе перевода старых, конденсационных электростанций на новый режим тепловых электростанций. Выставка пропагандирует успехи, достигнутые в ходе кампании за экономию электроэнергии и энергетических ресурсов, благодা-

ря которой в конце нынешней пятилетки будет экономиться 12,4 % условного топлива по сравнению с 1980 г.

Крупный раздел выставки посвящен проблемам использования тепла построенных и строящихся в сотрудничестве с СССР АЭС в Ясловске-Богунице, Дукованы, Моховце, Темелин.

ТАСС,
23.10.1984

ЭНЕРГОСИСТЕМА «МИР» — НОВЫЕ ЛЭП

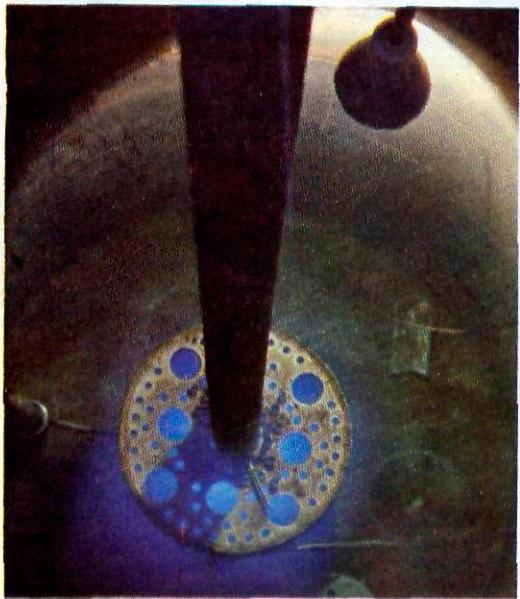
Завершено строительство и сдана в эксплуатацию ЛЭП напряжением 400 кВ, опоясывающая всю страну и обеспечивающая высокую

надежность электроснабжения. Эта линия является частью объединенной энергетической системы «Мир» стран — членов СЭВ, и в то же время она объединяет мощности болгарских электростанций, обеспечивающие энергией постоянно растущие нужды промышленности.

Предстоит строительство еще одного 400-киловольтного луча энергетической системы «Мир», который соединит подстанцию в Румынии с болгарской атомной электростанцией «Козлодуй» на Дунае. Начато также строительство линии электропередач напряжением 750 кВ Южная Украина — Румыния — Северная Болгария.

«Софийские новости»,
29.08.1984

В ЗОНЕ РЕАКТОРА



Ядерная энергетика и, в особенности, ее новые направления, связана с высокими температурами, давлениями, механическими напряжениями, интенсивными потоками ядерных частиц и излучений, взаимодействующих с материалами, из которых изготовлены ядерные энергетические установки. Это предъявляет особые требования к материалам атомной техники, наука об исследовании которых получила название радиационное материаловедение.

Президент АН УзССР,
Директор Института
ядерной физики АН УзССР
П. К. ХАБИУЛЛАЕВ

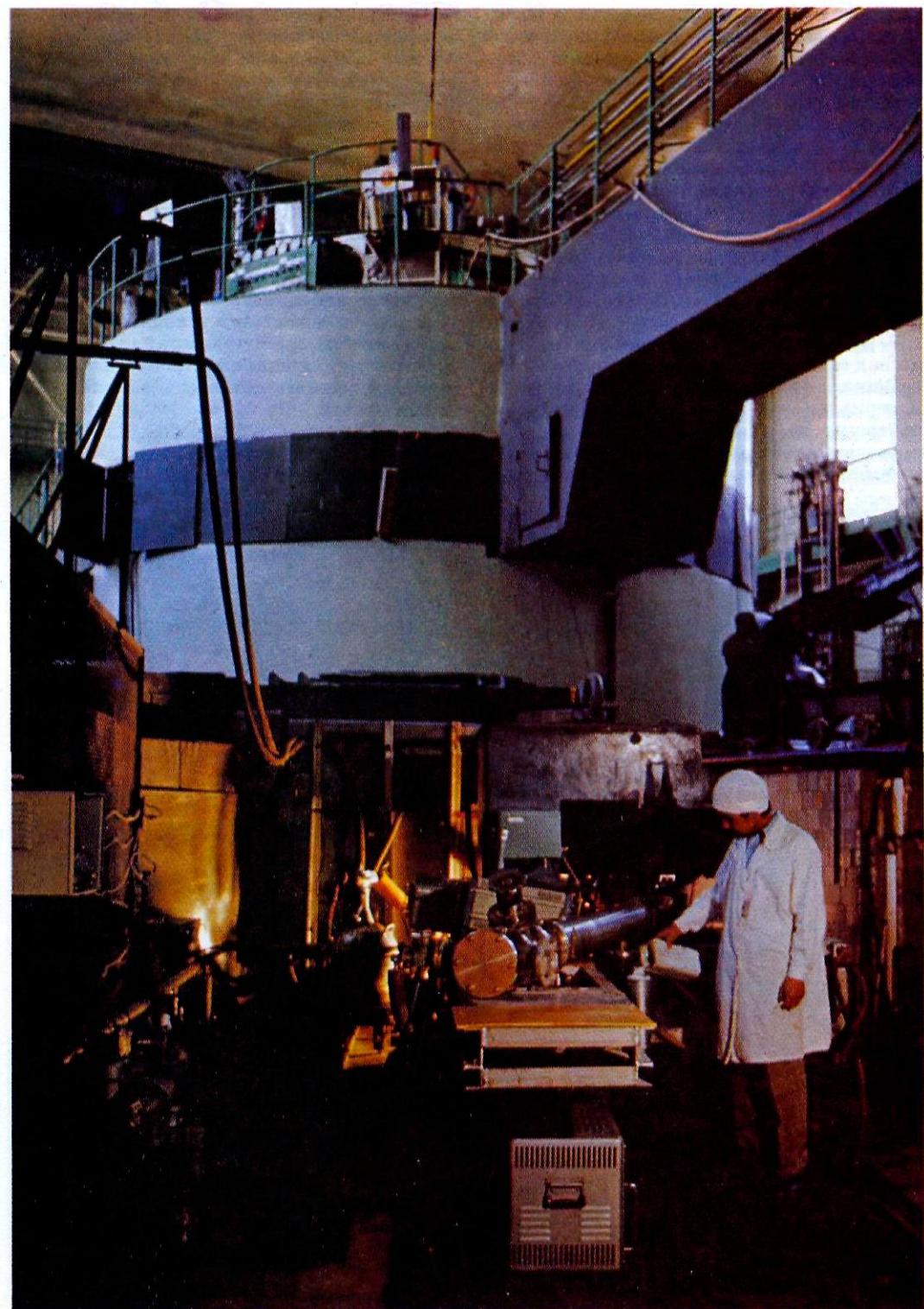
В ядерных реакторах, которыми оснащены работающие электростанции, энергия генерируется в тепловыделяющих элементах (твэлах). В простейшем случае твэл можно представить как стержень (сердечник), содержащий ядерное горючее (например, двуокись урана) и заключенный в оболочку из конструкционных материалов. При делении ядер урана его осколки разлетаются с огромными скоростями, но практически не покидают сердечник, так как тормозятся внутри него, передавая атомам свою энергию и разогревая сердечник. Именно тепло, выделяемое в сердечнике твэла, и есть та энергия, которая затем в сложном процессе ее преобразования в системе теплообменник — пар — турбина — генератор преобразуется в электроэнергию.

Движущиеся в сердечнике твэла осколки деления «сдвигают» атомы, нарушают кристаллическую структуру материалов, из которых он сделан, приводят к изменению их физических свойств. Чем дольше работает твэл в реакторе, тем больше изменяются свойства сердечника, тем больше накапливается в нем радиоактивных осколков.

Для конструирования реакторов очень важно знать, как же изменяются свойства сердечника в процессе работы реактора. Не менее важно знать, какие изменения происходят в оболочке твэла, сделанной из материалов, слабо поглощающих нейтроны и в то же время обладающих необходимой механической прочностью при высоких температурах. Конструкционные материалы для ядерных установок должны удовлетворять еще одному условию — их свойства не должны сильно ухудшаться при воздействии излучения.

Когда мы говорим о свойствах, то надо

Реактор ВВРС-М. Видна установка по исследованию осколков деления методами масс-спектроскопии

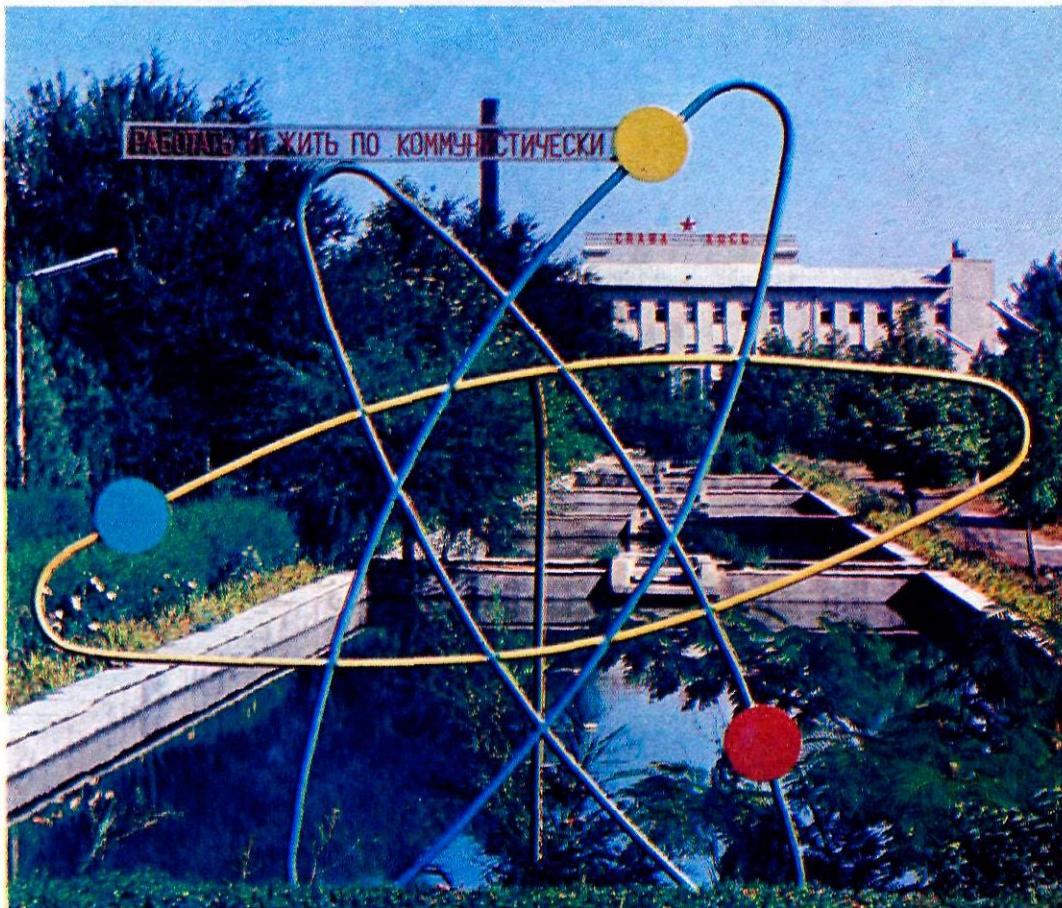


определить — какие свойства. О материалах твэлов ядерных реакторов необходимо знать в первую очередь, как будут изменяться их механические и теплофизические характеристики. Но реактор — это не только твэлы. Для контроля и управления его работой используются различные приборы, измеряющие температуру, давление, потоки нейтронов и т. д. Поэтому мы должны предвидеть, как действует радиация на свойства самых разнообразных материалов, находящихся «в зоне» реактора. В частности, исследуется электропроводность и оптические свойства.

В последнее время, в связи с работами над созданием термоядерного реактора, возникла необходимость изучить свойства материалов под воздействием не только нейтронов, но и заряженных частиц. Для проведения таких исследований желательно иметь в одном исследовательском цен-

тре ядерные установки с различным характером излучений и частиц. Этими возможностями обладают ядерные центры, организованные по инициативе И. В. Курчатова. Один из таких центров — Институт ядерной физики Академии наук Узбекской ССР, созданный при неослабном внимании академика А. П. Александрова, ныне президента АН СССР. Он оснащен ядерным реактором ВВРС-М мощностью 10 тыс. киловатт, поток быстрых нейтронов в котором достигает $3 \cdot 10^{13}$, а медленных — соответственно до $2 \cdot 10^{14}$. Циклотрон У-150-П с магнитом диаметром 150 см позволяет ускорять протоны, дейтроны и ядра гелия до энергий в десятки миллионов электронвольт. Большие возможности для исследований пред-

Общий вид Института ядерной физики АН УзССР.



ставляют гамма-излучатели с источниками кобальта-60, эквивалентными по активности сотням килограммов радия.

Влияние долговременного облучения в реакторе на свойства конструкционных материалов изучается в институте в специальных каналах, в которых можно облучать одновременно несколько сотен образцов при температуре до 2000 К в течение более чем 5000 часов. Исследования радиационного «распускания» различных сортов широко применяемого в атомной энергетике замедлителя нейтронов и композиционного материала — графита — показали, что наименее подвержены изменениям углерод-углеродные композиционные материалы.

Для конструирования активных зон ядерных реакторов важно знать прочностные свойства материалов. Реактор должен работать надежно. Значит, каждый его узел обязан обладать достаточной прочностью в условиях облучения и механических нагрузок. Оказалось, что наиболее чувствительна к облучению ползучесть материалов, причем наибольшие ее изменения происходят, когда материал находится непосредственно в поле облучения. Был создан экспериментальный канал, в котором воспроизводятся условия, соответствующие реальным условиям в активной зоне современных энергетических ядерных реакторов, работающих на АЭС, например ВВЭР-1000 и БН-600. Внутриреакторные исследования ползучести сердечников твэлов и их оболочек позволили получить весьма важные данные, позволяющие прогнозировать работоспособность новых конструкций.

Ученые института провели также цикл исследований различных типов углеграфитовых материалов при отдельном и последовательном облучении нейтронами в ядерном реакторе и альфа-частицами на циклотроне. Результаты оказались важны для будущей термоядерной энергетики, где конструкционные материалы подвергаются воздействию потоков как нейтронов, так и заряженных частиц большой энергии и интенсивности.

В работающих сегодня энергетических ядерных реакторах переработка твэлов и регенерация горючего осуществляется на других предприятиях. Это значит — перевозки (иногда на большие расстояния) высокорадиоактивных веществ.

Альтернативой является реактор, в котором сосредоточены не только энергетические, но и физико-химические про-

цессы, включая регенерацию ядерного топлива. Один из реакторов данного типа — жидккосолевой.

К проблемам создания такого реактора принадлежит выбор топливной композиции, которая обладала бы приемлемыми технологическими параметрами и достаточной радиационной стойкостью. На реакторе нашего института проводились исследования радиационной стойкости теплоносителя и топливных композиций на основе фторидных солей. Результаты этих работ показали, что стойкость фторидных солей к воздействию излучения достаточна, чтобы рекомендовать их в качестве топлива для высокотемпературных жидккосолевых реакторов.

Как известно, водород — наиболее экологически чистый энергоноситель. Получение, транспортировка, хранение и использование водорода требуют расширения наших знаний о его взаимодействии с металлами. Проблем здесь много. Вот только некоторые из них, ждущие своего решения: получение особо чистых изотопов водорода с помощью мембранных фильтров (например, из палладия), создание технологически выгодных аккумуляторов водорода, проблема борьбы с водородным «охрупчиванием» материалов и т. д. Для решения этих и многих других вопросов водородной энергетики необходимы фундаментальные исследования поведения водорода в металлах.

В нашем институте разработаны ядерно-физические методы исследования распределения изотопов водорода в металлах. Изготовлена оригинальная установка, на которой изучаются процессы диффузии изотопов водорода в твердых телах. Полученные данные приобретают важное значение в связи с перспективами создания промышленных методов разложения воды с использованием тепла ядерного реактора.

Изложенные (естественно — весьма кратко) примеры оригинальных исследований узбекских ядерщиков — это, конечно, лишь часть работ по материаловедению для энергетики, проводимых в нашем институте.

ТЕПЛО

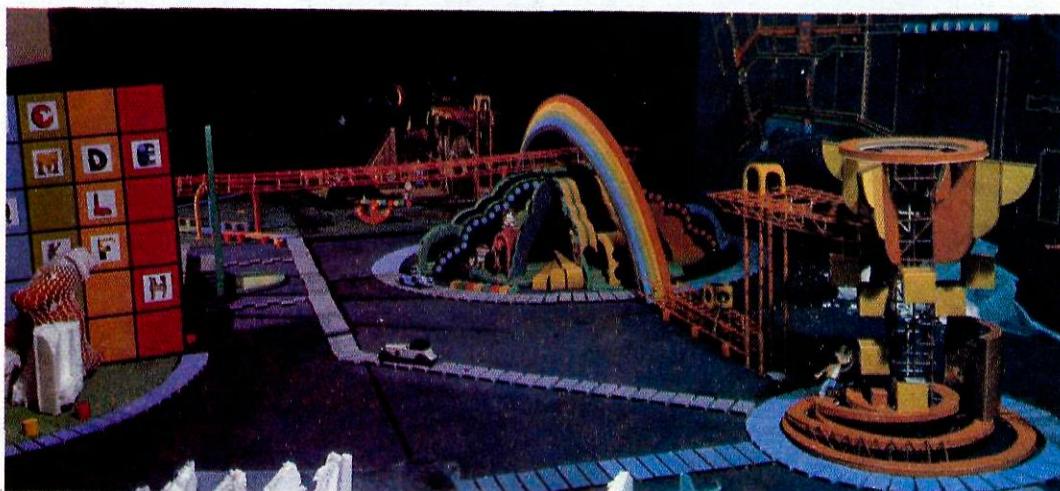
Сибирь. Природа здесь строга, а подчас и сурова. Красот, особенно на севере, никаких: тайга чахлая, деревья редкие, вкривь-вкось растут, много болот. Зимой морозы стоят такие, что землю обволакивает туман, в котором почти ничего не видно, летом лютует гнус.

