

ТЕХНИКА

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1985/8

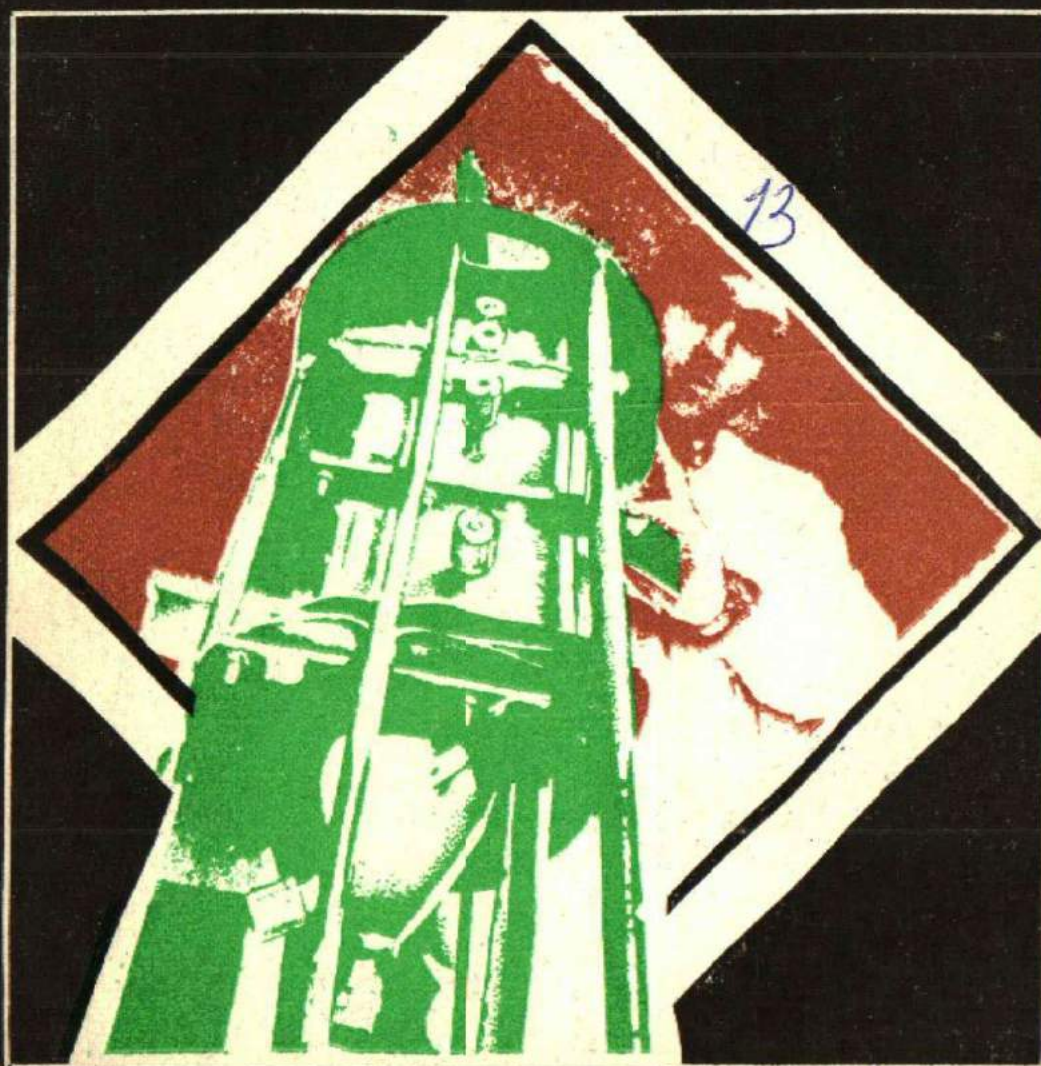
**ТЕХНИКА,
год 1985
(сборник)**

*Что может
биотехнология*

*Пути
отечественной
энергетики*

*От поколения
к поколению*

*Задачи
станкостроителей*



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

НОВОЕ
В ЖИЗНИ,
НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ТЕХНИКА

№ 8

Издается
ежемесячно
с 1961 г.

ТЕХНИКА, ГОД 1985

В ЭТОМ НОМЕРЕ

Новые технологии

Что может биотехнология

Пути отечественной энергетики

От поколения к поколению

К комплексной автоматизации

РЕДАКЦИОННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Техника за рубежом

Мозаика для лектора

Издательство «Знание» Москва 1985

ББК 30
Т 38

РЕДКОПЛЕГИЯ

Н. В. Фролов,

академик
(председатель)

А. И. Аристов,

кандидат технических наук

Ю. Н. Астахов,

кандидат технических наук

Б. М. Базров,

доктор технических наук, профессор

Г. В. Веников,

кандидат технических наук

Л. И. Волчкович,

доктор технических наук, профессор

В. А. Данилычев,

доктор физико-математических наук,
профессор

В. Я. Зайцев,

доктор технических наук, профессор

Е. П. Попов,

член-корреспондент АН СССР

Э. Я. Сапожников,

зам. начальника отдела
Госкомизобретений

Р. А. Чаянов,

начальник отдела ГНТ

К. Ю. Чириков,

кандидат технических наук

Г. Д. Шнырев,

доктор технических наук

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. Фундаментом технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства по праву считается машиностроение. Ведь именно на машиностроение возложена обязанность воплощать достижения науки в высокопроизводительные и надежные энергетические и рабочие машины, различные механизмы, инструменты, предметы потребления и др. Сегодня это и широкая автоматизация производственных процессов, и использование «малоотходных» методов формообразования (профильная прокатка, прессование из порошков и гранул и др.), позволяющих максимально приблизить форму и размеры заготовок к размерам готовых деталей; все интенсивнее распространяются в машиностроении электрофизические (ЭФ) и электрохимические (ЭХ) методы обработки материалов, с помощью которых удается изготавливать детали, инструменты и другую продукцию из трудно поддающихся традиционной механической обработке твердых сплавов, высоколегированных сталей, ферритов, рубинов, алмазов.

Однако новые технологии — не самоцель, и прежде чем их внедрять, необходимо определить, как они «впишутся» в целостную технологическую систему производства. Какого, например, эффекта можно ожидать от высокоточного электронного устройства для регулировки на прокатном стане степени обжатия заготовки валками, если возможности гидросистем, создающих усилие на валках, не соответствуют точности этого устройства?

Итак, машиностроение — фундамент НТП, и, естественно, оно забирает себе львиную долю конструкционных материалов. Основной конструкционный материал — металл. В нашей стране только черной металлургией ежегодно вырабатывается свыше 110 млн. т чугуна, более 150 млн. т стали, около 110 млн. т готового проката. И почти $\frac{3}{4}$ всей металлопродукции, включая литье, потребляют машиностроение и металлообработка!

Рассмотрим подробнее новые прогрессивные технологии, которые определяют НТП в машиностроении, предварительно уточнив, что в металлургии и машиностроении малоотходными технологическими процессами принято называть производственные процессы с отходами металла от 10 до 15%, а один из важнейших показателей

«технологичности» изготовления той или иной продукции — коэффициент использования металла, равный отношению массы детали к массе металла, израсходованного при ее производстве.