Может быть, именно поэтому Север рождает особые человеческие отношения, там нельзя даже неделю прожить без чувства локтя, без дружбы, без душевного тепла...

Тюмень. Тюменский топливно-энергетический комплекс. Всего за 10 лет советские люди превратили этот таежный край в главную нефтяную базу страны. Тюменскими запасами предстоит жить еще долгие годы. А в ближайшие 10 лет основной прирост добычи нефти, газа и производимого из них ценного сырья будет получен именно за счет Тюмени. Это еще раз подчеркнул XXVI съезд КПСС. Перед тружениками области поставлена четкая задача — в 1985 году добыть 375—380 млн. тонн нефти и 330—370 млрд. кубометров газа. За пятилетие надо дать нефти столько же, а газа — вдвое больше, чем за все годы с начала освоения тюменских недр. А это значит, что и численность населения области возрастет еще на 350—400 тыс. человек. Для них нужно построить благоустроенные квартиры, весь комплекс социально-

бытовых учреждений, удовлетворить спрос на продукты питания. Дела нелегкие, но выполнимые. И оно делается. Готовят дубма собственные кадры. В Тюмени открыты высшие учебные заведения: индустриальный, инженерно-строительный и медицинский институты, государственный университет. В Сургуте — нефтяной техникум. В Нижневартовске и Тобольске — филиалы индустриального и строительного институтов. И это не случайно. Ведь именно широкомасштабное строительство — одна из первоочередных задач, решаемых областью.

Вот, скажем, Нижневартовск. Идешь по нему и видишь: кончился новый многоэтажный крупнопанельный микрорайон, а дальше потянулись шеренги двухэтажных деревянных домов. С них он начался. Рядом с балками и насыпушками эти «деревяшки» казались веером совершенства. Получивших в них квартиру называли счастливчиками. Теперь эти дома — прошлое... Строить стали больше, лучше. За год строят столько, сколько за всю предыдущую пятилетку — 100 тыс. квадратных метров жилья. А надо строить не 100, а 200—250 тыс. метров в год. Городу нужен не один, а два треста для строительства жилья. Еще один трест — это еще тысяча рабочих. Что касается зданий, то теперь будут сооружать толь-



СЕВЕРА

ко девятиэтажки. Новая серия освоена и отработана в Иркутске. Ее особенности — устойчивость зданий к землетрясениям, в стенах — дополнительный утеплитель, тройное остекление окон, удобное расположение комнат.

Но главное — «гибкость» проекта, то есть возможность перепланировки дома в процессе монтажа. Его можно развернуть под углом в любую сторону, исходя из архитектурных решений. Первый «иркутский» дом в Нижневартовске смонтировала бригада И. М. Лазуткина.

— Да, тут землю надо было учить держать дома, дороги, растить деревца, — говорил заместитель председателя исполнкома Нижневартовского городского Совета народных депутатов В. А. Илькин. — Она умела только проваливаться, хлюпать водой. Поставить дом без дороги нельзя, под дорогу — грунт нужен. Но грунта нет, его надо привозить издалека, опять же по дорогам. Забить сваи — снова нужен грунт. К башенному крану подойти — как? Считайте, весь город стоит на насыпанной земле.

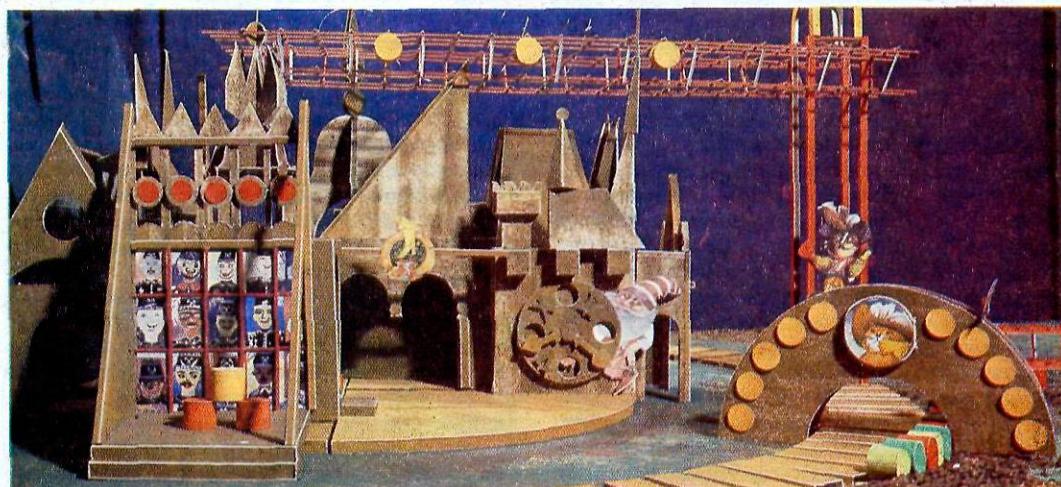
Так что все сооружения, которые возводят в таких условиях, можно назвать уникальными, в том числе и детский городок, проектируемый в новом микро-

районе. Ведь вот какое дело. Читаем справку из Нижневартовского статистического управления: «Средний возраст жителей города 26 лет. Ежемесячно справляется 60—70 свадеб. Рождаемость — 29—30 малышей на тысячу жителей, что в два раза больше, чем в среднем по республике». Поэтому особенно отрадно, что проект будущего детского городка выполнен местными архитекторами оригинально, современно, с большим вкусом и любовью к детям. Городок будет необыкновенно красочным, ярким, жизнерадостным, что в сибирском городе, не избалованном красками, особенно важно. Авторы проекта предполагают и обширное зеленое убранство городка из живых деревьев, цветочных газонов. Еще одна ценная особенность этого сооружения: оно в основном будет сделано из дерева и металла, которых достаточно в Нижневартовске.

Три месяца работали над проектом детского культурного центра главный архитектор Нижневартовска В. В. Антонов, начальник архитектурно-планировочного сектора городского отдела по делам строительства и архитектуры В. М. Добрыгин, художник-дизайнер Г. А. Васильков.

Л. КАМОЧКИНА

Фрагменты макета детского городка в г. Нижневартовске



ИНФОРМАЦИЮ НЕСЕТ ЭНЕРГИЯ СВЕТА

Б. А. ТЕВЕЛЕВ

Единая автоматизированная сеть связи (ЕАСС), формирование которой продолжается, остро необходима стране. В ЕАСС предусматривается использование новейших систем передачи информации. Об одной из таких систем и пойдет речь ниже.

ТАК ВОЗНИКЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Прототипы современных систем связи появились в прошлом столетии и к концу его телеграфные провода опутали весь мир. По ним передавались сотни тысяч телеграмм, и вскоре телеграф перестал справляться с нагрузкой. Делепши опаздывали. А дальней телефонной и радиосвязи еще не было.

В начале XX столетия была изобретена электронная лампа. Начала бурно развиваться радиотехника, закладывались основы электроники. Связисты научились передавать радиоволны не только через пространство (по эфиру), но и посыпать их вдоль проводов и по кабелям связи. Использование радиоволн послужило основой для уплотнения самой дорогой и малоэффективной части систем передачи информации — линейных устройств. Уплотнения линии по частоте, во времени, применяя особые методы «упаковки» информации, сегодня удается по одной линии в единицу времени передавать десятки тысяч разных сообщений. Такая связь называется многоканальной. Стали стираться грани между различными видами связи. Гармонично дополняя друг друга, телеграф, телефон, радио, а впоследствии и телевидение, радиорелейная, а позже

и спутниковая, космическая связь объединились в общую систему электрической связи.

«ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕСНОТА» В КАНАЛАХ СВЯЗИ

В каналах передачи информации действуют волны длиной от 3000 км до 4 мм. Эксплуатируется аппаратура, способная передать по каналу связи 400 мегабит в секунду (400 Мбит/с — это 400 миллионов бит в секунду). Если принять букву в этой строке за 1 бит, то 400 Мбит составят библиотеку из 500 томов, в каждом из которых по 20 печатных листов).

Похожи ли нынешние средства электрической связи на свои прототипы прошлого века? Примерно так же, как реактивный лайнер на конку. Однако при всем совершенстве оборудования в современных каналах связи, увы, слишком тесно: куда тесней, чем в 90-х годах прошлого века.

Существует противоречие между растущей потребностью в передаче информации и основными свойствами физических процессов, используемых ныне в каналах связи. Чтобы разредить «информационную тесноту», приходится покорять все более короткие волны, т. е. осваивать все более высокие частоты. Природа электромагнитных колебаний такова, что чем выше их частота, тем больше информации в единицу времени удается передать по каналу связи. Но с тем большими трудностями приходится сталкиваться связистам: по мере укорочения волн резко возрастают внутренние (собственные) шумы приемных устройств,

снижается мощность генераторов, значительно уменьшается к.п.д. передатчиков, и из всей затраченной электроэнергии лишь незначительная часть преобразуется в полезную энергию радиоволн. Ультракороткие волны (УКВ) катастрофически быстро теряют свою энергию в пути. Поэтому сигналы сообщения необходимо усиливать и регенерировать (восстанавливать) слишком часто. Приходится прибегать к сложной и дорогой аппаратуре. Связь в сантиметровом диапазоне радиоволн, не говоря уже о диапазоне миллиметровом, сталкивается с массой препятствий.

Практика не раз подтверждала, что прогресс производства зависит от своевременной и точной передачи информации, от опережающего развития этой отрасли. Экономисты считают, что количество информации по меньшей мере пропорционально квадрату промышленного потенциала.

Уместно спросить: можно ли ограничиваться достижением, о котором говорилось выше? 400 Мбит/с — много или мало? Сегодня канал связи должен пропускать информации хотя бы на порядок больше, а в начале грядущего века — на 2—3 порядка больше.

В ЛАБИРИНТЕ ПРОБЛЕМ

Перед нами спектр электромагнитных колебаний. Волна длиной в 4 мм еще относится к децимиллиметровому диапазону радиоволн, а далее простираются уже электромагнитные колебания световых (оптических) волн, видимых и невидимых. Нижняя граница таких волн — 0,1 мм (30 ГигаГерц), а верхняя — 0,1 мкм.

Почти вся современная электрическая связь — многоканальная.

Чтобы передать по каналу 400 Мбит/с, приходится работать в децимиллиметровом диапазоне радиоволн. Возможно это только при наличии весьма сложной аппаратуры и, конечно, специального высокочастотного (коаксиального) кабеля, который состоит из одной или нескольких коаксиальных пар. В каждой паре внешний и внутренний проводники представляют собой соосные цилиндры. По двум таким парам можно одновременно передавать 3600 телефонных переговоров, значительно больше телеграфных сообщений или несколько телевизионных программ. Однако при этом сигналы прихо-

дятся усиливать и регенерировать через каждые 1,5 км.

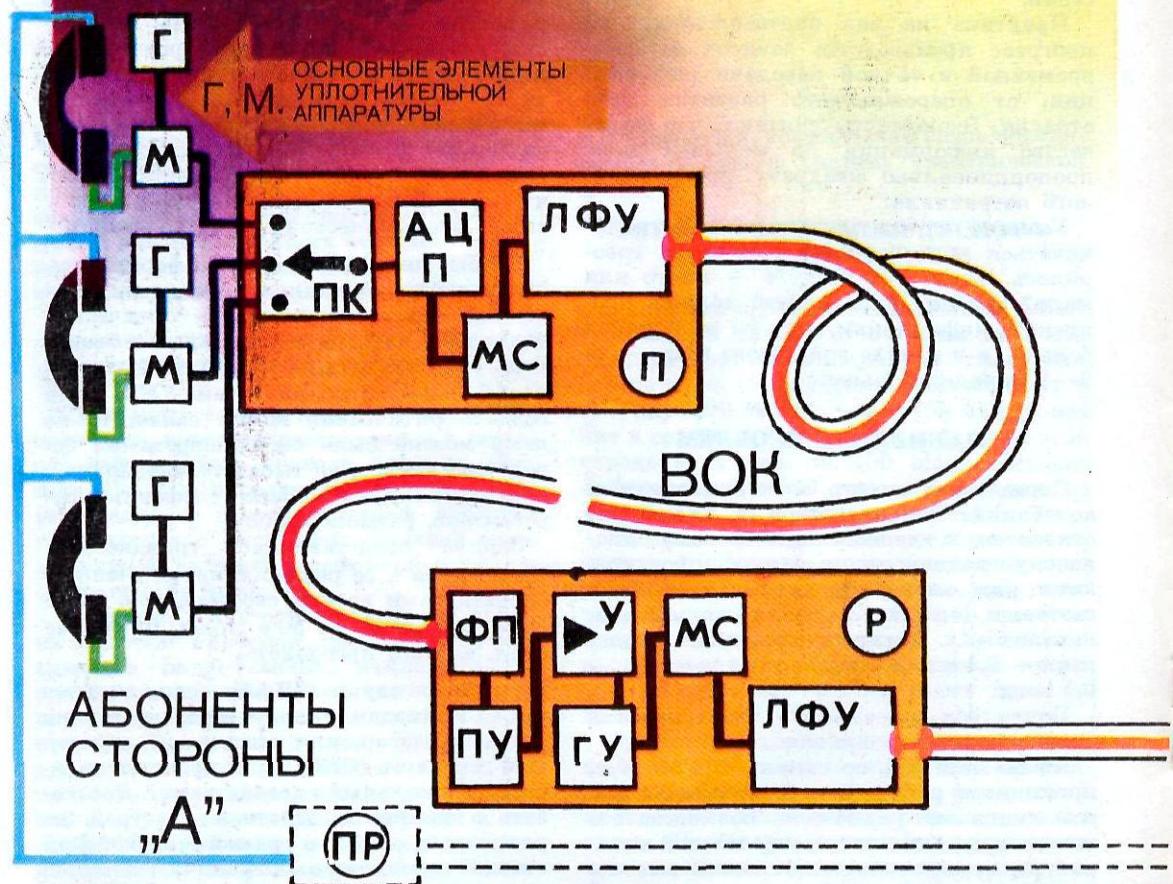
В каналах связи доминируют кабельные линейные сооружения. Они защищены от внешних воздействий, электрических и магнитных помех. Кабели долговечны и надежны в эксплуатации, их удобно прокладывать в разных средах. Однако на изготовление кабелей и проводов связи уходит больше половины мировой добычи цветных металлов, запасы которых быстро сокращаются. Металл дорожает. Да и само изготовление кабелей, особенно коаксиальных — дело сложное, чрезвычайно энергоемкое. А потребность в них растет. Поэтому нетрудно представить себе, во что обходится строительство линий связи, их эксплуатация. Сеть связи — самое грандиозное и дорогое сооружение, которое когда-либо создавал на Земле человек. Как же развивать ее дальше, если уже в 50-х годах стало ясно, что электросвязь приближается к порогу своей экономической целесообразности?

Чтобы ликвидировать «информационную тесноту» в каналах связи, нужно было научиться использовать оптические диапазоны электромагнитных колебаний. Ведь световые волны имеют в миллионы раз больше колебаний, чем УКВ. Если создать оптический канал связи, то по нему можно было бы одновременно передавать несколько тысяч телевизионных программ и куда больше телефонных переговоров, радиопередач.

Задача представлялась грандиозной. Но на пути к ее решению перед учеными и связистами возник своеобразный лабиринт проблем. В 50-е годы никто не знал, как его преодолеть.

В 1961 году в ФИАНе был, впервые в СССР, создан удивительный источник света — лазер, или оптический квантовый генератор (ОКГ). Прибор этот отличается уникальными свойствами. Рассказать о принципе действия и устройстве различных ОКГ в рамках небольшой статьи невозможно. Ограничимся лишь перечислением тех особенностей лазера, которые привлекли внимание связистов. Прежде всего укажем на когерентность излучения. Свет лазера почти монохроматичен (одноцветен) и распадается в пространстве во много раз меньше, чем свет самого совершенного прожектора. Энергия, сосредоточенная в игольчатом пучке лазера, весьма велика. Именно эти и некоторые другие свойства ОКГ натолкнули

ОТ КОСТРА
ТАКОВ ПУТЬ,
ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ Г...