Малотходные, малооперационные, высокоэффективные. Основные способы получения заготовок и деталей из металла — литье, обработка давлением (ковка, штамповка, прессование и др.) и механическим резанием, сварка и т. д. Самый «отходный» из этих способов — резание, на долю которого в машиностроении и металлообработке приходится 60% всех металлоотходов. Остальные потери распределяются так: литейное производство — 33%, кузнечно-прессовое — 6, сварочное — 1%.

Литейное производство — основной и традиционный поставщик заготовок в машиностроении. Сейчас более 70% отливок выполняют в разовых песчано-глинистых формах. Этот испытанный веками способ достаточно универсален, но явно несовременен. Невысокая точность, значительная шероховатость поверхности отливок требуют их механической обработки. При этом коэффициент использования металла по чугунному литью всего 0,7, а по стальному еще меньше — 0,6. Что и говорить, с такими показателями литейному производству до малоотходной технологии далеко. Вот и пришлось, например, в 1982 г. перевести в отходы около 6 млн. т чугуна и 3 млн. т стали!

Ныне при получении литых заготовок все чаще применяют более совершенные процессы: литье по выплавляемым моделям, в керамические формы, под давлением и другие прогрессивные способы. Эти специальные способы позволяют отливать заготовки и детали повышенной точности, с минимальными припусками на обработку резанием, а то и вообще не требующие дополнительной обработки. Применение керамических форм вместо песчано-глинистых позволяет снизить массу отливок на 15%, причем на 50% уменьшаются припуски на дополнительную обработку, а выпуск годных деталей повышается на 10%. Выгоды такой замены очевидны.

Еще эффективнее литье по выплавляемым моделям. На те же отливки идет в 2 раза меньше металла (опять же по сравнению с литьем в песчаные формы). Подобным образом можно изготавливать отливки сложной конфигурации практически из любых сплавов, получать тонкостенные детали (с толщиной стенки до 1 мм и ме-

нее) массой от нескольких граммов, создавать сложные конструкции, объединяющие несколько деталей в один узел. Например, лопасти турбин со сложными лабиринтными полостями газового тракта практически невозможно выполнить каким-либо другим способом.

Сущность литья по выплавляемым моделям в следующем. В пресс-форме из специального состава изготавливают модель детали и наносят на нее слой формовочной смеси, которая, затвердевая, образует оболочковую форму. Из формы выплавлением (отсюда и название способа), растворением или какой-либо другой операцией удаляют модельный состав и в прокаленную форму заливают металл.

Способ экономичен. Например, отливка 1 т сложных и точных деталей по данной технологии позволяет «обойтись» без 2 т металлопроката, которые бы потребовались на изготовление тех же деталей, и сэкономить до 1000 станко-часов, необходимых для дальнейшей механической обработки заготовок из проката, полученного обычно.

Технология эта не без недостатков. Прежде всего литье по выплавляемым моделям — процесс многооперационный и операции (сборка моделей, нанесение на модель суспензии для оболочковой формы и др.) достаточно сложны. Он также весьма «требователен»: качество отливок в значительной степени определяется свойствами модельного состава и суспензий.

Кроме литья по выплавляемым моделям, в машиностроении все более крепкие позиции занимают центробежное, кокильное литье, литье под давлением, в формы машинной и пескометной формовки. У каждого способа свои характерные особенности, но все они экономят металл, повышают производительность труда, улучшают его условия, исключают вредное воздействие на окружающую среду. Так, в производственном объединении «Киевпромарматура» литьем под давлением (ЛПД) получают латунные детали. Краткий пример: если, например, при получении корпуса запорного клапана с помощью песчано-глинистой формы отливка весила около 27 кг, то в результате применения ЛПД массу корпуса удалось уменьшить до 5,2 кг, что принесло годовой экономический эффект в 25 тыс. руб.

На орловском заводе «Текмаш» внедрен механизированный участок кокильного литья для получения отли-

вок массой до 50 кг. Уровень механизации и автоматизации производства на участке 82,8%. При выпуске кокильных отливок до 1000 т в год трудоемкость процесса снижается на 59%, себестоимость — на 12,8 тыс. руб., а годовая экономия составляет 10,3 тыс. руб.

По выпуску отливок на душу населения наша страна занимает ведущее место в мире, примерно вдвое превосходя по этому показателю США и Японию и в 1,5 раза — ФРГ. Годовое производство отливок в СССР превышает 25 млн. т (столько же отливок дают США, Япония и ФРГ, вместе взятые). На долю машиностроения и металлообработки приходится 70% объема отливок.

Если общий рост производства отливок за 3 года одиннадцатой пятилетки составил 101,5%, то рост производства отливок, полученных специальными способами, — 115,3%. Качество отливок повышается благодаря улучшению их эксплуатационных свойств, снижению металлоемкости и увеличению геометрической точности отливок и т. д.

Ковка довольно долго оставалась одним из основных способов обработки металлов. И в наше время свободной ковкой и другими традиционными методами в отечественном машиностроении изготавливают около 60% всех заготовок. Однако сейчас обработка металлов свободной ковкой не может удовлетворить нашу промышленность — у нее очень низкий коэффициент использования металла, отходы достигают 45% (в то время как применение проката снижает отходы до 25%). Поэтому ковку все активнее и активнее «теснят» другие, более экономичные способы обработки металлов давлением — штамповка и прессование. Все эти технологические процессы составляют кузнечно-штамповочное производство, через которое проходит в нашей стране около $\frac{2}{3}$ всего выплавленного металла.

Одно из перспективных направлений кузнечно-штамповочного производства — холодная объемная штамповка. Если деталь проста, например цилиндр с уступом, ее можно изготовить за одну операцию; изделия более сложной формы — болты с шестигранной головкой, втулки — проходят последовательно несколько переходов, то есть последовательных деформаций в штампах с различной оснасткой. Достоинств у объемной штамповки множество. Изделия, полученные этим методом, имеют высокие и стабильные свойства, так как в процессе из-

готовления этих изделий не происходит рекристаллизация, обычно снижающая прочность и твердость металла (процесс-то холодный и заготовка нагревается всего до 300—400°С и главным образом в месте контакта со штампом); наоборот, в результате приложенного давления металл дополнительно упрочняется. Из-за отсутствия окалины поверхность деталей получается качественной, поэтому можно обойтись без последующей механической обработки.

Холодная объемная штамповка по праву считается одним из наиболее эффективных направлений малоотходных технологий. Ведь коэффициент использования металла в этом случае доходит до 0,95%. Расчеты показывают, что «перевод» 1000 т металла с традиционных методов обработки на объемную штамповку высвобождает 20 рабочих-станочников и 15 металлорежущих станков—почти целый цех! Сберегается до 250 т стали! Особо эффективна холодная объемная штамповка с помощью многопозиционных автоматов — их производительность, по сравнению со штамповкой на прессах, выше в 60 раз. А чтобы изготовить одно и то же число деталей, автомату необходимо в 10—15 раз меньше времени, чем автоматическому токарному станку!

Очень технологична штамповка деталей из... жидких (расплавленных) металлов. В подобном процессе как бы сочетаются элементы литья (плавка металла, заливка его в штамп с последующей кристаллизацией под давлением) и кузнечно-штамповочного производства (прессы, штампы). По сравнению с ковкой при «жидкой» штамповке экономится 50—70% металла, причем этим способом одинаково успешно «отливают» и толстостенные, и тонкостенные детали массой до 10 кг. Так как под воздействием давления металл уплотняется, соответственно повышаются и его механические свойства. В СССР по такой технологии производят шестерни, зубчатые колеса, детали для трубопроводов высокого давления.

По наиболее «безотходной» технологии изготавливаются детали в порошковой металлургии. Суть способа проста: из заранее подготовленной шихты формируют заготовку нужной конфигурации и выдерживают ее при повышенной температуре (но ниже температуры плавления исходного материала). В результате мелкозернистая смесь спекается, приобретая необходимые механические свойства. Чтобы уменьшить пористость спеченных мате-

риалов, а она в отдельных случаях достигает 60%, заготовки дополнительно обрабатывают давлением, для чего, например, спекание объединяют с прессованием. Методами порошковой металлургии можно изготавливать детали довольно сложной формы, а совмещением операций спекания и пайки — даже с полостями и каналами. Отходы в порошковой металлургии самые минимальные — ведь масса готовой детали равна массе исходного порошка (механическая «доработка» деталей в большинстве случаев не требуется). Вспомним, что при изготовлении деталей литьем и резанием иногда до 60—80% металла теряется в литники, идет в стружку и т. д. В ряде случаев с помощью порошковой технологии на 1 т изделий удается экономить до 1,4 т металла! (Подробнее о порошковой металлургии можно прочитать в брошюрах серии «Техника» № 11—12 за 1983 г.).

Прокатка. Сейчас на прокатных станах вырабатывают не только традиционные профили (швеллеры, рельсы, тавры и др.), но и такие ранее нетипичные для прокатки изделия, как шары, оси, ролики, втулки, зубчатые колеса. «Прокатная» технология высокопроизводительна, непрерывна и благодаря этому легко автоматизируема и т. д. Рассмотрим эффективность метода на примере винтовой прокатки. Обжатие в этом случае осуществляется 3—4 косорасположенными валками, между которыми помещается вращающаяся заготовка. При поступательном движении относительно валков и формируется заданная деталь. На заводах нашей страны впервые в мировой практике винтовой прокаткой стали получать заготовки вагонных и тепловозных осей. Срок эксплуатации катаных осей, по сравнению с коваными, на 4 года больше при прочих равных условиях. Заготовки, полученные таким образом, на 40—80 кг легче. При годовой производительности стана 400 тыс. заготовок за 12 месяцев удалось сберечь около 25 тыс. т металла, а экономический эффект составил 11 млн. руб. Дальнейшее совершенствование процесса привело к замене сплошных осей полыми, что уменьшило их массу еще на 80 кг (!) и дополнительно сэкономило в год около 32 тыс. т металла.

При производстве высокоточных (припуск 0,5 мм) заготовок для шаров подшипников заменаковки и штамповки прокаткой сокращает расход металла на 20%, снижая трудоемкость процесса в 1,5—3 раза. А прокат-

ка резьбы эффективнее традиционных способов нарезки на токарных и зубофрезерных станках в 10—20 раз! Уже освоена прокатка длинных винтов с крупной резьбой любого профиля (винты с шагом резьбы более 8 мм обрабатываются в горячем состоянии). Скорость прокатки резьбы 0,3—12 м в минуту. Полученные винты прочнее нарезанных плашкой, поверхность их тверже, металла экономится 10—15%.

Вообще обработка давлением значительно бережнее обращается с металлом, чем обработка резанием. Отходы при резании достигают 10—12 млн. т в год, на удаление излишних припусков и черновую обработку приходится до 90% всех затрат. Специалисты считают, что необходимо увеличить долю заготовок, изготавливаемых точными методами (прокаткой, штамповкой и др.), а также внедрить в производство мощное шлифовальное оборудование и жесткие скоростные токарные станки, на которых можно было бы обрабатывать детали с уменьшенными (1,2—1,5 мм на сторону) припусками.

Но и резание не сдает позиций. Намечается повысить производительность металлорежущего оборудования в 3,5—5 раз, уделяя особое внимание производству станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, многопозиционных и других станков.

Еще далеко не полностью исчерпаны и возможности традиционных инструментальных материалов — твердых сплавов. Так, применение крупных многогранных неплетачиваемых пластин (МНТП) с износостойким покрытием МС2210 и МС1460 при черновой обработке крупных заготовок из мало- и среднелегированных сталей позволяет интенсифицировать режимы резания в 1,4—1,5 раза по сравнению с «обычными» напайными пластинами Т5К10. Опыт использования МНТП на Атоммаше и Ленинградском механическом заводе при обработке роторов и других деталей доказал их высокие режущие свойства, не уступающие аналогичным у пластин зарубежных фирм.

В таких пластинах прочная основа, и нанесенный на нее износостойкий слой толщиной 3—10 мкм «сочетаются» качества, ранее несовместимые у твердых сплавов. Это позволяет использовать повышенные скорости резания при больших сечениях стружки и снижает вероятность поломки инструмента. На Атоммаше используется также МНТП с многослойными износостойкими по-

крытиями марки ВП-1255, при помощи которых режимы обработки деталей из среднелегированных сталей превышают в 1,3—1,8 раза режимы, оптимальные для резцов с напайными пластинами Т5К10 и Т15К6.

В заключение несколько слов о сварочном производстве, на которое приходится всего 1% общих отходов металла. Металлоемкость изделий, полученных сваркой из штампованных или кованных заготовок, на 30—50% меньше, чем у тех же изделий, изготовленных каким-либо другим способом. И повышение доли сварных металлоконструкций — одно из перспективных направлений увеличения продукции машиностроения с помощью малоотходных технологий.

Вместо резца — электроны. В современном машиностроении используются все больше и больше материалы (высоколегированные стали, твердые сплавы, ферриты, синтетические кристаллы), с трудом поддающиеся традиционным методам обработки. Это заставило создать и внедрить в производство новые производительные технологии, позволяющие изготавливать из подобных материалов изделия самой сложной формы (штампы, пресс-формы и т. д.). Наиболее перспективны оказались электрофизические (ЭФ) и электрохимические (ЭХ) методы обработки материалов; съем (резание) материала облегчается благодаря ослаблению связей в заготовке при нагреве (ЭФ) или же благодаря переводу металла в легкоудаляемые химические соединения (ЭХ). С помощью ЭФ и ЭХ методов удастся «сломить сопротивление» самых твердых материалов, получая из них детали с тончайшими отверстиями или щелями, даже с криволинейной осью! При чем новым технологиям неважно, подвергалась деталь предварительной термообработке или нет!

Электрофизические методы отличает высокая концентрация энергии (10^3 — 10^8 Вт/см²) на локальных участках обрабатываемой детали. В результате «стружка» удаляется с поверхности в расплавленном или парообразном состоянии. Энергия выделяется при электрическом разряде или подводится к заготовке лучом лазера, струей плазмы, электронным пучком.

То, что под действием электрических разрядов материал разрушается (электрическая эрозия), известно давно. Это всегда считалось очень вредным явлением, снижающим надежность различных электрических

устройств. Всем, конечно, известно, к чему приводят, например, «подгоревшие» контакты выключателя или розетки. Но вот советские ученые Б. Р. и Н. И. Лазаренко решили не бороться с разрушающим эффектом электрической эрозии, а наоборот, усилив его, попробовать с помощью электрического разряда обрабатывать металл. И попытка удалась! Так к традиционным способам металлообработки (резанию, литью, пластической деформации) подключился новый, получивший название «электроэрозионная обработка».