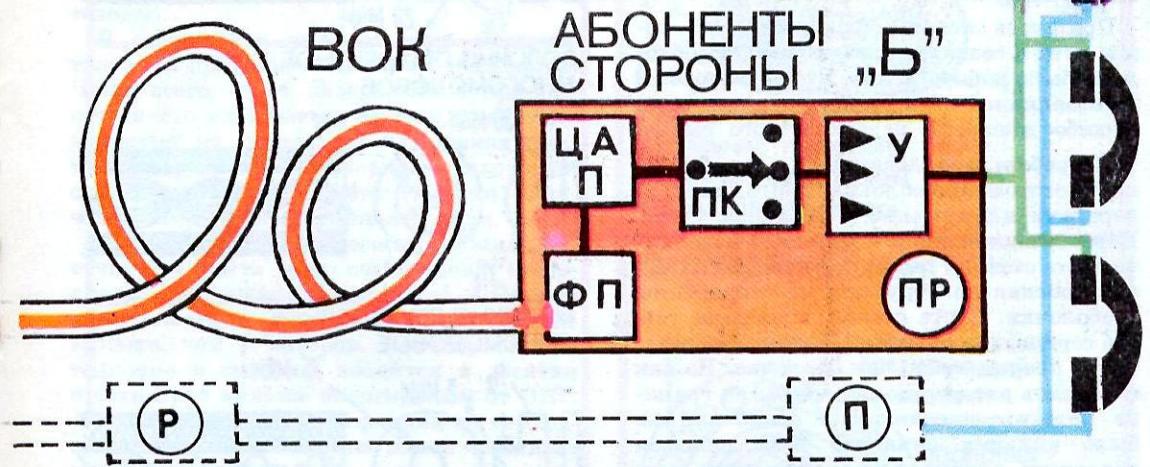


Г — генератор, М — модулятор, ПК — переключатель каналов, АЦП — аналого-цифровой преобразователь, МС — м...

дулятор света, ЛФУ — лазерно-фокусирующее устройство, П — передатчик, ФП — фотодетектор, ПУ — пороговое

ДО ЛАЗЕРА
КОТОРЫЙ ЗА
ПРОШЛА СВЯЗЬ

**ВООСС ВОЛОКОННО -
ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
СВЯЗИ (УПРОЩЕННАЯ СХЕМА)**



устройство, У — усилитель, ГУ — генера-
тор—усилитель, МС — модулятор света,
Р — ретранслятор, ЦАП — цифро-

аналоговый преобразователь, ПР —
приемник.

связистов на мысль использовать лазер для оптической связи.

Первые проекты сводились в общих чертах к следующему. Если использовать лазер в качестве генератора и промодулировать его луч сигналом сообщения, получится оптический передатчик. Направив луч на приемник света, получаем канал оптической связи. Без проводов, без кабелей. Связь будет осуществляться через пространство. («открытая лазерная связь»). Лабораторные опыты блестяще подтвердили гипотезу связистов. А вскоре представился удобный случай проверить такую связь и на практике. К сожалению, надежды связистов на открытую лазерную связь на Земле не оправдались: дождь, снег, туман делали связь неуверенной, а нередко полностью нарушили ее.

Стало очевидным, что волны света, несущие информацию, нуждаются в защите от атмосферы. Это можно было осуществить с помощью волноводов — тонких, ровных и очень гладких внутри металлических труб. Но инженеры и экономисты сразу же оценили трудности, связанные с изготовлением абсолютно гладких и ровных волноводов. Волноводы получались дороже золота. Овчинка явно не стоила выделки.

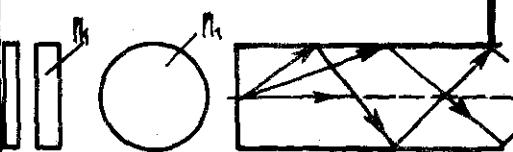
Пришлось искать принципиально новые пути к созданию световодов. Необходимо было добиться того, чтобы световоды изготавливались не из металла, а из какого-либо дешевого, недефицитного сырья.

Потребовалось десятилетия, чтобы создать оптические волокна, пригодные для передачи информации с помощью света. Первое такое волокно изготовлено из сверхчистого стекла. Была создана двухслойная соосная конструкция из сердцевины и оболочки. Сорта стекол подобрали так, что сердцевина обладала большим показателем преломления, чем оболочка. Но как соединить разные стекла, чтобы на границе между сердцевиной и оболочкой не было никаких изъянов? Как добиться гладкости, однородности и при этом максимальной прочности световода?

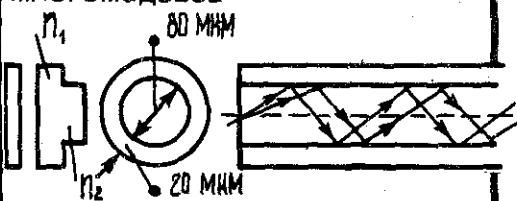
Усилиями ученых, инженеров, рабочих многих коллективов желанное оптическое волокно было, наконец, создано. По нему световые сигналы передаются сегодня на сотни километров. Но каковы законы распространения световой энергии по неметаллическим (диэлектрическим) направляющим средам?

КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

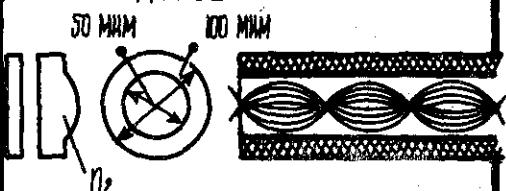
ПРОСТЕЙШЕЕ ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО



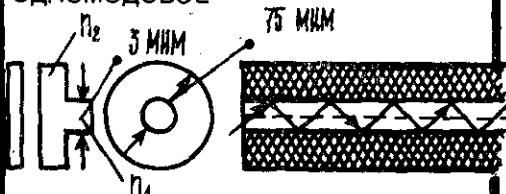
ВОЛОКНО ДВУХСЛОЙНОЕ МНОГОМОДОВОЕ



ВОЛОКНО ГРАДИЕНТНОЕ МНОГОМОДОВОЕ



ВОЛОКНО ДВУХСЛОЙНОЕ ОДНОМОДОВОЕ



P_1 , P_2 — коэффициенты преломления компонентов конструкции волокна

МОДЫ В СВЕТОВОДАХ

К оптическим волокнам, по которым свет бежит, испытывая акты многократного внутреннего отражения на границе «сердцевина-оболочка» относятся одномодовые и многомодовые волокна (под «модой» специалисты понимают собственные колебания резонаторной системы. Моды световода — это собственные его волны, т. е. те, которые захватываются сердцевиной волокна и распространяются по световоду от его начала к концу).

Тип волокна определяется его конструкцией: компонентами, из которых изготовлены сердцевина и оболочка, а также отношением размеров световода к длине используемой волны (последний параметр особенно важен).

В одномодовых волокнах диаметр сердцевины должен быть близок к собственной длине волны. Из множества волн сердцевина волокна захватывает лишь одну собственную волну. Поэтому волокно (световод) и называют одномодовым.

Если же диаметр сердцевины превосходит длину определенной волны, то световод способен проводить сразу несколько десятков и даже сотен разных волн. Так действуют многомодовые световоды.

В оптическое волокно свет вводится только от пригодного для этого источника. Чаще всего — от лазера. Но в природе нет ничего идеального. Поэтому луч ОКГ, несмотря на присущую ему монохроматичность, все же содержит некоторый спектр частот, или, иными словами, излучает определенный диапазон волн.

Что, кроме лазера, может служить источником света для световодов? Светодиоды повышенной яркости. Однако направленность излучения в них гораздо меньше, чем у лазеров. Поэтому от светодиодов в световод вводится в десятки и сотни раз меньше энергии, чем от ОКГ.

Когда луч лазера направляют в сердцевину световода, каждая волна попадает туда под строго определенным углом. Это значит, что разные собственные волны (моды) за одинаковый отрезок времени проходят в световоде (от его начала к концу) пути разной длины. Это — волновая дисперсия.

А что при этом происходит с сигналами? Проходя в световоде за одинаковый отрезок времени разный путь, они могут прийти к концу линии в искаженной

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

ВОК

ОДНОЧНОГО ВОЛОНКА ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ ВНУТРИ ЗДАНИЙ



- 1-оптическое волокно
- 2-изоляция из фторопласта
- 3-покрытие из нейлона
- 4-упрочняющие нити из кевлара
- 5-наружная оболочка из поливинилхлорида

ВОК ДЛЯ ПРОКЛАДКИ В ЗЕМЛЕ И В ПОМЕЩЕНИЯХ



- 1-внешняя оболочка
- 2-стальная проволока
- 3-оптические волокна
- 4-воздушная полость

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ВОК



форме. У специалистов это явление называется **модовой дисперсией**.

Сердцевина и оболочка волокна, как уже говорилось, делаются из стекла с разными показателями преломления. А показатель преломления любого вещества зависит от длины волны света, воздействующего на вещество. Поэтому возникает дисперсия вещества, или иначе — **материальная дисперсия**.

Волновая, модовая, материальная дисперсия — три фактора, которые отрицательно влияют на передачу световой энергии по оптическим волокнам.

В одномодовых световодах модовая дисперсия отсутствует. Поэтому по таким световодам можно в единицу времени передавать информации в сотни раз больше, чем по многомодовым.

А как быть с волновой и материальной дисперсиями?

В одномодовых световодах стараются сделать так, чтобы при определенных условиях волновая и материальная дисперсии компенсировали друг друга. Впоследствии удалось создать такое волокно, где отрицательное воздействие модовой и волновой дисперсий было значительно ослаблено. Как это удалось?

Подобрали график зависимости изменения показателя преломления материала световода при изменении расстояния его от оси (по радиусу) по параболическому закону. По такому световоду свет бежит, не испытывая актов многократного полного отражения на границе «сердцевина-оболочка». Траектории света, захваченного световодом, различны. Одни лучи распространяются вдоль оси сердцевины, отклоняясь от нее в ту и другую сторону на одинаковые расстояния («змейка»), другие, лежащие в плоскостях, пересекающих ось световода, образуют множество спиралей. Радиус одних остается постоянным, радиусы других периодически меняются. Такие световоды называются **рефракционными**, или **градиентными**.

Упрощенная картина распространения света в многомодовом градиентном световоде изображена на рисунке.

Очень важно знать, под каким предельным углом свет должен быть направлен на торец любого оптического волокна. От этого зависит, какая часть света попадет в световод и будет проведена от начала до конца оптической линии. Этот угол определяется числовой апертурой световода (или просто — **апертурой**).

ВОЛС, ВОК И ВОСС

В качестве волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) оптические волокна, сами по себе тонкие и хрупкие, использовать не могут. Волокна служат сырьем для изготовления волоконно-оптических кабелей (ВОК). Технология производства ВОК пока довольно сложна, но все же энерго- и трудозатраты здесь значительно меньше, чем при изготовлении кабелей с металлическими направляющими средами.

Выпускаются ВОК различной конструкции, разных форм и назначений. Некоторые схемы промышленных образцов ВОК показаны на рисунке.

По прочности и надежности ВОК не уступают своим металлоемким прототипам и могут прокладываться в тех же средах, что и кабели с металлическими направляющими средами — в воздухе, под землей, по дну рек и морей. ВОК гораздо легче, а в дальнейшем, при массовом производстве, станут и значительно дешевле. Важно, что ВОК совершенно нечувствительны к электрическим помехам и магнитным воздействиям. Ведь бороться с такими помехами в металлических кабелях трудно.

Волоконно-оптические кабели первого поколения с успехом заменили коаксиальные соединительные линии между АТС. Протяженность таких линий не превышала 10—15 км, но связисты облегченно вздохнули, когда всю необходимую информацию стало возможным передавать без промежуточных регенераторов. В каналах связи появился большой запас «жилой площади», и понятие «информационная теснота» потеряло актуальность.

Легкий, тонкий и достаточно гибкий ВОК проложили в существующей подземной телефонной канализации без затруднений. На АТС пришлось добавить несложное оборудование, превращающее оптические сигналы в электрические (на входе от предыдущей станции) и электрические — в оптические (на выходе к последующей станции). Все коммутирующее оборудование, линии абонентов и их телефоны никаким переделкам не подвергались. Все получилось, как говорится, дешево и сердито.

Открылись большие возможности для дальнейшего развития телефонной связи в городах и селах. Это очень важно, по-

скольку телефонный голод в стране ощущается весьма остро.

Общее представление о ВОСС дает схема на цветной вкладке.

Существуют опытные линии оптической связи, по которым сигналы без усиления и регенерации передаются уже на 151 км. Есть основания полагать, что в ближайшее время эта дистанция будет увеличена по крайней мере вдвое.

Строятся системы дальней волоконно-оптической связи (ДВОСС).

По линии оптической связи информация передается, как правило, не в аналоговой (непрерывной) форме, а в дискретной (цифровой). На цветной вкладке в качестве примера показано, как осуществляется связь разных пар телефонных абонентов.

Линия ДВОСС включает в себя аппаратуру, регенерирующую сигналы, т. е. полностью восстанавливающую их так, чтобы энергия и форма сигналов соответствовали тем параметрам, которыми они обладали при вводе в оптическую линию. Регенератор, или ретранслятор — устройство из оптического приемника и передатчика, между которыми включено решающее устройство. Назначение последнего — решать: что пришло на вход ретранслятора — сигнал или помеха? Если пришел сигнал, он будет регенерирован и послан дальше по линии. Если пришла помеха, в линию будет послан особый сигнал, указывающий на то, что в оптической линии присутствует ложный сигнал помехи.

Регенераторы устанавливаются на тех участках линии, где сигналы уже теряют свою энергию до пределов допустимой величины. Важно, что дистанции между регенераторами в ВОЛС в десятки и сотни раз больше, чем при использовании коаксиальных кабелей. Поэтому ретрансляторы удается размещать в населенных пунктах. Это значительно упрощает эксплуатацию линейных сооружений ДВОСС и намного удешевляет их строительство. Чтобы ответвлять каналы связи в любом направлении ретрансляторы оснащают дополнительными устройствами.

СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Производство продукции для организации ВОСС и ДВОСС пока не достигло массовых масштабов. И все же накоплено достаточно данных, которые позволяют считать эти системы связи весьма перспек-

тивными. Ожидается, что они позволят осуществить революционные преобразования в технике связи и сравнительно быстро на длительный период покончить с проблемой «информационной тесноты» в каналах передачи информации. Есть основания полагать, что среди всех средств связи и передачи информации ВОСС займут положение лидера и в начале ХХI века будут доминировать.

В крупных городах и больших населенных пунктах в быт войдет многопрограммное кабельное телевидение. На экраны телевизоров будет приходить цветное изображение высочайшего качества. В повестке дня — производство телевизоров с проекцией изображения на большой экран (опытные образцы таких телевизоров в СССР созданы).

Облегчится решение многих проблем информатики, голограммии, вычислительной техники.

Расчеты экономистов показывают, что ВОСС будут значительно дешевле своих электрических прототипов (в расчете на каналокилометр) и быстро окупятся. Это сулит экономию, которая исчисляется многими миллиардами рублей. Один из примеров: если все кабели, провода в бортовой системе современного воздушного лайнера заменить на ВОЛС, самолет станет легче на 5—6 тонн. Как считают специалисты США, это удешевит каждый лайнер на 10—12 млн. долларов.

Огромные средства можно сберечь, если заменить металлические кабели и провода на световоды, внедрить их всюду — в морском флоте, на космических кораблях и т. д.

Формирование Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС) на базе новейших систем передачи информации, о чем неоднократно говорилось в директивных партийных и государственных документах, позволит объединить государственные и ведомственные каналы связи в единый комплекс. Это значит, что средства связи в масштабах всей страны будут использоваться наиболее эффективно. Заметим, что такое крупномасштабное мероприятие осуществляется впервые в мире. Важную роль в этом сыграют волоконно-оптические системы связи.

ЭКОНОМИКА СТРАЖ ПРИРОДЫ

Кандидат экономических наук
С. В. ХОДОРКОВСКАЯ

Чистый воздух, вода перестали быть бесплатным даром природы.
В условиях роста производства, урбанизации сохранение окружающей среды требует особых усилий и затрат. Общество выделяет немалые средства на охрану природы. В наши дни ежегодные капиталовложения в охрану природы составляют почти 2 млрд. рублей. Если к ним добавить текущие расходы, капитальный ремонт, то сумма ежегодных затрат возрастет в два с половиной раза.

СКОЛЬКО СТОИТ ОХРАНА ПРИРОДЫ?

Электроэнергетика относится к отраслям, влияние которых на природу ощущается особенно сильно. Связано это с технологическими особенностями электростанций. К. п. д. современной ТЭС составляет 30 %, остальная часть потенциальной энергии топлива рассеивается в окружающей среде с дымовыми газами и подогретой водой. В воздух с дымовыми газами попадают твердые частицы, сернистый ангидрид, окись азота, углекислота, окислы металлов. Теплоэнергетика — самый крупный потребитель воды в народном хозяйстве, но большая часть воды используется для охлаждения агрегатов, а следовательно, не загрязняет водоемы. Вместе с тем сбросные воды ТЭС, поскольку они подогреты на 8—12°С, могут нарушать тепловой баланс природных водоемов. Электростанции, использующие твердое топливо, нуждаются в больших земельных участках для складирования отходов — золы и шлака. В таблице 1 приведены типичные электростанции и размеры их воздействия на окружающую среду.

В этих условиях перед энергетикой помимо сложных производственных задач, стоит и экологическая — принять на себя заметную часть забот об охране природы.

На охрану природы в энергетике выделяются значительные средства. Их удельный вес в общих по народному хозяйству экологических капиталовложениях составляет 9—11 %. Подавляющая часть этих средств идет на охрану и рациональное использование водных ресурсов. Меньшая — расходуется на охрану воздуха и почвы. К примеру, в X пятилетке 670 млн. руб., выделенных на защиту окружающей среды — распределились так: на охрану воды — 560 млн. руб., воздуха — около 90 млн. руб., земли — 22 млн. руб.