Физика процесса проста. При сближении в жидком диэлектрике электродов (инструмента и заготовки) возникает электрический разряд, и через промежуток между ними начинает течь электрический ток, т. е. в одном направлении будут двигаться электроны, а в противоположном — ионы. Если искровые разряды достаточно коротки, то большинство ионов не достигает заряженного отрицательно электрода-катода. Имеющие значительно меньшую массу электроны успевают «добраться» до анода и, соударясь с ним, интенсивно его разогревают. Расплавленные частички металла охлаждаются жидким диэлектриком и застывают. Так как в этом случае металл снимается преимущественно с анода, то его роль возлагается на заготовку. Однако существуют режимы, при которых быстрее разрушается катод, и тогда уже «инструментом» становится анод. На электроэрозионных станках можно создавать полости в заготовках, «сверлить» и резать их, шлифовать, легировать.

Как же все это выглядит на практике? Если необходимо «просверлить» сквозное отверстие, электрод-инструмент поступательно перемещается к электроду-заготовке (и инструмент и заготовка находятся в ванне с каким-либо диэлектриком). Под действием возникающих электрических разрядов участок заготовки против электрода-инструмента разрушается, а «стружка» осаждается на дно ванны. Через некоторое время инструмент пройдет через деталь (прошьет ее). Необходимо отметить, что контуры полученного отверстия точно соответствуют профилю электрода-инструмента. По подобной схеме обрабатывают и глухие отверстия.

Хотя в процессе электроэрозионного резания контакта между заготовкой и «резцом» нет, форма и размеры последнего все же меняются. Поэтому на отделочной стадии обработки глухого отверстия «затупивший-

ся» резец заменяется новым. Инструмент для электроэрозионной обработки изготавливают из графитовых и меднографитовых композиций, вольфрама и других материалов, стойко выдерживающих воздействие электрических разрядов. В качестве отрезного резца используется тонкая проволока, с помощью которой можно получить паз шириной менее 0,1 мм! Немудрено, что таким резцом из заготовки несложно вырезать одновременно и паунсон, и матрицу для штампа, причем идеально подогнанные друг к другу.

Разновидность электроэрозионного резания — шлифование, при котором электрод-инструмент движется не навстречу, а параллельно обрабатываемой детали. Правда, производительность здесь ниже, чем при абразивном шлифовании, зато легко придаются точные размеры нежестким конструкциям, деталям из хрупких и вязких материалов, изделиям, набранным из тонких листов; даже нарезается наружная резьба на заготовках из твердых сплавов.

Оценим, к примеру, эффект, к которому привела замена распылителей форсунок из высокопрочных сталей распылителями из твердого сплава, изготовленными электроэрозионной обработкой. Распылители — важная часть форсунок различных горелочных аппаратов тонкого распыления горючей смеси. Работают они при высоких (более 500°С) температурах, на них интенсивно воздействуют высокотвердые мелкие частицы, поступающие в форсунки вместе с топливом. Это сравнительно быстро изнашивает сопловые отверстия и соответственно увеличивает расход топлива. У распылителей из термообработанных высокопрочных сталей (даже с диффузионным хромированием) ресурс работы не превышает 600—700 ч, такой срок явно недостаточен. Возникла идея увеличить срок службы распылителей, изготавливая их из твердого сплава ВК15.

За осуществление этой идеи взялись совместно производственные объединения «Ленинградский металлический завод» и «Ленинградский завод турбинных лопаток», а также Таллинский политехнический институт. Полностью изготовить распылитель из твердого сплава методом порошковой металлургии не удалось: мешали неизбежная деформация заготовок при спекании и невозможность прессовать наклонные отверстия. Выручило электроэрозионное прошивание, позволившее полу-

чить необходимые прямые и наклонные отверстия с требуемой точностью. Как показала эксплуатация новых распылителей на газовых турбинах Краснодарской и Московской ГРЭС и на других установках, стойкость форсунок повысилась в 10 раз и более. Трудоемкость электроэрозионного формообразования твердосплавных распылителей оказалась в 3 раза меньше, а экономический эффект от их применения составил около 20 тыс. руб. на одну турбину.

Характерной особенностью электроэрозионной обработки является то, что электрический пробой осуществляется, как правило, по кратчайшему пути. То есть прежде всего разрушаются наиболее близкорасположенные участки электродов. Поэтому при изготовлении углублений обрабатываемая поверхность заготовки принимает форму электрода-инструмента. А если нам необходимо получить требуемый профиль на всей наружной поверхности цилиндрической заготовки, то необходимо совместить поступательное движение к заготовке инструмента с вращением самой заготовки.

Электрохимические методы обработки основываются на анодном растворении металла, при котором под действием электрического тока в среде электролита анод растворяется, а продукты растворения удаляются протекающим через зону обработки электролитом. Концентрация энергии при ЭХ методах примерно $10-10^4$ Вт/см², что значительно меньше концентрации энергии при ЭФ методах. С помощью ЭХ методов, как и при электроэрозионной обработке, можно прошивать углубления, полости, отверстия, «обтачивать» наружные и внутренние поверхности, резать и шлифовать заготовки. Так же как и в случае обработки электрическими разрядами, при ЭХ методе в результате сближения электродов поверхность анода (заготовки) будет повторять форму поверхности катода (инструмента).

Как и электроэрозионная обработка, ЭХ метод был разработан в нашей стране. Известный русский химик Е. И. Шпитальский применил метод электролитического полирования — при анодном растворении в первую очередь в раствор переходят выступающие части поверхности. Затем В. Н. Гусев с помощью этого метода осуществил размерную обработку станин крупных металлорежущих станков. Вначале процесс был трудоемким и медленным. Однако когда он был усовершенствован

(до десятых долей миллиметра было уменьшено расстояние между электродами, а электролит через активную зону стали прокачивать принудительно), эффективность его перестала вызывать сомнения.

Итак, электроэрозионная и электрохимическая обработка позволяют копировать в теле заготовки форму электрода-инструмента. Чем больше размеры обрабатываемой поверхности, тем больше можно «вкладывать» энергии в процесс обработки. То есть увеличение площади в какой-то мере компенсируется вводом дополнительной энергии и время обработки в значительной степени определяется не объемом удаленной «стружки», а толщиной слоя, который необходимо снять с заготовки.

Другая интересная и важная особенность описанных методов — их «однокоординатность»: для обработки хватает одного направления движения инструмента, в то время как при обычном фрезеровании инструмент необходимо перемещать по трем координатам. Такая упрощенность совсем не пустяк, она значительно облегчает автоматизацию процесса.

Напомним еще о нескольких перспективных ЭФ технологиях. Ультразвук (упругие колебания и волны с частотами $1,5 \cdot 10^4$ — 10^9 Гц) служит человеку для определения расстояний, изучения различных эффектов в физике, биологии, медицине. Не обошла вниманием ультразвук и техника. Сейчас он помогает «рассматривать» непрозрачные для света среды, получать изображения объектов (ультразвуковая голография), обрабатывать и сваривать различные материалы. При «резании» ультразвуком инструмент с ультразвуковой частотой ударяет по зернам абразивной суспензии, заполняющей зазор между инструментом и обрабатываемой заготовкой, в результате чего зерна «выкалывают» из заготовки небольшие кусочки. Процесс достаточно эффективен для твердых и хрупких материалов (стекла, керамики, ситаллов и т. д.), при прошивке отверстие копирует форму инструмента, причем нагрузки на заготовку очень небольшие. Однако при работе ультразвуковой инструмент быстро изнашивается. С помощью ультразвука удобно упрочнять поверхности деталей, особенно нежестких и тонкостенных (в этом случае инструментом служит шарик). При сварке ультразвуком материал разогревается до 200 — 600°C в результате трения между материалом и прижатым к нему вибратором.