Предпринимаемые в энергетике усилия уже сейчас благоприятно сказываются на состоянии окружающей среды. Уровень оборотного водоснабжения в теплоэнергетике сегодня достигает почти 70 %. Из года в год возрастает размер улавливания вредных веществ из дымовых газов ТЭС, растет глубина очистки газов.

Таблица 1.
ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

| | ГРЭС 1200 МВт на подмосковном угле | ТЭЦ 1000 МВт на сернистом мазуте |
|---|--|-------------------------------------|
| 1. Выбросы в воздух: (тыс. т/год) | | |
| пыль | 22 ¹ | |
| окислы серы | 295 | 53 |
| окислы азота | 29 | 6 |
| 2. Стоки в воду (млн. м ³ /год) | 854 | 526 |

¹ К. п. д. золоулавливания — 98 %.

Заметно улучшилось качество воздуха, воды вокруг многих электростанций. Все ТЭЦ г. Москвы достигли санитарных норм по содержанию в воздухе твердых частиц. Одна из них — ТЭЦ-16, расположенная на Хорошевской ул. Здесь проведена реконструкция котлов для перехода на газовое топливо, модернизированы скруббера с установкой труб Вентури. На ТЭЦ отсутствуют загрязненные водные стоки.

В то же время природоохранными мероприятиями охвачены еще не все предприятия. Сохраняется высокая запыленность и загазованность воздуха в районах расположения ряда ТЭС, использующих низкокалорийное твердое топливо, высокосернистый мазут (Ивановская ГРЭС, Харьковская ТЭЦ-4, Челябинская ГРЭС и другие).

Охрана природы капиталоемка, причем по мере углубления очистки затраты резко возрастают. Так, инерционные пылеволовители стоят 1—3 тыс. руб., более эффективные центробежные скруббера, применяемые для мокрой очистки от пыли, — 5—12 тыс. руб., а многосекционный электрофильтр — современная ус-

тановка, обеспечивающая высокий уровень удаления пыли, стоит уже 100—300 тыс. рублей в зависимости от производительности. Очистка выбросов от газообразных соединений по сравнению с очисткой от пыли обходится еще дороже. Например, капиталовложения в установки по нейтрализации окислов серы в дымовых газах ТЭС могут достигать 80—160 млн. руб. Правда, часть затрат компенсируется производством продукции из уловленной серы. Но и оставшиеся затраты увеличивают проектную стоимость электростанции на 20—45 %. Экономический фактор, высокие капитальные затраты, эксплуатационные расходы, расходы электроэнергии и металла — главное препятствие на пути широкого распространения химической очистки дымовых газов ТЭС.

Современные технические средства позволяют очистить выбросы ТЭС почти целиком. Но 100-процентная очистка со связана с огромными затратами. Снять первый слой загрязнения относительно дешево и легко. Но чем большей глубины очистки мы хотим получить, тем дороже это стоит. Причем на определенном



ТЭЦ-25
в Очаково
г. Москва

этапе затраты на охрану природы начинают заметно опережать глубину очистки, возрастаая не прямо пропорционально, а по параболе. Такова закономерность в условиях современной производственной и природоохранной технологий. Качественные изменения в производстве электроэнергии могут изменить эту зависимость, сделать энергетику мало- и безотходной. Однако пока охрана природы — это вопрос, главным образом, экономический.

Сколько средств может выделить общество, отрасль для охраны природы?

Где разумное соотношение между экологическими затратами и состоянием окружающей среды?

Каким образом ограниченные средства расходовать наилучшим образом, с тем чтобы достигнуть максимального эффекта охраны природы?

В X пятилетке на охрану воздуха в энергетике направлено около 90 млн. рублей, или 10 % капиталовложений на охрану воздуха по всем отраслям. Достаточно ли участие энергетики в общей программе по охране атмосферы? Ведь на долю энергетических предприятий приходится более 40 % общих выбросов пыли, более 70 % выбросов окислов серы и более 50 % — окислов азота. Конечно, состояние воздуха определяется не только «валом», но и концентрацией. А концентрация зависит от ряда факторов, в том числе и от высоты трубы. Электростанции оснащены высокими и сверхвысокими трубами, что снижает концентрацию загрязнений. И все же загрязнение воздуха вокруг ряда ТЭС остается выше нормы.

Чтобы ответить на эти вопросы, перейти от эмоций на язык цифр, надо ввести количественные показатели в планировании и проектировании экологических затрат, научиться измерять эффект охраны природы.

КАК ИЗМЕРИТЬ ЭФФЕКТ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ?

Охрана природы — это не только затраты, но и заметный эффект, и экономический, и социальный. Правда, эффект уловить гораздо труднее затрат, ибо он не совпадает с затратами ни во времени, ни по месту возникновения. Вот почему перед экономической наукой встала задача разработать методические материалы для определения эффекта охраны окружающей среды, рассчитать его величину.

Экономический эффект определили как предотвращенные потери в различных отраслях народного хозяйства. Наиболее распространена укрупненная группировка локальных эффектов по 4-м сферам их возникновения: здравоохранение, сельское и лесное хозяйство, коммунально-бытовое хозяйство, промышленность. Сейчас уже созданы и методические материалы. Общие принципы определения эффекта охраны окружающей среды разработаны Научным советом по проблеме «Экономическая эффективность основных фондов, капитальных вложений и новой техники» АН СССР во «Временной методике определения экономической эффективности затрат в мероприятиях по охране окружающей среды».

Экономический эффект определяется по приросту чистой продукции или прибыли в отраслях материального производства, по снижению себестоимости на отдельных предприятиях, по снижению затрат в непроизводственной сфере и затрат у населения. Например, эффект в сельском хозяйстве рассчитывается по приросту экономической оценки сельскохозяйственных угодий в результате мер по охране воздуха и воды. Эффект в здравоохранении определяется по трем составляющим: прирост чистой продукции от снижения заболеваний среди работающих в материальном производстве, сокращение выплат населению из фондов социального страхования по больничным листам, сокращение затрат на медицинское обслуживание.

Если же говорить об энергетике, то применительно к ней создана методика отраслевая. Здесь конкретизируются методы расчета и составляющие эффекта, которые возникают собственно в энергетике. Это прежде всего прирост мощности электростанций и улучшение технико-экономических показателей энергетики.

Сильное загрязнение воздуха вызывает необходимость ограничивать мощность ТЭС. Для действующих ТЭС ограничение по мощности означает замораживание вложений, дополнительные затраты в дублирующие ТЭС, для проектируемых предприятий — разукрупнение. И то, и другое связано с немалыми экономическими потерями.

Увеличение затрат на природоохраные мероприятия изменяет природную среду к лучшему, однако ощущают это в основном смежные отрасли материально-производственной сфе-

ры и население. Такое несовпадение, в известной мере, тормозит природоохранную деятельность энергетических предприятий.

Немногочисленные расчеты экономического эффекта охраны природы показывают многократное превышение народнохозяйственного эффекта над отраслевым. Так, отраслевой эффект от снижения 1 т вредных выбросов в воздух оценен в размере 1,4 рубля (для Прибалтийской ГРЭС). В целом по народному хозяйству эффект улавливания золы из дымовых газов составляет 12,5 руб/т (для условий Щекинской ГРЭС), и он слагается из эффекта в здравоохранении — 8,5 руб/т, эффекта в коммунальном хозяйстве — более 2 руб/т, эффекта в сельском и лесном хозяйстве — 1,5 руб/т. Максимальный эффект для народного хозяйства оценивается в 300 рублей на 1 т сернистого ангидрида. В таблице 2 сведены оценки народнохозяйственного эффекта охраны воздуха по различным веществам. Это ориентировочные оценки, т. к. для их получения использовались приближенные методы расчета.

Таблица 2

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОХРАНЫ ВОЗДУХА ПО ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ

| Загрязнители | Эффект охраны воздуха (руб/т загрязнителя) |
|----------------|--|
| Пыль | 60—150 |
| Окислы серы | 150—300 |
| Окись углерода | 27—70 |
| Окислы азота | до 250 |

Аналогичное положение для водных ресурсов. Потери электростанции при загрязнении водоемов колеблются от 0,5 коп/ м³ до 3 коп/ м³. Потери же всех отраслей могут достигать 60 коп/ м³, более в зависимости от вида загрязнения и района страны.

Сейчас уже можно говорить об оценках экономического эффекта охраны природы в масштабе всей страны. За годы X пятилетки общий экономический эффект охраны воздуха по стране составил 6 млрд. рублей. По нашим оценкам, эффективность капитальных вложений в охрану воздушного бассейна для народного хозяйства превышает установленный норматив (0,12).

Затраты на охрану природы, которые

не выгодны предприятиям, эффективны для общества в целом. Поэтому необходимо сделать то, что полезно для общества в целом, рентабельным как для отрасли, так и для отдельных предприятий. Пока же основные экономические показатели плана предприятия, такие как рентабельность, производительность труда, фондотдача, себестоимость продукции при росте экологических затрат ухудшаются.

Задача приспособления хозрасчетного механизма к условиям охраны природы не решена экономической наукой и хозяйственной практикой. Предлагаются различные методы расчета штрафов предприятий за загрязнение природы, вознаграждений за охрану, «экологизации» планируемых показателей. Важна цельная система хозяйственного механизма, которая бы стимулировала охрану природы на всех этапах — от проектирования до эксплуатации.

КАК ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ?

Расчеты эффективности — это не самоцель, а средство найти пути ее повышения. Главная экономическая задача страны — интенсификация производства во всех отраслях. Эта задача стоит также и в области охраны природы.

Здесь можно выделить несколько направлений.

Традиционное направление повышения эффективности — ускорение научно-технического прогресса в средствах охраны природы.

Внедрение более мощных очистных комплексов, модернизация установленного оборудования, вложение средств в активную часть природоохранных сооружений уменьшают удельные затраты на охрану природы. Этот процесс наблюдается не только в энергетике, но и в других отраслях народного хозяйства. Совершенствование технологии очистки отражает показатель «ввод очистных мощностей на единицу капитальных вложений». Этот показатель возрастает по народному хозяйству: если в X пятилетке он равнялся 0,2 тыс. м³ очищаемого газа в час на 1 рубль затрат, то в 1982 г.—0,36 тыс. м³/руб. Улучшается этот показатель и в энергетике, причем в энергетике он в 2—4 раза выше. Более высокая отдача вводимых мощностей в энер-

гетике объясняется концентрацией производства, единобразием технологии производства энергии, унификацией очистного оборудования. На графике показан рост отдачи мощностей по охране воздуха, вводимых по народному хозяйству и в энергетике. Технический прогресс в области производства и использования экотехники будет и в дальнейшем улучшать экономические показатели охраны природы.

Второе направление повышения эффективности охраны природы — региональное.

Это особое направление, характерное для природоохранной деятельности. Эффект охраны природы сильно колеблется по территории страны, по отдельным районам. В зависимости от плотности населения, промышленного и сельскохозяйственного развития района эффект снижения 1 т выбросов может заметно меняться. От региона к региону экономический эффект от улавливания 1 т выбросов в воздух по территории страны может колебаться до 30 раз. К этому добавляются колебания эффекта на единицу производимой электроэнергии, которые возникают в зависимости от вида топлива, массы образующихся ингредиентов.

Экономический эффект охраны воды также зависит от регионального фактора. Здесь все определяет тот речной бассейн, на территории которого находится ТЭС. Сток рек в средний по водообеспеченности год, развитие отраслей народного хозяйства в границах речного бассейна, загрязненность сточных вод ТЭС — все это создает неоднородность районов по экономической значимости затрат на охрану водоемов. Так, эффект от снижения сброса сточных вод по отдельным речным бассейнам составляет:

(в руб./млн. м³
приведенного стока)

| | |
|------------------------|------|
| Печора | 20 |
| Северная Двина | 150 |
| Северский Донец, устье | 2590 |
| Дон, устье | 1280 |
| Амур, устье | 30 |
| Южный Буг, устье | 1970 |

Как видно, разница удельного эффекта охраны водоемов между такими многоводными районами, как бассейн реки Печоры, Амура, и районами остродефицитного водного баланса, как Северский Донец, Дон и другие, очень значительна.



Отдача мощностей по охране атмосферы, вводимых в народном хозяйстве и в энергетике

Поэтому при размещении экологических капитальных затрат нужно учитывать особенности отдельных районов страны. Сравним две ТЭЦ Мосэнерго: ТЭЦ-21 (Москва, Коровинское шоссе) и ТЭЦ-22 (пос. Дзержинский Люберецкого района). Оба предприятия выбрасывают в воздух приблизительно одинаковые объемы окислов азота при одинаковой высоте дымовых труб (120 м). Однако ТЭЦ-21 расположена в черте Москвы, в районе с высокой плотностью застройки, концентрации населения и промышленности. ТЭЦ-22 находится в Московской области, в поселке с меньшей плотностью населения. Поэтому одинаковые затраты по снижению выбросов окислов азота в 6 раз эффективнее с точки зрения народного хозяйства на ТЭЦ-21, чем на ТЭЦ-22. Значит, меры по подавлению окислов азота (режимные мероприятия, двухступенчатое скижание топлива, рециркуляция газов) целесообразно в первую очередь проводить на ТЭЦ-21, а затем уже и на ТЭЦ-22.

Аналогичные расчеты эффективности для определения очередности могут проводиться при планировании охраны водоемов. Наиболее ощутимый эффект приносит охрана бассейна Дона, Днепра, Кубани, Южного Буга и ряда других рек. Относительно меньший эффект возникает в бассейнах Северо-Запада Европейской части СССР, Сибири и Дальнего Востока. Так, Красноярская ТЭЦ, Северодвинская ТЭЦ, Райчихинская ГРЭС могут быть отнесены ко второй очереди по проведению водоохранных мероприятий.

ятий. На таких предприятиях как Запорожская ГРЭС, Ворошиловградская ГРЭС, Краматорская ТЭЦ, Севастопольская ГРЭС, Каменская ТЭЦ, Новочеркасская ГРЭС охрана водоемов должна проводиться неотложно. Здесь становится экономически эффективным создание замкнутого водооборота, глубокой очистки стоков, строительство градиен.

Ощущимым фактором роста эффективности охраны природы для энергетиков может стать утилизация отходов.

Ежегодно очистные сооружения улавливают десятки миллионов тонн золы. Это своего рода «побочный» продукт охраны атмосферы, который может окупить затраты по очистке дымовых газов ТЭС. Зола — это сырье для производства стройматериалов, удобрений в сельском хозяйстве. Причем его себестоимость значительно ниже по сравнению с природным сырьем. Весьма существенная экономия при использовании золы в качестве добавки в цемент. Средние затраты на добавки колеблются от 2 до 5 руб./т, а себестоимость золы, как правило, не превышает 1 руб./т. Например, на Славатском кирпичном заводе затраты на сырье при использовании золы местной ТЭС снизились почти в три раза.

Пока использование золы до обидного ограничено и не превышает 10 % ежегодного выхода. Остальное складируется, отвлекая земельные площади и средства на транспортировку и хранение отходов. В отвалах ТЭС по стране скопилось около 1 млрд. т золошлаков, ими занято свыше 18 тыс. га земли.

Однако некоторые республики и отдельные предприятия смогли заметно увеличить утилизацию отходов. Превышен средний уровень использования золы в Эстонской ССР, Украинской ССР, в управ-

лении Главвостокэнерго. Прибалтийская ГРЭС больше половины улавливаемой золы поставляет на предприятия стройматериалов, в сельское хозяйство для известкования кислых почв. Использование этой золы вместо части цемента на Прибалтийском заводе железобетонных изделий снижает себестоимость 1 м³ железобетона на 0,9—1,2 руб. и экономит 15—20 % портландцемента. Суммарный эффект для народного хозяйства очень высок — 6 млн. рублей в год.

Деньги из «воздуха» окупают ныне улавливающий комплекс Прибалтийской ГРЭС и золопогрузочный пункт за 5 лет. Это меньше нормативного срока окупаемости в промышленности (6,2 года). Однако для Прибалтийской ГРЭС достигнутая окупаемость остается условной. Народнохозяйственный эффект перераспределется в пользу потребителя — таково соотношение цен на отходы и первичное сырье.

Сейчас увеличение использования отходов представляет собой задачу не столько техническую, сколько экономическую. И здесь особенно важна роль ценообразования, стимулирования и потребителя, и производителя отходов.

В заключение хочется еще раз подчеркнуть значение экономических факторов в управлении охраной природы. Тщательная экономическая оценка целесообразности природоохранных комплексов, анализ эффективности выделяемых затрат при проектировании, планировании, строительстве, стимулирование снижения выбросов и отходов — такие насущные вопросы, которые стоят перед экономической наукой и практикой в деле сохранения и улучшения окружающей среды.

ШВЕДСКИЙ МЕТОД

В рамках деятельности Международного энергетического агентства Швеция совместно с Японией разрабатывают комбинированный процесс выплавки железа и газификации угля. В конвертор сверху загружают концентрат железной руды, известняк и доломит, снизу через расплав железа под

давлением вдувают пылевидный уголь, кислород, пар и пропан. Идет непрерывный процесс с удалением расплава металла, шлака и газа, состоящего на 99 % из CO и H₂. Преимущество метода — возможность перерабатывать угли с любой зольностью и сернистостью с минимальным загрязнением окружающей среды. Сера и зола угля переходят в шлак,

пары конденсирующихся углеводородов, проходя через расплав, подвергаются глубокому крекингу до низкомолекулярных газов и углерода. Для отработки процесса в 1983 г. в г. Лулео начато строительство пилотной установки «МЕФОС».

«Energy Technology», 1984, № 1



Лучшим изобретением позапрошлого года в Литве была признана... кастрюля. Это само по себе уже сенсация. Первенство обычно достается вещам масштабным — шагающим экскаваторам, самосвалам на сотни тонн, самолетам, в раскидистой тени которых не так-то легко углядеть изящное инженерное решение, если оно вложено, скажем, в шариковую ручку. Во-вторых, что, казалось бы, можно изобрести в кастрюле, которая, наверное, и в древнем Египте служила примером технической банальности.

МЕНЯЮ СВЕЖИЙ ХЛЕБ НА ЧЕРСТВЫЙ

Авторы не претендовали на оригинальность. Задачу они решали узкую и конкретную — создать приспособление, помогающее освежить черствый хлеб. Любой хозяйке способ известен — увлажнить хлеб и нагреть. Так что авторам — директору проектно-конструкторского института местной промышленности в Вильнюсе А. А. Рамонису и одному из ведущих специалистов института В. Л. Раманаускасу — оставалось только подобрать подходящую конструкцию. Попробовали так, попробовали эдак, и получилась обычная кастрюля, но с необычной крышкой, являющейся одновременно емкостью для воды. Заливается примерно стакан. На внутренней стороне крышки установлен электронагреватель и форсунка. Вода кипит, испаряется, и пар через форсунку обдает хлеб. Что же происходит внутри не совсем обычной кастрюли? Рассказать об этом гораздо сложнее, чем изложить идею. Крышка — это миниатюрный электророкотел, пар внутри кастрюли перегревается по «вине» электронагревателя... Это не к тому, что и простое сложно, а чтобы объяснить, почему в числе авторов кастрюли появились и четыре сотрудника института физико-технических проблем энергетики в Каунасе — М. М. Тамонис, Л. И. Дагис, А. Ю. Куприс и В. В. Квеселис.

Кастрюля исправно превращала черствый хлеб в свежий. На этом можно было бы и кончить разговор о ней, если бы не «сверхплановые» достоинства нашей чудо-кастрюли. Прежде всего во время медицинских испытаний, обязательных, когда дело касается еды, обнаружилось, что освеженный хлеб «лучше переносится больными, страдающими язвенной бо-

лезнью, воспалением желудка с повышенной кислотностью».

Затем... Затем кастрюля перестала нравиться ее создателям. Ну, освежает хлеб, он становится полезней, но вряд ли многие станут ей пользоваться, подумали авторы. Уж больно долго она это делает — 15—20 минут, плюс время на заливку воды. А то, что хлеб черствый, обнаруживается обычно утром, когда минуты лишней нет. И тогда решили попробовать кастрюлю просто для приготовления пищи. Почему бы не попытаться — температура пара в «освежителе» около 500 °С.

Попробовали — прекрасно. Можно готовить, что угодно — мясо, птицу, рыбу, овощи. Продукт получается диетический, но далеко не пацовой, в котором вся привлекательность пищи трансформируется в «полезность». Здесь же все сохраняется: и вкус и витамины. Получается нечто среднее между вареным и жареным, ближе к последнему. Поверьте на слово, что это вкусно. По крайней мере, в институте местной промышленности во время обеденных перерывов экспериментальные образцы кастрюли используются со сто процентной нагрузкой.

Это был уже второй сверхплановый эффект. Родился новый метод приготовления пищи. Так что, если кастрюлю начнут выпускать серийно, запомните ее официальное название — «электробытовой прибор для гидротермической обработки пищевых продуктов». Скучновато, нонее вкусно от этого не будет.

В 1984 году кастрюля выставлялась на Лейпцигской ярмарке. Посетители собирались вокруг нее толпой.

Виктор ЛАТЫШЕВ

США: ПЕРЕРАБОТКА ГОРОДСКИХ ОТХОДОВ ОСТАЕТСЯ СЛОЖНОЙ ПРОБЛЕМОЙ

В 1984 г. в США намечалось строительство 200 установок сжигания городских отходов для получения пара и электроэнергии. Подсчитывают, что к 2000 г. половина отходов будет сжигаться, а остальная часть складироваться.

Ежегодно на свалки страны вывозится 80 млн. т. городских отходов. В ряде районов США решающим доводом в пользу строительства установок стала растущая стоимость складирования отходов и увеличение транспортных затрат. В течение 1983—1984 гг. затраты на хранение мусора выросли с 3—5 долл./т до 15—25 долл./т.

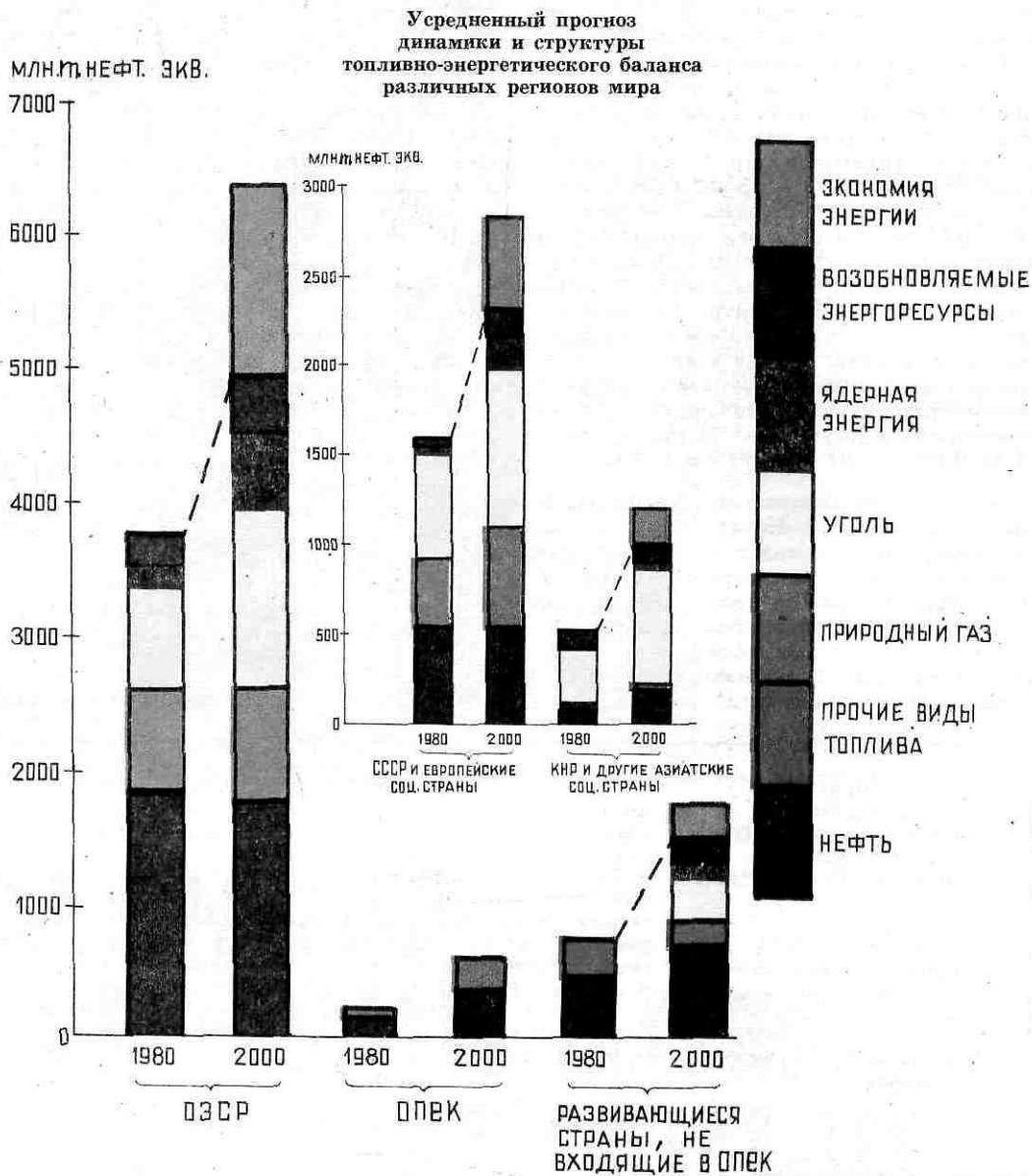
С 1973 г. в США было введено 11 установок сжигания предварительно об-

работанных городских отходов. Суммарная мощность установок превышает 12,5 тыс. т./сут. Такое топливо можно использовать вместе с углем в обычных топках, что обеспечивает существенное снижение капиталовложений по сравнению с прямым сжиганием отходов. Калорийность обработанных отходов повышается в 1,2—1,5 раза и примерно соответствует калорийности бурого угля. «Chemical Engineering», 1984, v. 91, № 6

ПОПРАВКА

В нашем журнале (№ 11, 1984) была опубликована статья И. И. Кузьмина и А. Я. Столяревского «Прогноз энергобаланса планеты». К ней относился помещенный на стр. 38 рис. 4.

К сожалению, из рисунка, по вине типографии, выпала весьма существенная часть. Принося извинения читателям, публикуем рис. 4 в полном виде:



ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Доктор технических наук
В. Е. ЧЕЛНОКОВ

Все большая часть электрической энергии, производимой человечеством, потребляется в преобразованном виде. Так, в СССР доля преобразованной электроэнергии в ближайшее время возрастет до 50 %. Полупроводниковые преобразователи параметров — силы тока, напряжения и частоты — являются промежуточным звеном между источником электроэнергии и ее потребителем. А полупроводниковая электроэнергетика позволяет создать качественно новые технологические процессы, автоматизировать их, обеспечить повышение эффективности общественного производства и его интенсификацию.

К настоящему времени преобразовательные устройства разрабатываются и поставляются более чем в сто отраслей народного хозяйства. Огромное значение имеет создание и освоение полупроводниковых преобразовательных агрегатов, например, для ЛЭП постоянного тока, непосредственного преобразования тепловой, химической и ядерной энергии в электрическую, электрошлакового переплава металлов, перспективных видов скоростного транспорта, компенсации реактивной энергии ЛЭП переменного тока, упрочения деталей трущихся механизмов и инструментов ионным способом, термоядерной энергетики и др. Общий экономический эффект от использования полупроводниковой электроэнергетики за девятую и десятую пятилетки составил несколько миллиардов рублей. Эта ве-

личина могла быть существенно больше, если бы удалось ликвидировать значительный дефицит в преобразовательных устройствах, который сложился в настоящее время.

Полностью удовлетворить потребности народного хозяйства в таких устройствах можно двумя путями: повышая эффективность существующего производства и увеличивая капитальные вложения на его расширение. Технико-экономические расчеты показывают, что требуемые капиталовложения окупаются в ближайшие годы.

В полупроводниковых преобразователях особенно нуждается электропривод. Основные потребители мощного полупроводникового электропривода — металлургическая промышленность (например, стани горячего проката), горнодобывающая техника, буровые установки, турбомеханизмы (насосы, вентиляторы, компрессоры). Замена всех ртутных выпрямителей полупроводниковыми и полное удовлетворение потребности народного хозяйства в полупроводниковых преобразователях позволила бы увеличить на 5—10 % производительность механизмов и оборудования, получить дополнительно значительное количество продукции и сэкономить более 10 % потребляемой электроэнергии.

Отдельную большую группу полупроводниковых преобразователей составляют преобразователи для электровозов, тепловозов и городского транспорта. Они позволяют решать проблемы увеличения

грузооборота, а также снижения удельного потребления электроэнергии. Например, при полном оснащении транспорта полупроводниковыми преобразователями можно увеличить на несколько процентов грузо- и пассажирооборот, скорость транспорта, его тягу, снизить удельный расход топлива и сэкономить более 10 % потребляемой электроэнергии.

К области электротехнологии относятся электролиз, гальваника, электрофизическая и электрохимическая обработка материалов, электрошлаковый переплав и др. Применение полупроводниковых преобразователей только для электрофизической обработки материалов высвободит ежегодно около сорока тысяч рабочих. Использование таких преобразователей для питания гальванических ванн и становков электрохимической обработки металлов позволит сэкономить ежегодно около 3000 т цветных металлов и 500 млн. кВт · ч электроэнергии.

Разные типы силовых полупроводниковых приборов

Полупроводниковая электроэнергетика позволяет также эффективнее решать некоторые технические и экономические проблемы в электротехнике и особенно в электромашиностроении. Оценочные расчеты показывают, что можно сократить расход меди на 2–3 кг, а черных металлов на 10–15 кг на каждый кВт мощности полупроводниковых преобразователей. Таких примеров можно было бы привести множество для всех отраслей народного хозяйства.

Сегодня все полупроводниковые преобразовательные устройства создаются на основе кремниевых силовых приборов (СПП), составляющих элементную базу полупроводниковой электроэнергетики. В настоящее время выпускается свыше ста типов приборов (диоды, тиристоры, симисторы, опто- и фототиристоры, транзисторы и др.) с широким диапазоном параметров. Общие объемы производства увеличились за последние 10 лет более чем в 10 раз. И все же спрос далеко не удовлетворяется.

Что же касается качества преобразователей электроэнергии, то оно практически



полностью определяется качеством СПП. Этим вопросом занимаются давно, решаются и уже решены основные физические и технологические проблемы.

Фундаментальные исследования эффектов инжекции, сильного электрического поля и коммутационных процессов в электронно-дырочных переходах, начатые в 1958 г., а также решение ряда проблем конструирования и изготовления многослойных структур с $p-n$ переходами привели к созданию диодов и тиристоров разных типов и позволили заложить основы новой отрасли народного хозяйства СССР — полупроводниковой электроэнергетики. В 1966 г. первый цикл этих работ, научным руководителем которых является академик В. М. Тучкович, был отмечен Ленинской премией..

На основе комплекса исследований были разработаны различного рода общепромышленные и высокочастотные полупроводниковые приборы. Для них потребовался быстродействующий ключевой прибор, управляемый малым сигналом. С помощью средств классической силовой кремниевой электроники эта задача решилась созданием ключевых транзисторов на основе многослойных структур с $p-n$ переходами как на одном монокристалле, так и в виде составных устройств. В настоящее время уже разработаны транзисторы на ток 100 А и напряжение 300—500 В, в ближайшем будущем эти параметры будут увеличены до 200—500 А и 1000—1500 В.

Прогресс в развитии СПП определен комплексными программами, в которых предусмотрено внедрение в производство сверхмощных тиристоров и диодов с жесткооптимизированными основными параметрами и узким диапазоном разброса этих параметров, что приведет к существенному повышению эффективности аппаратуры. Кроме того, предусмотрено создание качественно новых типов силовых транзисторов, тиристоров с комбинированным выключением и запираемых тиристоров. Особенностью их будет не только повышенное быстродействие, но и способность выключаться с помощью сравнительно малого сигнала на управляющий электрод. Все будущие разработки в этих программах запланированы на основе прогрессивных технологических методов, обеспечивающих техническое перевооружение отрасли.

Как уже говорилось, в настоящее время все СПП изготавливаются на осно-

ве кремния. По мнению специалистов, кремний, благодаря своим уникальным физическим и технологическим свойствам, останется основным материалом для СПП до 2000 года.

Анализ зарубежных данных и требований отечественной преобразовательной техники приводит к выводу, что повышение быстродействия при сохранении на высоком уровне тока и напряжения является основным и определяющим требованием ко всем новым типам СПП. Задача повышения эффективности полупроводниковой электроэнергетики может быть решена оптимальным способом с помощью арсенид-галлиевых СПП, при этом могут быть уменьшены материально- и энергозатраты.

По оценкам, при соответствующих материально-технической базе и внимании со стороны разработчиков к 1990 г. может быть создан арсенид-галлиевый тиристор на ток 1250 А и напряжение 3,5 кВ, но со временем выключения не более 10—20 мкс.

Вследствие повышения плотности тока, линейные размеры выпрямительного элемента уменьшаются примерно в два раза. Если учесть, что для арсенид-галлиевых приборов вместо вольфрама необходимо применять сплав железа и никеля, не трудно представить величину народнохозяйственного эффекта по всей отрасли от такой экономии материалов — полупроводников и металлов.

Кроме того, технологические процессы производства арсенид-галлиевых структур с $p-n$ переходами по управлению и трудоемкости являются не более сложными, чем диффузионные процессы изготовления кремниевых структур. В то же время температура этих процессов для арсенида галлия в 1,5—2 раза ниже, а длительность в несколько раз меньше, чем для кремния.

При производстве арсенид-галлиевых СПП полностью исключается механическая обработка полупроводниковых пластин, что существенно уменьшает трудоемкость.

Что касается потребления полупроводникового материала, то производство арсенид-галлиевых структур является практически безотходным производством, т. к. арсенид галлия будет использоваться только в виде сильнолегированных подложек.

Требования к таким подложкам легко выполнимы, поэтому создание их специа-

лизированного производства экономически более оправданно для народного хозяйства.

Так как арсенид-галлиевые СПП значительно ближе к идеальному ключевому прибору, чем кремниевые, то их применение во всех типах преобразователей резко упростит схемы и конструкции преобразователей. Все это, в конечном счете, даст большую экономию материалов и энергозатрат и повысит эффективность производства.