Универсальным технологическим инструментом является электронный луч. Фокусировкой электронов на локальном участке поверхности достигается концентрация энергии $5 \cdot 10^8$ Вт/см², что позволяет обрабатывать все известные материалы! В вакууме электронный луч с одинаковым успехом нагревает и плавит, испаряет и сваривает, режет и наносит покрытия. Может быть, в будущем — по аналогии с существующим театром одного актера — станет реальностью «технология одного электронного луча»?

Но пока это только мечты. Сегодня энергия электронного луча необходима при выплавке в вакууме особо чистых металлов. Выполненные с помощью электронов узкие сварные швы с глубоким проплавлением часто называют «кинжальными». Таким способом за один проход удается сваривать заготовки толщиной до 100 мм! И качество таких швов выше, чем при сварке традиционными методами. Минимальное отверстие, прошитое электронным лучом, невооруженным глазом не увидишь — диаметр его 5—10 мкм, т. е. в 10 раз меньше диаметра человеческого волоса. Технологические возможности электронного луча велики, однако сложное и дорогое оборудование пока ограничивает его применение прецизионными работами в микроэлектронике изготовлением фильер, плавкой высокочистых материалов.

Успешно конкурирует с электронным лучом лазерная техника, с помощью которой аналогичные операции можно производить не в вакууме, а при обычном давлении и в обычной атмосфере. В настоящее время лазеру нет равных среди «концентраторов» энергии — до 10^9 Вт/см²! (Подробнее о лазерной технологии можно прочитать в брошюре серии «Техника» № 3 за 1983 г.)

Все большее распространение получают в производстве такие перспективные технологии, как плазменная обработка (резка, сварка различных материалов, нанесение покрытий из тугоплавких металлов, оксидов и др., нагрев при механической обработке), электровзрывная обработка (штамповка, гибка, чеканка, дробление крепких материалов, развальцовка труб). В настоящее время плазменно-механическое точение успешно применяется для обдирки слитков, получаемых методом вакуумно-дугового переплава. При такой обработке необходимо удалить так называемую корону толщиной 10—15 мм, содержащую до 70 % иарганца, что «чистым» ме-

ханическим способом затруднительно. Привлечение же на помощь плазмы повышает производительность процесса.

Методы ЭФ и ЭХ отличаются от традиционных более высокой точностью, производительностью, качеством получаемой поверхности. Например, прошивка отверстия в алмазных фильерах лазером длится всего 2 мин, тогда как раньше она затягивалась до 2 дней. Поэтому в нашей стране новым технологиям уделяется особое внимание. Постоянно разрабатываются и создаются новые станки, работающие по ЭФ и ЭХ методам, источники питания, электродные материалы, диэлектрические жидкости и многое другое, необходимое для более интенсивного внедрения в промышленность новых методов. Недаром по объему производства, парку и номенклатуре оборудования ЭФ и ЭХ технологических процессов наша страна занимает ведущее место в мире.

Какие же технологии ожидает машиностроение и металлообработку в ближайшие 15 лет? Специалисты считают, что к началу 90-х годов в кузнечно-прессовом производстве станет интенсивно применяться обработка металлических изделий в магнитном поле. Горячая резка металлов в последнем десятилетии XX в. все больше и больше будет заменяться холодной резкой, например, струей воды под высоким давлением. Использование водяной струи под давлением позволит на $\frac{1}{3}$ сократить затраты на очистку резервуаров, паровых котлов, трубопроводов, отливок.

К концу 80-х годов ЭХ и ЭФ методами на установках с компьютерным управлением будет обрабатываться более 20% всех металлов, с которых сейчас «снимают стружку» традиционным способом, причем значительно расширится использование этих методов в массовом машиностроительном производстве. Применение ЭВМ позволит уточнить контроль за работой станков и за качеством производимой продукции, что создаст условия для конструирования и внедрения новых поколений металлообрабатывающих станков с исключительно высокой точностью обработки.

*В. А. ЛИСИЧКИН,
доктор технических наук*

ЧТО МОЖЕТ БИОТЕХНОЛОГИЯ. Последние годы отмечены бурным развитием биотехнологии. Во многих странах создаются научно-исследовательские центры, изучающие возможность внедрения биотехнологии в промышленность, строятся предприятия, вырабатывающие продукцию по этой технологии.

Биотехнологией называют промышленную технологию получения хозяйственно ценных продуктов из микроорганизмов, тканей, клеток или продуктов их жизнедеятельности. В современном понимании в сферу биотехнологии включают генетическую и клеточную инженерию, цель которых — переделка наследственного аппарата организмов для «управления» деятельностью живых существ. Биотехнология тесно связана с технической микробиологией и биохимией, в ней также применяются многие методы химической технологии, особенно на конечных этапах производственного процесса, при выделении веществ, например из биомассы микроорганизмов.

В основе биотехнологии лежит микробиологический синтез, т. е. культивирование выбранных микроорганизмов в питательной среде определенного состава. Мир микроорганизмов, а к ним относятся мельчайшие, преимущественно одноклеточные организмы, видимые только в микроскоп (бактерии, микроскопические грибы и водоросли, микроплазма и др.), чрезвычайно обширен и разнообразен. Размножаются они чаще всего простым делением клеток, иногда почкованием, а также другими бесполовыми способами.

Микроорганизмы характеризуются самыми разнообразными физиологическими и биохимическими свойствами. Для некоторых из них, так называемых анаэробов, не нужен кислород воздуха, другие отлично растут на дне океана в сульфидных источниках при температуре около 250° С, третьи выбрали себе в качестве места обитания... ядерные реакторы. Есть микроорганизмы, сохраняющие жизнеспособность в глубоком вакууме, а есть и стойки, которым нипочем давление в 1000—1400 ат. Необычайная устойчивость микроорганизмов к самым различным факторам внешней среды позволяет им занимать крайние границы биосферы: их обнаруживают в грунте океана на глубине 11 км, на поверхности ледников в Антарктике, в почве пустынь, в атмосфере на высоте более 20 км.

Микроорганизмы широко распространены в природе. В грамме почвы их может содержаться до 2—3 млрд. В микроорганизмах многие процессы биосинтеза и энергетического обмена, например транспорт электронов и синтез белка, протекают аналогично тем же процессам в клетках высших растений и животных. Однако микроорганизмам присущи и специфические ферментные системы и биохимические реакции, на которых основана их способность разлагать целлюлозу, лигнин, углеводороды нефти, воск и другие вещества. Существуют микроорганизмы, способные усваивать молекулярный азот, синтезировать белок, вырабатывать множество биологически активных веществ (антибиотики, ферменты, витамины и др.). На этих специфических особенностях их обмена веществ основано применение микроорганизмов для получения самых разнообразных продуктов, т. е. основана, собственно, биотехнология. Причем в современной биотехнологии все активнее применяются не целые организмы, а их составляющие: живые клетки, различного рода структуры, являющиеся их частями, и биологические молекулы.