Рассматривая дальнейшие перспективы развития полупроводниковой электро-

энергетики, нельзя не сказать в заключение о возможности создания СПП на основе карбида кремния. По совокупности параметров эти преобразователи могут превосходить не только кремниевые, но и арсенид-галлиевые. Однако некоторые свойства карбида кремния существенно затрудняют процесс создания структур с $p-p$ переходами на его основе. Поэтому задача разработки и освоения производства карбид-кремниевых СПП относится в настоящее время к сравнительно далеким перспективным проблемам полупроводниковой электроэнергетики.

ИНФОРМАЦИЯ

ЕЩЕ РАЗ О ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРЫ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

Агентство по охране окружающей среды США (ЭПА) опубликовало в октябре 1983 г. доклад, в котором утверждается, что в 90-х гг. атмосфера Земли будет нагреваться под воздействием роста концентрации в ней углекислого газа и возникающего в результате этого «парникового эффекта».

Примерно в это же время вышел в свет доклад Национального совета по научным исследованиям, где также признается острота проблемы накопления углекислого газа в атмосфере.

В обоих докладах утверждается, что уровень содержания углекислого газа в атмосфере примерно удвоится с 270 частей на миллион в 1986 г. до приблизительно 600 частей на миллион в 2060—2080 гг., при этом средняя температура атмосферы может возрасти на 2 °С.

По мнению С. Зайделя, редактора доклада ЭПА, повышение температуры

приведет к резкому изменению количества атмосферных осадков и повышению уровня Мирового океана, что губительно скажется на экономических и экологических системах. Одним из возможных способов сокращения выбросов углекислого газа Зайдель считает использование растворителя моноэтаноламина в качестве абсорбента CO_2 в выбросах энергетических установок. Стоимость установки системы очистки выбросов с использованием моноэтаноламина на новой электростанции мощностью 200 МВт может находиться в пределах 46—216 млн. долл.

Другим способом борьбы с углекислым газом, по мнению Зайделя, являются лесопосадки. Перспективен в этом отношении американский платан, который хорошо развивается в умеренном климате. Известно, что 1 km^2 лесного массива из американских платанов в возрасте 50 лет способен абсорбировать в год в среднем 750 т углекислого газа. Вместе с тем, чтобы поглотить выбросы углекислого газа за 50 лет при нынешних темпах потребления ископаемого топлива, достигших 5 млрд. Гт/год, потребуется посадить и вырастить примерно 6—

7 млн. km^2 платановых лесов, что сравнимо по площади с территорией Европы (10 млн. km^2).

В качестве экономического стимула сокращения выбросов углекислого газа ЭПА предлагает ввести двойной или тройной налог на использование ископаемого топлива.

А. А. СУЭТИН
(*По материалам зарубежной печати*)

ЯПОНСКАЯ НОВИНКА

Весной 1985 г. начнет действовать японская установка «JT-60» для исследований термоядерного синтеза. Ее строительство уже завершено на 80 %. Первично на установке будут проводиться эксперименты при омическом нагреве плазмы, затем для повышения температуры плазмы намечается использовать инжекцию пучка нейтральных частиц и радиочастотный нагрев. К 1987 г. на этой установке предполагается достичь условий равновесного термоядерного синтеза. «Nuclear Engineering International», 1984, v. 29, № 357

Картички с выставки

ПЯТНАДЦАТЬ РАЗДЕЛОВ — ДВЕСТИ ЭКСПОНАТОВ

В конце прошлого года в Москве проходила 29 городская радиовыставка, посвященная 40-летию Победы Советского народа в Великой Отечественной войне. На ней были представлены результаты двухлетней работы московских радиолюбителей-конструкторов. Пятнадцать разделов выставки вместили около двухсот самых разнообразных экспонатов, созданных умелыми руками.

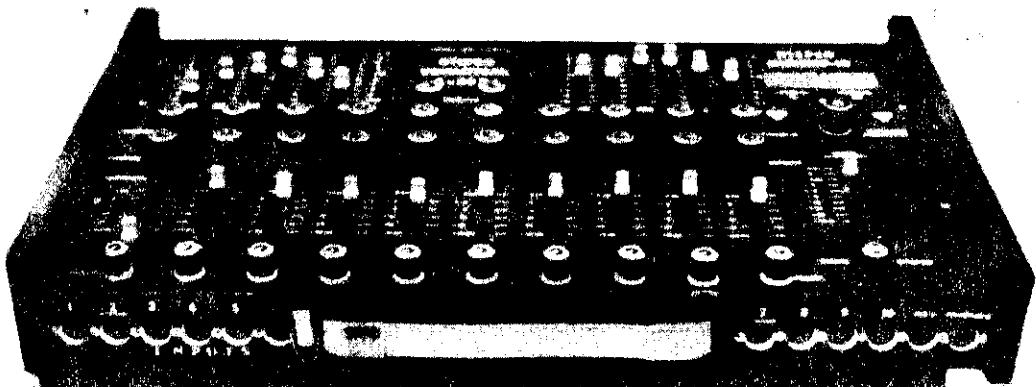
Пожалуй, не было посетителя, внимание которого не привлек бы раздел «Применение радиоэлектроники в медицине», а в нем миниатюрный измеритель пульса. Кто сегодня не занимается «аэробикой», оздоровительным бегом, наконец, просто не делает физзарядку! И все знают, что приучить тело повиноваться себе нельзя, не измеряя периодически пульс. Благодаря точности, быстродействию, простоте в обращении прибор, созданный В. Я. Еф-

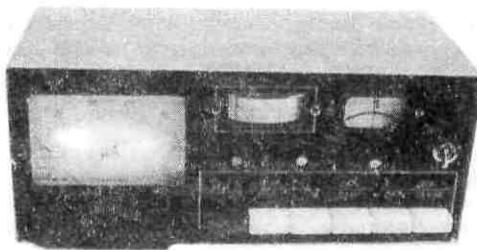
ремовым, очень удобен для индивидуального пользования, помогает выбрать режим физической нагрузки, соответствующий возможностям, возрасту и физическому состоянию человека.

Не менее интересен прибор для электроакупунктуры, позволяющий найти биологически активные точки на теле человека и воздействовать на них электрическими импульсами оптимальной частоты и амплитуды (автор В. Г. Сухачев).

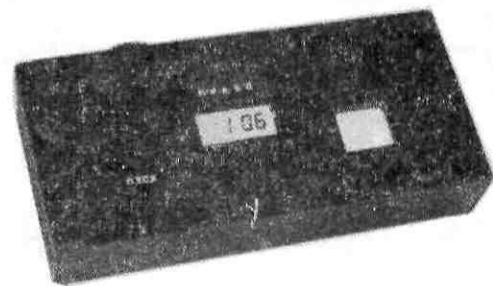
Иммунотермистор — так называется прибор для электроакупунктурной диагностики и медикаментозного тестирования, который представил В. А. Лихарев с соавторами. Измеряя проводимость то-

Стереомикшер — предназначен для смешивания сигналов в эстрадном ансамбле на два усилителя мощности, для подключения ревербератора и для записи на магнитофон

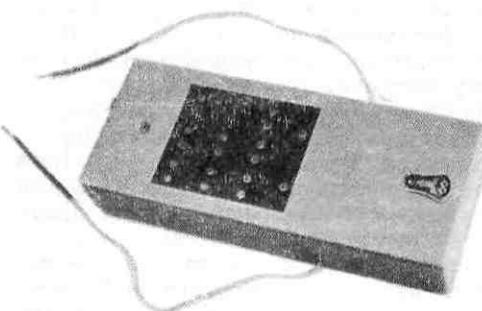




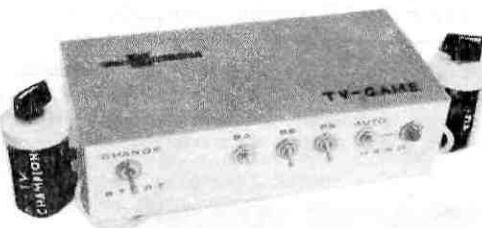
Прибор для электроакупунктурной диагностики, медикаментозного тестирования и терапии



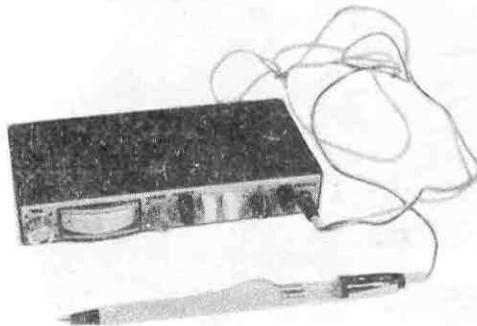
Цифровой измеритель пульса



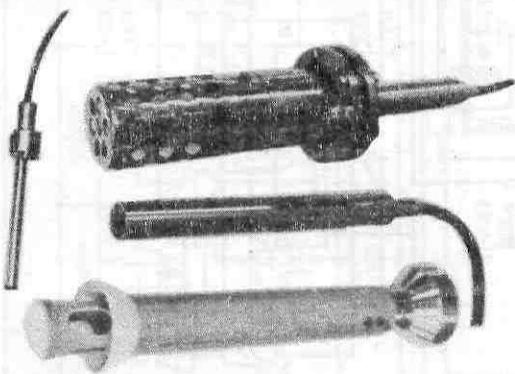
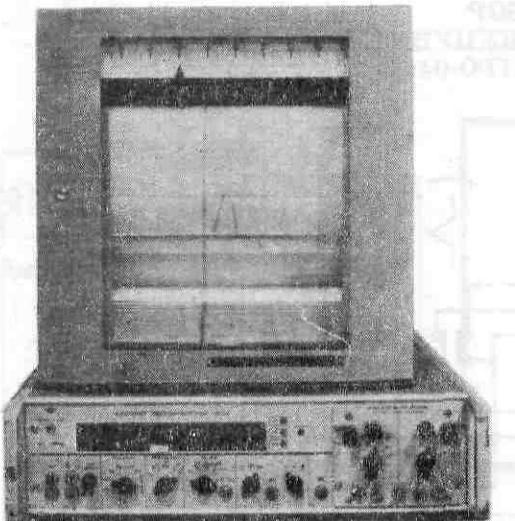
Электронная игра «Крестики-нолики»



Телеигра



Малогабаритный прибор для электроакупунктуры «ВС-электро-04»



Медицинский термометр

чек, предназначенных для акупунктуры, можно диагностировать состояние человеческого организма. Кроме того, специальный тест позволяет подобрать необходимые медикаменты и их дозировку с учетом особенностей организма конкретного человека.

Нам показался интересным (полезен он безусловно) прибор для ориентирования слепых (автор В. А. Селезнев). По внешнему виду — это обыкновенные очки. Работают они по принципу направленного излучения импульсов в инфракрасном участке спектра. После отражения от препятствия, возникшего на пути слепого человека, «очки» принимают их, и раздается звуковой сигнал опасности.

В разделе «Применение радиоэлектроники в строительстве и коммунальном

хозяйстве» заслуженным успехом пользовался компьютер «Альфа», который демонстрировал В. Р. Богачев с соавторами. В качестве дисплея, отображающего вводимые в компьютер задания и результаты их решений, по мнению авторов, можно использовать любой серийный телевизионный приемник. (Авторы предпочли телевизор «Юность».)

Футбол, хоккей, теннис, лапта — и все это на одной площадке, в любую погоду, больше того — не выходя из дома — предложил посетителям выставки Б. Д. Мазо. Небольшой пульт подключается ко входу любого телевизора. «Телегигра» позволяет воспроизводить на экране различные игровые ситуации, перемещать мяч, шайбу, ворота, сетки...

Нельзя не отметить прекрасную конструкцию В. А. Молчанова «Стереотюнер с электронным управлением и часами», получившую высшую оценку в разделе «Приемная и телевизионная аппаратура».

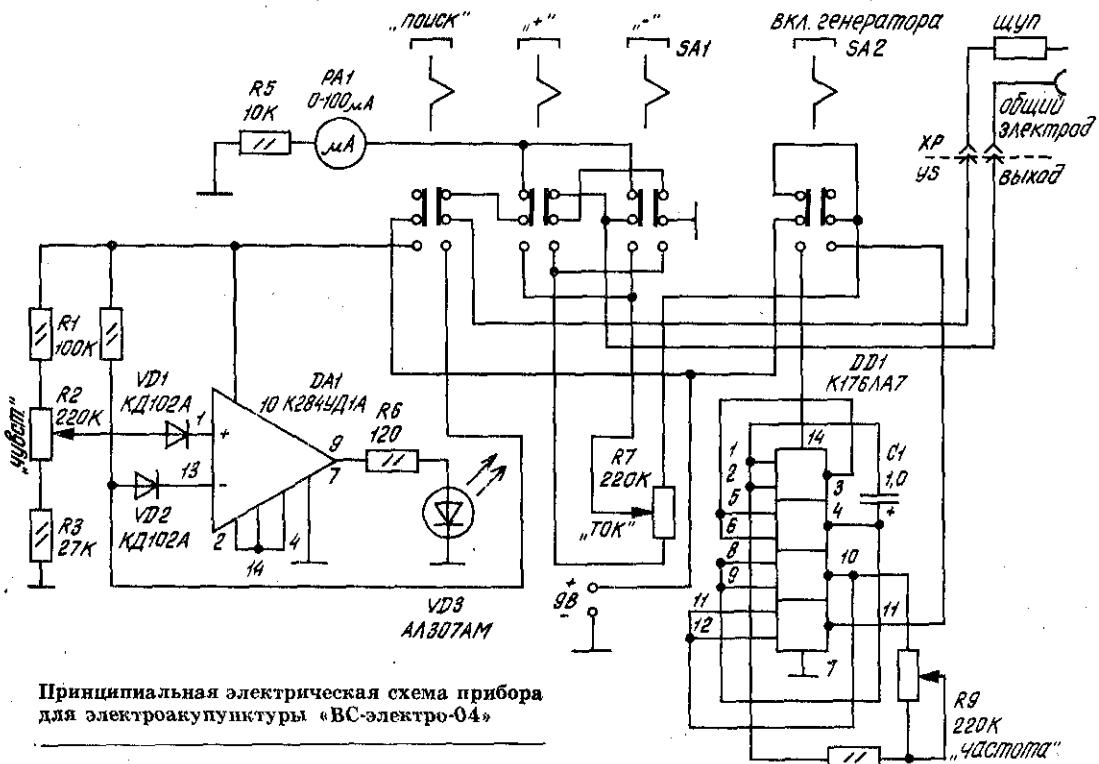
На выставке были представлены несколько первоклассных усилителей для высококачественного звукоспроизведения, управляемый генератор гармонических колебаний, звуковой генератор с кварцевым калибратором.

Специальный раздел был посвящен творчеству юных радиолюбителей — членов радиотехнических кружков при школах, станциях юных техников и ЖЭКах.

Основные экспоненты выставки — спортивно-технические клубы «Патриот» (руководитель А. А. Мельников), «Эра» (руководитель О. В. Сучков) и студенческое самодеятельное КБ при Московском авиационном институте (руководитель А. Г. Щербинский). Многие их разработки защищены авторскими свидетельствами, награждены дипломами и медалями ВДНХ. А те устройства, которые успешно работают в различных отраслях народного хозяйства, уже принесли немалый экономический эффект.

Если бы автора спросили, что ему больше всего понравилось на выставке, то он назвал бы не конкретный прибор, а отметил бы высокий технический уровень, ибо в схемных решениях все чаще и все смелее применялись самые современные элементы: цифровая индикация, интегральные микросхемы, операционные усилители, микропроцессоры, оптоны. Да и внешний вид аппаратуры отвечал самым высоким эстетическим требованиям.

**ПРИБОР
ДЛЯ ЭЛЕКТРОАКУПУНКТУРЫ
«ВС-ЭЛЕКТРО-04»**



Принципиальная электрическая схема прибора для электроакупунктуры «ВС-электро-04»

Целью разработки малогабаритного прибора «ВС-электро-04» было создание удобного в эксплуатации карманного прибора для обеспечения возможности проведения циклов электротерапии в индивидуальном порядке по назначению врача.

В приборе предусмотрен режим поиска биологически активных точек по признаку минимального электрического сопротивления, а также режим лечения положительным или отрицательным постоянным импульсным микротоком.

В режиме поиска в области возможного нахождения конкретной биологически активной точки щупом на кожном покрове человека находится точка с минимальным сопротивлением. Момент нахождения точки индицируется световодом Д3. Регулировкой «Чувствительность» устанавливается необходимый порог срабатывания операционного усилителя DA1, включенного по схеме компаратора. В качестве порогового элемента выбран операционный усилитель с высоким входным сопротивле-

нием K284УД1A. Чтобы ограничить ток поиска величиной 1 мА, в схему включен резистор R_{огр}.

В режиме «+» и «—» на конце щупа устанавливается постоянное напряжение величиной 9 В положительной или отрицательной полярности относительно общего электрода. Сила тока регулируется потенциометром «ТОК» и индицируется микроамперметром PA1 типа M4248 в пределах от 0 до 100 мА.

При нажатии кнопки А2 «Включение генератора» включается генератор прямоугольных импульсов на микросхеме DD1 типа К176ЛА7 и на щупе появляются импульсы положительной или отрицательной полярности заданной амплитуды. Ручкой «Частота» устанавливается необходимая частота импульсного сигнала в пределах от 1 до 100 Гц.

Питание прибора автономное от батареи «Крона» +9 В. Время непрерывной работы с одной батареей 80 часов. Масса прибора — 230 г, размеры 140 × 65 × 23 мм.

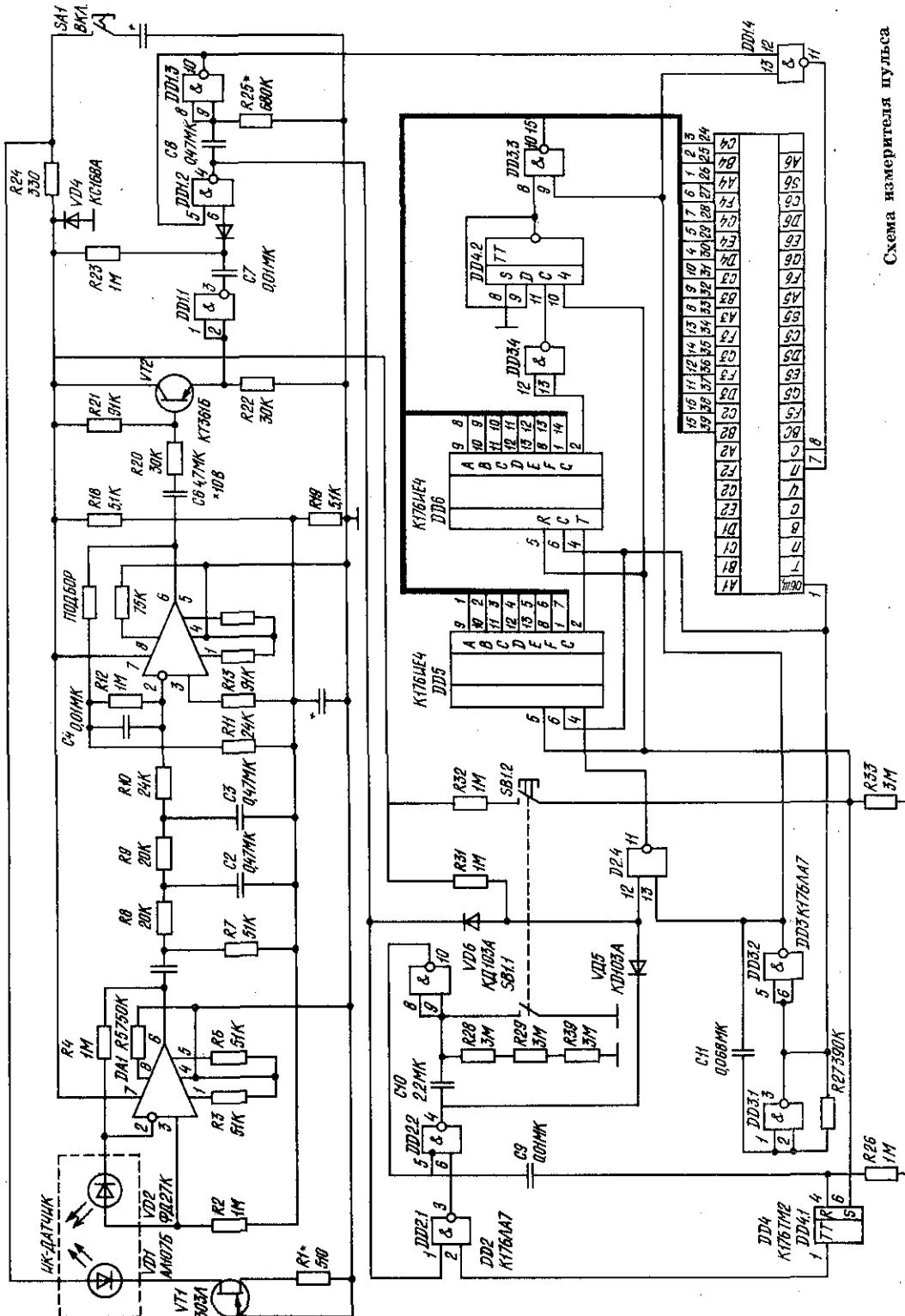
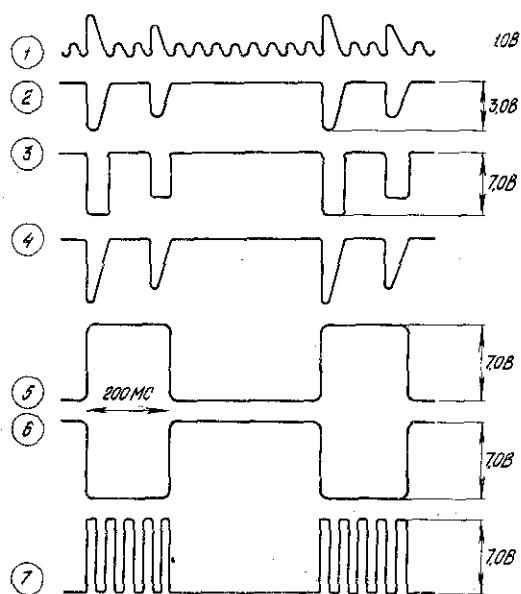
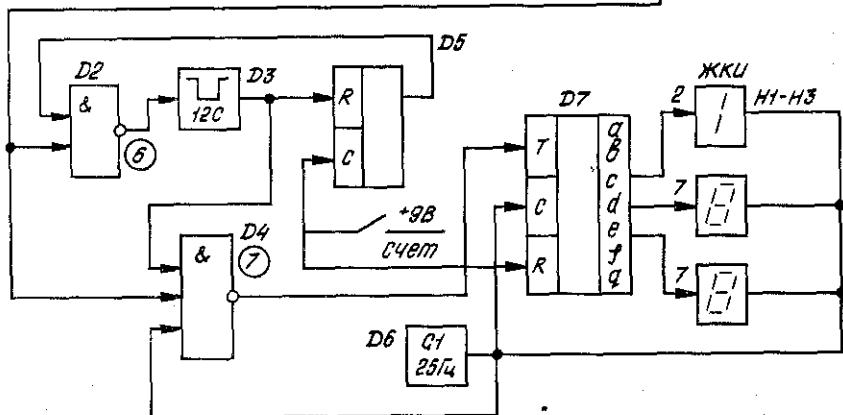
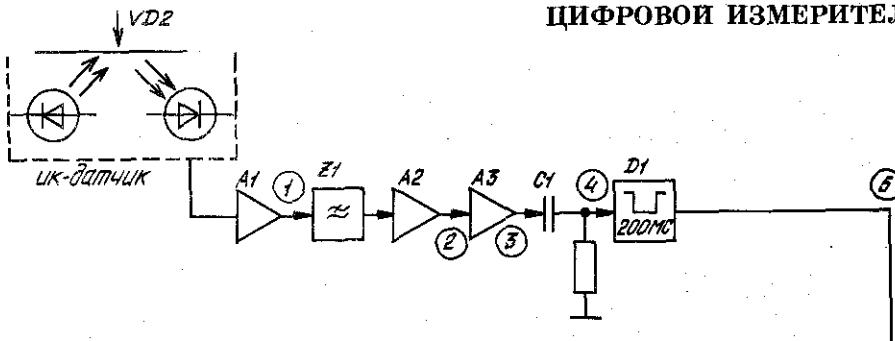


Схема измерителя пульса

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПУЛЬСА



В настоящее время в процессе физических занятий самоконтроль ведется по частоте сердечных сокращений. Пульс при этом не должен превышать число, вычисление по формуле: 180 минус возраст. Нагрузка считается адекватной возможностям организма, если спустя 10 минут после выполнения упражнения частота пульса не превышает 100 ударов в минуту. Следовательно, люди, укрепляющие свое здоровье с помощью физкультуры, должны регулярно измерять пульс. Обычно это делается так: подсчитывается число ударов пульса за определенный промежуток времени (15, 20 или 30 секунд) и переводится в количество ударов в минуту. Цифровой измеритель пульса осуществляет эту операцию значительно быстрее и с большей точностью — всего через 12 секунд после того, как палец положили на датчик, прибор покажет частоту биений сердца. Благодаря миниатюрности и автономному питанию измеритель пульса удобен для использования при занятиях физкультурой как в домашних условиях, так и на улице.

К ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЕ

Сигнал пульса снимается с инфракрасного (ИК) фотодиода VD2 датчика и поступает на вход усилителя A1. Усиленный сигнал (эпюра

Эпюры
к функциональной схеме
цифрового
измерителя пульса

ра 1) проходит через фильтр $H4Z1$ и поступает на второй усилительный каскад $A2$, на входе которого амплитуда сигнала достигает величины 3В (эпюра 2). Каскад $A3$ осуществлял переход от усилительной части к цифровой, выполненной на микросхемах серии КМОП и доводил уровень сигналов до амплитуды 7В (эпюра 3). Продифференцированные сигналы отрицательной полярности (эпюра 4) запускают одновибратор $D1$. Поскольку кровь в капиллярах пальца пульсирует в такт с сокращениями сердца, за одно его сокращение с датчика снимается не один импульс, а несколько. Осциллограмма на выходе усилителя $A2$ (эпюра 2) подобна электрокардиограмме (ЭКГ), поэтому одновибратор $D1$ срабатывает по первому максимальному импульсу и на время 200 мс, равное длительности выходного импульса не реагирует на входные сигналы. Таким образом, при каждом сокращении сердца одновибратор $D1$ вырабатывает импульс, который поступает в цифровую часть прибора. Здесь происходит подсчет числа импульсов пульса за интервал времени, рав-

ный 12 с, и это число умножается на 5, а результат появляется на жидкокристаллических индикаторах (ЖКИ) $H1-H3$. Подсчет импульсов происходит только после нажатия кнопки «Счет», при этом триггер $D5$ устанавливается в единичное состояние и импульсы с одновибратора $D1$ начинают проходить через схему совпадения $D2$. Первый же прошедший импульс запускает одновибратор $D3$, определяющий время подсчета биений пульса, а на схеме совпадения $D4$ производится замена каждого импульса длительностью 200 мс на 5 импульсов длительностью 20 мс (эпюра 7). Таким путем осуществляется умножение на 5. Эти пачки импульсов поступают на вход счетчика $D7$ и по окончании времени счета, определяемого одновибратором $D3$, в счетчик записывается число, равное количеству ударов пульса в минуту. По окончании измерения триггер $D5$ сбрасывается в нулевое состояние, и прохождение импульсов через $D2$ прекращается. Чтобы начать новый цикл измерения, необходимо снова нажать кнопку «Счет».

П. В. ЯЗЕВ

РЕМОНТ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Высокая степень надежности электроснабжения, экономия энергии и трудовых затрат — такую цель преследует разработка новой технологии ремонта высоковольтных линий под напряжением. В Виннице уже действует и одновременно продолжает расширяться Всесоюзный центр работ под напряжением, в котором обучаются бригады сетевых предприятий.

Ценный опыт ремонта воздушных линий под напряжением накоплен в ГДР, Венгрии и успешно осваивается в Молдавии, Белоруссии и на Украине. Эксперименты по ремонту под напряжением линий электропередач 330 кВ проведены в Одессе.

Новая технология ремонта позволяет полностью отказаться от плановых отключений, составляющих примерно половину всех отключений потребителя. Отключение же только одной из

украинских ЛЭП-750 и переход на вспомогательные схемы питания потребителей увеличивал потери в сетях более чем на 1 млн. кВт·ч в сутки.

«Знамя коммунизма»
(Одесса),
1.11.1984

ВЭЛ ДЛЯ ТАЙМЫРА

Утвержден проект строительства воздушной линии электропередач напряжением 220 кВ на Таймыре. Это третья по счету энергомагистраль, запроектированная Сибирским отделением «Энергосетпроекта» на севере Красноярского края. По своей протяженности она значительно превосходит две предыдущие. Воздушная электролиния связует ГЭС, сооружаемую в Светлогорске на реке Курейка, с Норильском. С ее пуском энергоснабжение крупнейшего города Заполярья станет более стабильным.

45-километровая трасса ВЭЛ-220 пройдет в непосредственной близости от 69-ой

параллели. Значительная ее часть приходится на глубокие торфяные болота. Поэтому фундаменты под металлические опоры будут сооружаться без производства земляных работ, а блок из железобетонных свай, служащий основанием для опор, будет укладываться на болото.

При эксплуатации двух первых ВЭЛ, функционирующих в экстремальных условиях Заполярья, выявились их уязвимость. На энергомагистрали Вилюйской ГЭС — Игарка трижды обрывались провода: ледяной панцирь на них был настолько толстый, что они не выдерживали его тяжести. На новой линии избежать этого помогут установки плавки гололеда, работающие на постоянном токе.

Сооружение ВЭЛ-220 Курейская ГЭС — Норильск намечено завершить в 1988 г. Сметная стоимость строительства — 150 млн. руб.

«Советская Сибирь»,
9.10.1984

НОВЫЙ МЕТРОПОЕЗД: ИДУТ ИСПЫТАНИЯ

Валерий
ЕВСЕЕВ



Метро часто называют эталоном транспорта. В этом, пожалуй, нет преувеличения. Разве трамвай, автобус или даже такси могут гарантировать с точностью до минуты время нахождения в пути?

А метро... Проведите несложный эксперимент. Входя в вагон на кольцевой линии, обратите внимание на часовое электронное табло над входом в туннель. Завершив виток, сойдите на той же станции и снова взгляните на часы. Вы можете повторять этот опыт раз за разом, результат будет тот же: ровно тридцать минут — ни больше и ни меньше — займет у вас эта поездка.

Созданный на Мытищинском машиностроительном заводе новый метропоезд, прообраз которого проходит сейчас испытания на той же московской кольцевой линии, позволит в недалеком будущем сократить и это время.

К станции подходит поезд. Люди на платформе привычно делают шаг вперед, но потом останавливаются, удивленные необычным видом состава. В нем все незнакомо: и цвет, и форма вагонов. Поезд притормаживает у платформы, но двери не открываются: пассажирам пока сюда вход воспрещен. Вместо них серебристый состав везет металлические болванки, по 18 тонн в каждом вагоне — столько же весят две сотни весьма плотных мужчин. Да еще в вагонах — разнообразная аппаратура, помогающая следить за всеми нюансами характера, поведения и самочувствия новорожденного поезда, которому предстоит «пробежать» не менее 200 тысяч километров, прежде чем он получит права гражданства.

Впрочем, родословная новых вагонов внушает уверенность, что этот экзамен



будет выдержан успешно. Продукция Мытищинского машиностроительного завода хорошо известна всем, кто прибегает к услугам подземного транспорта. Метрополитены девяти наших городов и ряда зарубежных стран успешно пользуются поездами с маркой «ММЗ».

Вагоны, которые проходят сейчас испытания, официально именуются вагонами типа «И». Так уж повелось — каждое новое детище метровагоностроителей называть очередной буквой алфавита. А началось все, конечно же, с «А».

Состоявшийся в июне 1981 года Пленум ЦК ВКП (б) принял решение «немедленно приступить к подготовительной работе по сооружению метрополитена в Москве, как главного средства, разрешающего проблему быстрых и дешевых людских перевозок». Одновременно с проектированием и строительством подземных трасс и вокзалов начались работы по созданию и невиданных еще у нас в стране поездов. Партией была поставлена задача: для советского метро сделать лучшие в мире вагоны.

Почетный заказ на их изготовление не случайно передали Мытищинскому заводу. И дело не только в том, что Мытищи находятся совсем рядом со столицей. Открытый в 1896 году, этот завод за свою долгую историю выпускал пассажирские и товарные вагоны, вагоны для конки и трамвай. В 20-е годы по проекту заводских конструкторов здесь впервые в СССР начали изготавливать электровозы и электровагоны.

И вот два сияющих краской вагона выкатились из сборочного цеха на заводской двор. Это были вагоны типа «А».

Кто же те люди, что сумели полвека назад создать вагоны, к которым мы так привыкли, которые до последнего времени не казались нам несовременными?

Откройте 37-й том Полного собрания сочинений В. И. Ленина, где напечатано его «Письмо к американским рабочим». В примечании к нему сказано: «Задача доставки «Письма» в США была выполнена П.И. Травиным (Слетовым).».

В 1918 году добраться до Америки было нелегко. Большевик Травин под фамилией

Слетова с трудом устроился плотником на датский корабль и пересек океан. О выполнении этого партийного задания он лично доложил В. И. Ленину.

Несколько годами позже инженер Травин возглавил производственную комиссию Мытищинского завода, а потом руководил коллективом, разработавшим проект первого вагона для московского метро.

Много замечательных судеб и событий переплелись с судьбой Мытищинского завода. Здесь работал девятнадцатилетний слесарь Василий Блюхер — будущий легендарный военачальник, арестованный в 1910 году за призыв к заводской забастовке. Еще до Великой Октябрьской социалистической революции по инициативе заводской большевистской организации в Мытищах была осуществлена постановка пьесы М. Горького «Враги». Во время премьеры полицейский надзиратель потребовал опустить занавес. Но рабочие настояли и пьесу доиграли до конца. В многотиражной газете завода работал поэт Дмитрий Кедрин.

...Испытываются вагоны типа «И». Вероятно, к настоящему времени мытищанцы добрались бы в алфавите и дальше. Если бы не война. Завод перешел на выпуск боевой техники. Вместо метровагонов из его ворот выкатывались зенитные бронепоезда. А ведь основное производство было эвакуировано на Урал и многие работники ушли на фронт. Не случайно на знамени завода рядом с орденом Октябрьской Революции орден Отечественной войны I степени.