Сейчас с помощью биотехнологий получают самую разнообразную продукцию: антибиотики, витамины, аминокислоты и белки, микробиологические средства защиты растений, спирты, кормовые добавки для животных и многое-многое другое. И интерес к использованию биотехнологии постоянно возрастает. Так, согласно прогнозу фирмы «Т. А. Shuts» (США), если к 1990 г. мировое производство биотехнических продуктов в денежном выражении достигнет 27 млрд. долл., то к 2000 г. — 65 млрд. долл., в том числе (в млрд. долл.) в энергетике — 16,35, пищевой промышленности — 12,66, производстве химикатов — 10,55, медицине — 9,08, сельском хозяйстве — 8,55 и т. д. Такой предполагаемый прогресс биотехнологии объясняется в первую очередь возможностью применить в качестве сырья возобновляемые ресурсы (биомассу), а также экономией энергии, так как биотехнологические процессы протекают, как правило, при обычных температуре и давлении. Например, такие вещества, как аммиак, глицерин, метанол, фенол, энергетически производить выгодней биотехнологией, чем химическими способами.

Все продукты биотехнологии, а их называют биопрепаратами, т. е. препаратами, действующим началом

которых являются микроорганизмы или продукты их жизнедеятельности, в зависимости от особенностей получения обычно подразделяют на 3 основные группы. К первой относятся биопрепараты, содержащие в качестве основного активного компонента жизнеспособные микроорганизмы. Это средства защиты растений, бактериальные удобрения, закваски для силосования кормов и т. д. Вторую группу составляют биопрепараты, в состав которых входят инактивированная биомасса клеток и продукты ее переработки — кормовые дрожжи, грибной мицелий и др. Третья группа — биопрепараты на основе очищенных продуктов, получаемых в результате биохимического превращения веществ и энергии в микроорганизмах, т. е. в результате метаболизма микроорганизмов, — витамины, аминокислоты, ферменты, антибиотики, полисахариды.

Белок из реактора. Одно из важнейших направлений развития биотехнологии — совершенствование белка, увеличение его производства. Белки — высокомолекулярные соединения, построенные из аминокислот. Это важнейшие вещества живой клетки, выполняющие многообразные функции как конструктивных, так и запасных веществ. В настоящее время в мире значительный дефицит белка как кормового, так и пищевого. По некоторым зарубежным оценкам, общая потребность в белке (протеине) к 2000 г. достигнет приблизительно 400 млн. т и удовлетворить ее с помощью традиционных источников не удастся. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организаций ООН (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2000 г. только для пищевых целей не будет хватать около 20 млн. т белка.

Восполнить этот дефицит можно только с помощью промышленного производства белка микроорганизмов. К такому выводу пришли участники международного симпозиума в Париже. Причем особое внимание должно уделить производству кормового белка для животноводства, ведь именно в этой отрасли сельского хозяйства получают наиболее ценные для людей белковые продукты.

В СССР животноводству уделяется особое внимание. Анализ кормового баланса показывает, что ежегодно ему недостает около 6 млн. т белка. К тому же белок растений, а растения дают основную долю всех белко-

вых кормов, беден некоторыми ценными аминокислотами, особенно лизином. Одним из возможных путей ликвидации белкового дефицита в кормах — производство белка микроорганизмов, источником которого в настоящее время служат кормовые дрожжи — ценнейший белково-витаминный корм для всех видов сельскохозяйственных животных. Кормовые белковые дрожжи получают аэробным культивированием дрожжевых организмов (одноклеточных грибов) на углеводных средах-продуктах гидролиза растительного сырья (гидролизные дрожжи) или на минеральных средах с очищенными жидкими парафинами (белково-витаминный концентрат — БВК).

Дрожжи широко распространены в природе, особенно там, где имеются сахаристые вещества (ягоды, фрукты, молочные продукты, нектар цветов и т. д.). Для производства таких дрожжей вначале готовят питательную среду, на которой их можно было бы выращивать, культивировать. Получают питательную среду из древесины и других растительных материалов, например соломы и лузги, гидролизом, в результате чего клетчатка (целлюлоза) и гемицеллюлоза, содержащиеся в перерабатываемых материалах, расщепляются и переводятся в раствор, а лигнин остается в твердом виде. В переводе на русский язык гидролиз означает «разложение при помощи воды», однако одной водой при гидролизе не обойтись. Процесс этот энергоемкий и, несмотря на присутствие катализатора (серной, соляной и других кислот), идет при нагреве до 180°C и давлении 10—12 ат. Полученный гидролизат (кислый раствор сахаров) нейтрализуют от примесей — и питательная среда готова.

Выращивают микроорганизмы в питательной среде в специальных аппаратах-ферментерах, где создаются все необходимые условия для нормального протекания процесса: стерильность, постоянное перемешивание, аэрирование, соответствующий температурный режим. Образовавшаяся в результате ферментации дрожжевая биомасса концентрируется, термообрабатывается (для инактивации живых клеток), сушится. На 1 т отходов древесины можно получить до 250 кг кормовых дрожжей, а на таком же количестве стержней кукурузных початков — до 280 кг. Сейчас созданы ферментеры, суточная производительность которых достигает 28—30 т биомассы (в расчете на сухие товарные дрожжи). А

если учесть, что в тонне этой биомассы содержится около 450 кг перевариваемого белка, то за год такой ферментатор «произведет» до 5 тыс. т белка! Чтобы получить подобный годовой прирост белка на свиноводческом комплексе, понадобилось бы содержать в нем стадо в полмиллиона животных!

Гидролизно-дрожжевое производство можно организовать, например, на лесохозяйственных предприятиях, где оно будет использовать практически бесплатное сырье — отходы лесопиления. Такой цех для получения кормового белка работает на Кададинском опытном лесокомбинате Пензенской области. На комбинате ежегодно образуется около 25 тыс. м³ отходов (опилок, щепы, стружки), которые собирали, вывозили, сжигали, тратя на это 50—60 тыс. руб. Для утилизации отходов и было решено включить в технологическую цепочку комбината биохимическое производство — гидролизно-дрожжевой цех производительностью 1000 т сухих кормовых дрожжей в год. Сейчас комбинат выпускает 1300 т ценных кормовых добавок с содержанием белка 56—57%. Себестоимость 1 т кормовых дрожжей в 1983 г. составила 603 руб. 87 коп., что даже несколько ниже, чем на некоторых заводах микробиологической промышленности, изготавливающих дрожжи на гидролизатах.

Кажется, только строй гидролизные заводы, увеличивай мощность биологических реакторов-ферментеров, и проблема кормового белка решена. Однако расчеты специалистов показали, что удовлетворить потребность животноводства в кормовом белке только с помощью гидролизно-дрожжевого производства нельзя. Для выращивания микроорганизмов в промышленных масштабах требуется новое сырье, которое в отличие от древесных и других растительных отходов было бы сконцентрировано в одном месте (это одно из главных условий создания предприятий большой мощности), хорошо хранилось, несложно транспортировалось, имело постоянный химический состав. Оказалось, что наиболее полно таким требованиям отвечают углеводороды нефти. Всесторонние исследования по оценке различных углеводородных субстратов показали, что для культивирования дрожжей наиболее подходят выделяемые из нефтяных фракций очищенные жидкие парафины. Первый в мире завод по производству БВК из парафинов был пущен в эксплуатацию в Уфе.

Технология производства БВК из очищенных жидких парафинов состоит из следующих основных стадий: приготовление растворов с питательными солями и микроэлементами; выращивание чистой культуры дрожжей (посевого материала); ферментация, т. е. получение дрожжевой биомассы; выделение и концентрирование биомассы; ее термообработка; сушка. После ферментации идет дозревание — выдержка дрожжей при аэрации, в процессе которой клетки утилизируют остаточные углеводороды, и их содержание в биомассе снижается.