Пока идут испытания нового типа вагонов, завод продолжает выпускать те, что привычны каждому пассажиру метро. Но и в них происходят конструктивные изменения. Например, сейчас практически полностью устранен неприятный шум при торможении вагонов на станциях. Обещают метровагоностроители справиться и с повышенным шумом от работы электрического оборудования, обеспечивающего освещение в салонах.

Голубые экспрессы... Мы так привыкли к этому поэтическому названию подземных составов, что прощаются с ним будет жалко. Но придется. Как говорят конструкторы, красота должна быть функциональна. Цвет новых вагонов — серебристо-серый. Выполненные из высокопрочных алюминиевых сплавов, новые вагоны чуть ли не вдвое легче существующих — четыре тонны вместо семи. А между тем,

пассажиров такой вагон сможет взять «на борт» на 30 человек больше.

Впервые в отечественной практике кузову вагона придана шестиугольная или, как говорят конструкторы, бочкообразная форма. Это и позволило увеличить объем салона. Также впервые применена и система центрального пневматического подвешивания. Специальные резиновые емкости, установленные под вагонами вместо традиционных пружин, автоматически «подпрыгивают» воздухом в зависимости от нагрузки. Больше пассажиров — пневмошины подкачиваются сильнее, меньше — воздух сбрасывается. Реагирует новое устройство и на распределение нагрузки с той или другой стороны вагонов — таким образом, пол в салоне будет все время находиться в строго горизонтальном положении, а значит, намного уменьшится неизбежная качка. А при расчетной скорости новых составов до 100 километров в час это, согласитесь, немаловажно.

Особое внимание при конструировании нового метропоезда уделено безопасности движения. Предусмотрена возможность использования автоматики при управлении составом. Удобнее станет и машинисту — изменена планировка кабины, оборудование и система управления расположены с учетом современных эргономических требований.

Еще одна существенная деталь. Конструкторы решили проблему рекуперации — возврата электроэнергии обратно в сеть при торможении поезда. Это делается путем перевода работы тяговых двигателей в генераторный режим, что позволяет экономить до 11 % электроэнергии, затрачиваемой на движение поезда.

В целом, как считает директор Мытищинского машиностроительного завода, лауреат Государственной премии СССР В. М. Донсков, внедрение вагонов типа «И» даст экономический эффект в 2,5 миллиона рублей ежегодно.

...Каждый день из Краснопресненского метродено экспериментальный состав выходит на линию. В ходе эксплуатационных испытаний уточняются многие конструктивные решения, вносятся изменения и дополнения в различные узлы и приборы. Главный конструктор ММЗ по вагоностроению В. Д. Завьялов говорит:

— Нам предстоит создать вагоны, которые будут служить в метрополитенах нашей страны до конца нынешнего века, да, видимо, и в начале будущего. Поэтому

сейчас мы стараемся довести их конструкцию до совершенства. Уже в будущем году мы выпустим на линию новый экспериментальный поезд, отличающийся от того, который проходит испытания сегодня.

Да, работа над подземными экспрессами завтрашнего дня не закончена. И тем не менее уже сейчас можно сказать, какие же приятные неожиданности ждут в новых вагонах пассажиров.

Прежде всего, как уже говорилось, в салоне станет значительно тише. Улучшится и освещение. Люминесцентные светильники расположатся по потолку в три линии, так что стоящие пассажиры не будут закрывать свет тем, кто сидит и читает. Будет применена принудительная вентиляция — если в сегодняшних вагонах воздух подается в салон только

на ходу через специальные «черпаки», вделанные в крышу, то в новом составе скорость его движения никак не будет влиять на подачу воздуха в салоны. К тому же сквозняка в салонах не будет, схема подачи воздуха продумана таким образом, что он будет растекаться равномерно по салону. Улучшится отделка салонов — цветной слоистый пластик придаст им уютный вид.

...Очередной испытательный виток по кольцу мы завершили за тридцать минут. Ни больше, ни меньше. Конечно же, новый состав способен пройти этот путь и быстрее. Но это станет возможным тогда, когда на всей линии будут курсировать поезда, составленные из вагонов, над созданием которых работают сейчас в Мытищах. Это будет через несколько лет. А пока идут испытания экспрессов типа «И».

НОВЫЕ ЦИНКОВО-ВОЗДУШНЫЕ БАТАРЕИ

Электрохимические источники системы цинк — воздух известны давно. Еще в 1932 г. Г. В. Хайссе и Э. А. Шумахер запатентовали такую батарею, и с тех пор она производится во многих странах почти без изменения основных компонентов. Главное предназначение ее — обеспечение электроэнергией плавающих морских навигационных знаков (буев) — для световой сигнализации.

Цинково-воздушные батареи «ЦВ-320», «ЦВ-500» и «ЦВ-3000», разработанные в Болгарии, в Центральной лаборатории электрохимических источников тока, пре- восходят по своим характеристикам аналогичные зарубежные образцы.

Батарея поставляется в инертном состоянии, и в таком виде может сохраняться неограниченное время, не теряя своих качеств. Необходимый для активирования электролит в сухом или растворенном виде находится в отдельной упаковке.

Батареи не содержат ядо-

витых веществ, создающих экологические проблемы при их уничтожении. А это особенно важно, ведь они являются источниками тока с однократным применением.

Мало кто верил, что элементы будут нормально работать на больших высотах при низкой температуре и нехватке кислорода. Но все сомнения рассеялись, когда на высоте 5500 м болгарские альпинисты включили элементы. Радиосвязь, регистрирующая техника и освещение были обеспечены. Цинково-воздушные батареи оказались отличными источниками электроэнергии и при эксплуатации в море. С 1981 г. все плавающие навигационные знаки ГДР работают с элементами «ЦВ-500». Здесь найдет применение и «ЦВ-3000», образцы которой были успешно испытаны Морской гидографической службой ГДР.

По данным Всемирной организации морской сигнализации в Мировом океане только одних плавающих навигационных средств зарегистрировано более 30 тысяч. Если иметь в виду, что помимо устаревших цинково-воздушных ба-

тарей из системы «Хайссе — Шумахер» используются и элементы «Лекланше», основной компонент которых двуокись марганца, то думается, большинство стран скоро воспользуются достоинствами батарей, созданных в Болгарии. А пока на маяке в Адриатическом море проводятся испытания батарей из 11 элементов «ЦВ-3000».

Новые элементы не боятся и температуры — 40 °C, при которой электрохимические источники тока классических систем выходят из строя, а этот факт несомненно должен заинтересовать и полярников.

М. ФИЛОНОВ

*«Наука и техника»
(Болгария)
1984, № 36*

НОВАЯ АЭС В КНР

Близ Шанхая строится атомная электростанция с реактором, охлаждаемым водой под давлением, мощностью 300 МВт. Она будет введена в эксплуатацию в 1988 г.

*«Nuclear News»,
1984, v. 27, № 10*

НОВЫЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ

Институтом «КАТЭК-НИИуголь» совместно с Институтом химии и химической технологии СО АН СССР разрабатывается способ растворения углей низшими алифатическими спиртами, находящимися в сверхкритических состояниях.

При переработке углей этим способом их органическая масса переходит в «угольную нефть» и газ, в составе которого практически отсутствует водород, состоящий более чем наполовину из углеводородов. Жидкий продукт может быть использован в качестве котельного топлива. Путем дальнейшей переработки он превращается в моторные топлива и химпродукты. В прошлом году были получены первые пробы бензина с высоким октановым числом.

*«Красноярский рабочий»,
30.10.1984.*

НОВАЯ ГЭС НА КУРЁ

В ближайшем будущем в среднем течении Куры развернется сооружение крупного гидроэнергетического комплекса. Уже утверждено технико-экономическое обоснование строительства

Кирсанской ГЭС, разработанное специалистами Бакинского отделения института Гидропроект им. С. Я. Жука.

Новый гидроузел станет третьей ступенью средне-куринского каскада гидроэлектростанций. Мощность Кирсанской ГЭС составит 380 тыс. кВт. Она рассчитана на выработку 850 млн. кВт·ч электроэнергии в год. Введение ГЭС в эксплуатацию позволит улучшить снабжение электроэнергией промышленных и сельскохозяйственных объектов в западной части Азербайджана.

*«Бакинский рабочий»,
3.11.1984*

БОГАТСТВА ДАГЕСТАНСКИХ НЕДР

С начала 11-й пятилетки объединение «Дагнефть» dando стране сверх плана 74 тыс. т нефти и 105 млн. м³ газа. В 1984 году открыты новые залежи нефти на разрабатываемом Южносухокумском месторождении. На севере Дагестана успешно продолжаются работы на открытом в 1983 г. нефтегазоконденсатном месторождении «Озерное». В непосредственной близости от Махачкалы ведутся перспектив-

ные разведочные работы на газоконденсатном месторождении «Димитровское». Еще одно газоконденсатное месторождение «Новолакское» открыто в предгорном Дагестане.

*«Дагестанская правда»,
2.09.1984*

АТОМСЕРВИС

«АтомСВТсервис» — так будет называться новое предприятие, созданное на базе двух запорожских — Опытного завода дефектоскопии и Централизованного предприятия технического обслуживания средств вычислительной техники. Впервые в отечественной практике создано предприятие для внедрения и централизованного технического обслуживания автоматизированных систем управления на атомных электростанциях. В круг решаемых им задач входят пуско-наладочные работы на новых АЭС, техническое обслуживание автоматизированных систем управления энергоблоками, изготовление необходимого для этих целей специального технологического оборудования.

*«Индустриальное Запорожье»,
5.10.1984*

ЗАДАЧИ

1. Сколько воды должно испаряться в час в градирнях электростанции мощностью 1 млн. кВт, если считать, что циркуляционная вода охлаждается только за счет испарения. КПД электростанции равен 38 %.

2. В регионе имеется тепловая электростанция, вся вырабатываемая электроэнергия которой потребляется на его собственные нужды. Как изменится суммарное антропогенное тепловыделение в этом регионе, если при том же потреб-

лении электроэнергии КПД электростанции возрастет с 38 до 45 %?

Уважаемые читатели! В новом году редакция предполагает продолжить публикацию задач. Мы надеемся, что вы примете самое активное участие не только в их решении, но и в составлении новых задач, лучшие из которых будут напечатаны. Ответы на задачи, опубликованные в 10 и 12 номерах журнала за прошлый год, будут даны во втором и четвертом номерах. После этого по итогам решения задач за прошлый год будут определены победители.

О. В. НАЗАРОВА

ДНЕЙ МИНУВШИХ АНЕКДОТЫ



ЗАЯДЛЫЙ КУРИЛЬЩИК

Я думаю, господин профессор, вы настоящий заядлый курильщик — целый день не вынимаете изо рта вашу любимую трубку — сказала юная дама Альберту Эйнштейну.

— Вы считаете, что я даже не чищу зубы? — возмутился Эйнштейн, выпуская еще одно облачко дыма.

МАСТЕРА С НЕБА НЕ ПАДАЮТ

Один из пионеров авиастроения и воздухоплавания Отто Лилиенталь (1848—1896) однажды совершил тяжелый полет в непогоду. Неистовые порывы ветра швыряли машину из стороны в сторону. После приземления Лилиенталь сказал своему брату:

— Сегодня было много приключений. Ты не боялся за меня?

— Ни в коем случае, Отто! Подумай сам, чтобы стать таким мастером как ты, надо потрудиться. Было бы очень просто, если бы мастера валились к нам с неба.

ОТ НАС ЭТО НЕ ЗАВИСИТ

В квартире Нильса Бора (1885—1962) висела подкова.

— Разве это возможно! — удивился один из посетителей великого физика.— Вы человек точных наук, суеверны?

— Конечно же, нет,— решительно возразил Бор.— Но мне сказали, что подкова приносит счастье независимо от того, верим ли мы в это или нет.

ЛОГИКА НАПОЛЕОНА БОНАПАРТА

Наполеон был плохим учеником, но с раннего детства проявлял недюжинные способности к установлению причинно-следственных связей. Рассказывают, что когда школа, в которой он учился, сгорела, и учащиеся возликовали, маленький корсиканец лишь пожал плечами:

— Рано радуетесь,— сказал он,— учитель-то жив.

ТРУДНО БЕЗ ЖЕН

Австрийская писательница лауреат Нобелевской премии Берта фон Зутнер (1848—1914) посвятила свою жизнь пацифистскому движению и борьбе за женское равноправие. Ее деятельность нередко наталкивалась на весьма скептическое отношение в «обществе».

— Почему же женщины не сделали в науке таких открытий, как мужчины? — спросили однажды писательницу.

— До сих пор,— ответила Зутнер,— женщины были слишком заняты домашним хозяйством. Мужчинам приходится куда легче. А у нас ведь даже нет жен.

КИТАЙСКАЯ МУДРОСТЬ

Чарли Чаплин весьма высоко отзывался о науке и культуре древнего Китая.

— Подумать только,— говорил великий артист,— у древних китайцев был порох, но они не использовали его на войне, они изобрели бумагу, но не печатали газет, а главное, они имели компас и не открыли Америку!

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик
В. А. КИРИЛЛИН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный секретарь
Е. И. БАЛАНОВ

Академик
Е. П. ВЕЛИХОВ

Кандидат экономических наук
Д. Б. ВОЛЬФЕРГ

Кандидат экономических наук
А. Г. ГАДЖИЕВ

Редактор отдела
Ю. А. ДВОРЯДКИН

Член-корреспондент АН СССР
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. ЛИХТЕНИШТЕЙН

Академик
А. А. ЛОГУНОВ

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

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

Академик
Л. А. МЕЛЕНТЬЕВ

Академик

[В. И. ПОИКОВ]

Член-корреспондент АН СССР
А. А. САРКИСОВ

Доктор экономических наук
Ю. В. СИНЯК

Академик
М. А. СТЫРИКОВИЧ

Доктор технических наук
Л. Н. СУМАРОКОВ

Доктор технических наук
В. В. СЫЧЕВ

Редактор отдела
кандидат военных наук
В. П. ЧЕРВОНОБАБ

Академик
А. Е. ШЕЙНДЛИН

Доктор технических наук
Э. Э. ШПИЛЬРАЙН

Редактор отдела
Р. Л. ЩЕРБАКОВ

Корректоры:

Т. С. Жиздркова, В. Г. Овсянникова

Главный художник **С. Б. ШЕХОВ**

Технический редактор **М. А. СЕПЕТЧЯН**

Над номером работали художники

О. Грачев, В. Дубов, А. Верцайзер, В. Киреев,
В. Кривда, А. Лисицын, А. Любимов, Р. Мусин

Номер готовили редакторы:

И. Г. Вирко

С. З. Гущев

Ю. А. Дворядкин

Л. Ю. Камочкина

С. Н. Пширков

Е. М. Самсонова

В. П. Червонобаб

Р. Л. Щербаков

На второй странице обложки —
Детский культурный центр в Нижневартовске.
Фрагмент макета. Фото Л. Мелихова

На четвертой странице обложки —
Фотографика Р. Мусина

Адрес редакции: 111250, Москва, Е-250,
Красноказарменная ул., 17а, тел.: 273-39-42

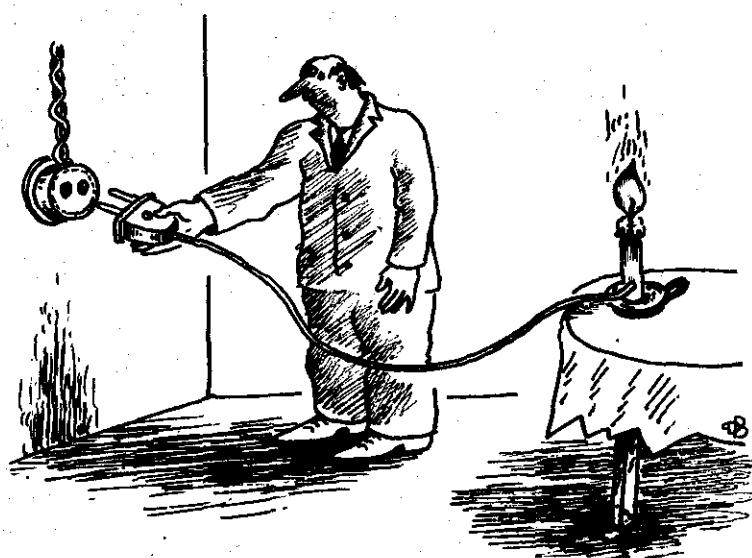
Сдано в набор 07.12.84. Подписано к печати
08.01.85. Т-03304 Формат 70×100¹/₁₆.
Офсетная печать. Усл. печ. л. 5,2. Усл. кр.-отт.
304,2 тыс. Уч.-изд. л. 6,9 Бум. л. 2. Тираж 19867
Зак. 3245

Ордена Трудового Красного Знамени
Чеховский полиграфический комбинат
ВО «Союзполиграфпром»
Государственного комитета СССР
по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли,
г. Чехов Московской области

Карикатуристы пародируют действительность



Наша жизнь с каждым годом становится все более кипучей. Значит — все энергичней. И этот факт не может не отразиться в рисунках карикатуристов. Говорят, что карикатура — это не отображающее зеркало, а увеличительное стекло. Поэтому предупреждаем: не все будет точно. Но если не все будет смешно... Тогда претензии к художнику Василию ДУБОВУ.



Цена 45 коп.

Индекс 71095