Настоящей копилкой витаминов, минеральных веществ и микроэлементов оказался БВК; по содержанию протеина он превосходит белковые корма растительного происхождения и не уступает рыбной муке. Если сравнить БВК с гидролизными дрожжами, то окажется, что в 1 т биомассы того и другого продукта содержится одинаковое количество протеина. Но на 1 т БВК идет примерно 1 т жидких парафинов, а чтобы получить столько же гидролизных дрожжей, надо затратить не менее 4 т сухой древесины. Такая разница объясняется значительно большей концентрацией углерода и водорода в парафине, чем в древесине. Использование БВК в животноводстве весьма эффективно. Так, с помощью 1 т продукта удастся дополнительно получить 0,8 т свинины и при этом сэкономить до 5 т зерна!

Однако (опять — однако!), по мнению специалистов, и очищенные жидкие парафины — не лучшее сырье в производстве кормовых дрожжей. Они считают, что более перспективны в этом плане природный газ, а также метиловый и этиловый спирты. Возьмем, например, природный газ. Он дешев, ресурсы его велики, а синтезированная на его основе бактериальная биомасса содержит до 70% сырого протеина.

А этиловый спирт? Благодаря наличию в его молекуле кислорода он легче усваивается микроорганизмами, при ферментации выделяется меньше тепла, тем самым сокращаются затраты на охлаждение, а выращенная на нем биомасса настолько качественна, что ее можно использовать для пищевых целей! В 1982 г. промышленностью нашей страны произведено (из различного сырья) более 1 млн. т сухих кормовых дрожжей, содержащих до 60% протеина, что позволило обогатить протеином более 20 млн. т кормов и получить дополнительно, только за один год, около 1 млн. т мяса.

Но возможности биотехнологии не ограничиваются только кормовым белком для животноводства. Микробиологической промышленностью освоен выпуск лизина — одной из наиболее важных незаменимых аминокислот, которая не синтезируется в организме человека и животных. Отсутствие лизина нарушает нормальную жизнедеятельность организма. Химические методы получения лизина весьма дороги, а вот биотехнология «превращает» эту аминокислоту в дешевый продукт, изготавливаемый из отходов пищевой промышленности. В 1981 г. в стране выпускалось около 9000 т лизина, к 1985 г. его производство удвоилось; лизин настолько эффективен, что добавка тонны его в зерновые корма позволяет сэкономить десятки тонн фуража.

Московским технологическим институтом пищевой промышленности и Вышневолоцким заводом ферментных препаратов разработана технология получения препаратов микробного ренина, необходимого в сыроварении для створаживания молока. Испытания показали, что использование тонны нового препарата вместо препаратов ВНИИМС и говяжьего пепсина дает экономический эффект около 60 тыс. руб. в год. Значителен эффект и от применения в животноводстве ферментных препаратов, получаемых с помощью биотехнологии. Так, гликизидаза ускоряет время роста бройлеров на 5—15%, снижая затраты кормов на 1 кг прироста массы. Использование препарата при выращивании 1 млн. бройлеров экономит 80 тыс. руб. Высокоэффективны микробиологические лечебные препараты — кормовые антибиотики, используемые в ветеринарии. Применение в народном хозяйстве антибиотика тилозин-тартрата дает экономию 7 млн. руб. в год.

Биопомощники земледельца. Потери сельского хозяйства всего мира (от вредителей, болезней, сорняков) ежегодно достигают 30% (!) валового сбора урожая. Не сразу поверишь в эту цифру...

То, что микроорганизмы вызывают заболевания у насекомых, обнаружил еще Луи Пастер, изучая массовое заболевание гусениц тутового шелкопряда на юге Франции. В России первые исследования по заражению вредных насекомых были проведены И. И. Мечниковым. К настоящему времени из насекомых выделено более тысячи патогенов, т. е. микроорганизмов, способных вызывать у насекомых инфекционные болезни. В

качестве «инфекционных агентов» используются и бактерии, и грибы, и вирусы, и простейшие. Биотехнологическая задача здесь в том, чтобы найти и отобрать наиболее активные инфекционные агенты, изучить их физиологические особенности, разработать способы массового размножения в промышленном масштабе. Кстати, микробиологические препараты действуют на потомство вредителей, снижая их плодовитость, но совершенно безвредны для человека, животных, птиц, полезных насекомых.

Говоря о том, какие перспективы открывает биотехнология перед сельским хозяйством, нельзя не упомянуть, пожалуй, о самом необычном микробиологическом препарате — «живых» удобрениях. Очевидно, что хороший урожай могут дать только плодородные почвы. В свою очередь, плодородие почвы в значительной степени определяется полезной деятельностью почвенных микроорганизмов, которые улучшают структуру почвы, накапливают питательные вещества, делают растения менее восприимчивыми к заболеваниям. К тому же микробы повышают эффективность обычных химических удобрений, увеличивая тем самым их «коэффициент использования». Вывод прост: больше полезных микроорганизмов в почве — обильней урожай. И вот микробиологическая промышленность в помощь сельскому хозяйству разработала и освоила выпуск «живых» бактериальных удобрений, содержащих клубеньковые бактерии — азотфиксирующие микроорганизмы. В симбиозе с бобовыми растениями эти бактерии усваивают азот из атмосферы (до 200 кг/га).

Не всякие клубеньковые бактерии можно использовать для бактериальных удобрений. Годятся только те, которые наиболее активно отбирают из воздуха азот, способны проникать в корни растения-хозяина, образуя клубеньки, выдерживать конкурентную борьбу с образующимися в почве спонтанными клубеньковыми бактериями. Конечно, в технологическом процессе получения таких удобрений отсутствует термообработка для инактивации живых клеток, как в производстве кормовых дрожжей. Наоборот, обезвоживание жидкой культуры, полученной при ферментации, идет при «мягких» условиях: в культурную жидкость добавляют специальную защитную среду, которая помогает клеткам сохранить жизнеспособность и при сушке, и при хранении готово-

го препарата. Применение удобрений на основе клубеньковых бактерий повышает урожай зерновых на 15—25%, а сои (в новых районах ее возделывания) — до 40%, значительно увеличивается и выход зеленой массы бобовых и содержание в них белка. Сейчас в нашей стране ведутся широкомасштабные работы по разработке новых бактериальных препаратов и не только для обогащения почвы азотом, но и другими веществами, например, фосфором.

Биотехнология на службе энергетики и здравоохранения. Запасы топливно-энергетических полезных ископаемых не беспредельны. Поэтому не удивительно то повышенное внимание, которое уделяется микробиологической переработке создаваемой растениями биомассы для получения жидкого или газообразного топлива. Ведь растения — эти преобразователи и накопители солнечной энергии — возобновляемое «сырье». Подсчитаны даже размеры «плантаций», «урожаи» с которых позволил бы удовлетворить нужды в энергии как всего мира, так и отдельных стран (при КПД преобразования солнечной энергии 10%). Так, Франции пришлось бы выделить под «плантации» 3,5% своей территории, США — 1,5, Австралии — 0,03%.

Сейчас продукция биотехнических производств — этиловый спирт и так называемый биогаз, содержащий до 70% метана. Исследуются возможности получать с помощью микроорганизмов нефтеподобные вещества и идеальное топливо — водород. Во многих странах этиловый спирт, полученный микробиологической переработкой растительного сырья, рассматривается как заменитель жидкого автомобильного топлива. Если раньше такой спирт стоил в 2—3 раза больше, чем бензин, то повышение цен на нефтяные продукты в последнее время сделало производство спирта экономически оправданным. Например, в Бразилии широко используется автомобильное топливо, содержащее до 20% спирта, так называемый газоголь. К 1985 г. в этой стране предполагалось перевести на газоголь до 50% автомашин, а остальные — на чистый этанол. Спирт там получают из сахарного тростника, кассавы (пищевого растения, в корнях которого содержится до 20—40% крахмала), отходов сахарной промышленности и др. Следует отметить не только экономическое значение спирта как заменителя бензина, но и его перспективную роль в охране

окружающей среды — в топливо на основе спирта не нужно добавлять свинцовые автодетонаторы, загрязняющие атмосферу вредными веществами.

Во многих странах проявляют все больший интерес к производству биогаза анаэробной микробиологической переработкой различных отходов, плодовоовощных отходов, навоза, бурых морских водорослей, листьев и т. д. Работают установки по получению биогаза в Польше, Румынии и др. В США действуют заводы, дающие до 45 тыс. м³ биогаза и больше. В ряде стран, главным образом развивающихся, богатых первичной биомассой, предпочтение отдается небольшим установкам емкостью 10—15 м³. Такой «производитель» газа обеспечивает топливом семью из 5 человек.

Достижения стремительно развивающейся биотехнологии позволяют успешно решать многие проблемы здравоохранения, обеспечивая его высокоэффективными вакцинами, антибиотиками, витаминами, аминокислотами, интерфероном и др. Современная биотехнология не только использует природные процессы, но и создает новые. Например, осваивается метод культивирования изолированных тканей, клеток и протопластов (бактериальных клеток, лишенных оболочки) растений и млекопитающих. Такое направление в биотехнологии называют клеточной инженерией. Теперь, чтобы получить из растения какое-либо целебное вещество, не всегда надо выращивать все растение. Достаточно культивировать те клетки, которые «ответственны» за эти вещества. За примерами далеко ходить не надо. Всем известен женьшень — «корень жизни», и всем известно, как трудно его отыскать в дальневосточной тайге. Из собранных корней в год удавалось получить 250—300 кг экстракта женьшеня. Сейчас же, выращивая в культуре необходимые клетки, наша микробиологическая промышленность выпускает тонны целебного экстракта.

Но не только необходимое количество биомассы можно культивировать из отдельной клетки. Современная техника культур растительных клеток позволяет превращать одну-единственную клетку в целое настоящее растение, которое будет цвести и давать плоды. Причем растение «родится» здоровым — без вирусов и патогенных микроорганизмов. Таким клониальным микроразмножением перспективно выращивать ценные, высокопродуктивные растения. Так, из верхушки яблони через

год можно получить более 60 тыс. побегов-потомков. Жаль, что пока не все растения поддаются такому способу размножения.

Другое современное направление биотехнологии — генная инженерия, или создание искусственных генетических структур в «пробирке». Сущность генной инженерии — направленное видоизменение в мире микроорганизмов наследственного аппарата: в него вводят новые гены по заранее намеченному плану и конструируют таким образом совершенно новые живые системы. Практические возможности этого направления наиболее ярко проявились при получении физиологически активных белков, применяемых в качестве лекарств (инсулина, интерферона и др.). Возьмем белковый гормон инсулин, недостаток которого у человека приводит к тяжелому заболеванию — диабету. Сейчас инсулин вырабатывают из определенных желез коров и свиней. Однако, как сравнительно недавно выяснилось, большое число людей невосприимчиво к животному инсулину, так как между инсулином человека и животных есть некоторые структурные различия. В 60-х годах удалось изготовить инсулин с помощью химического синтеза, но цена его оказалась огромной. Более рентабельный путь получения препарата предложила генная инженерия. По новой технологии ген инсулина, синтезированный химико-ферментативным методом, вводится в бактерию (кишечную палочку), которой и вырабатывается этот гормон. Такой инсулин уже получен в СССР и США. Также с помощью кишечной палочки, в которую встроили химически синтезированный ген интерферона, было организовано производство лекарства, повышающего стойкость человеческого организма против некоторых заболеваний. Правда, пока генетические «операции» проводятся только на одноклеточных организмах и культурах клеток. Но генетическая инженерия совсем молода, у нее все впереди.

Следует отметить и получение новых видов продукции из отходов существующих производств, которые, таким образом, становятся безотходными. В гидролизной промышленности из твердого остатка — лигнина вырабатывают пиролизом необходимые для промышленности активные и крупногранулированные угли. Ведутся работы по применению лигнина в качестве сырья для удобрений, а также как наполнителя пластмасс, резин,

линолеума. Институтом ВНИИсинтезбелок совместно с другими организациями опробована технология выращивания съедобных грибов вешенки на питательном субстрате, одним из компонентов которого является лигнин. Вешенка может использоваться в супах, соусах, маринадах. В грибах содержится до 30% белковых веществ, 34,8% углеводов, 5% минеральных веществ. Отработанный субстрат служит удобрением в сельском хозяйстве.

Значительно повышается эффективность управлением биотехнологическими процессами на предприятиях микробиологической промышленности при использовании микро-ЭВМ. С их помощью автоматизируется сбор данных от датчиков параметров процесса, данные эти обрабатываются в реальном времени, управляющие сигналы выдаются на исполнительные устройства ферментера (для отрасли утверждены программы работ по созданию АСУТП на базе микропроцессорной техники). Сейчас на заводах микробиологической промышленности работают специализированные управляющие комплексы на стадиях ферментации («Биоцикл») и концентрирования (УПС — управление процессом сепарирования). Опытно-промышленные испытания комплексов «Биоцикл» и УПС на Бердском химическом заводе показали, что реализация их позволит получить годовой экономический эффект 800 тыс. руб.

Вспоминаются предсказания Д. И. Менделеева о том, что в будущем люди научатся производить необходимые им продукты с помощью микроорганизмов: «Как химик, я убежден в возможности получения питательных веществ из сочетания элементов воздуха, воды и земли помимо обычной культуры, то есть на особых фабриках и заводах, но надобность в этом еще далека от современности, потому что пустой земли еще везде много... и я полагаю, что при крайней тесноте народонаселения раньше, чем прибегать к искусственному получению питательных веществ на фабриках и заводах, люди сумеют воспользоваться громадной массой морской воды для получения массы питательных веществ, и первые заводы устроят для этой цели в виде культуры низших организмов, подобных дрожжевым, пользуясь водою, воздухом, ископаемыми и солнечной теплотой».

В. ИЛЬИН,
кандидат технических наук

ПУТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. В нашей стране будущее энергетики определено Энергетической программой СССР на длительную перспективу. В сентябре 1984 г. в Политбюро ЦК КПСС был рассмотрен вопрос о дополнительных мерах по обеспечению ускоренного развития атомной энергетики на период до 1990 г.

СССР — единственная крупная промышленно развитая страна, которая полностью обеспечивает себя топливом и энергией (используя собственные природные ресурсы) и экспортирует топливо и электроэнергию в значительных объемах. И в дальнейшем энергетика СССР будет базироваться на собственных энергоресурсах.

Всего 30 лет назад дала ток первая в мире советская атомная электростанция (АЭС), построенная в Обнинске под Москвой. Электрическая мощность АЭС была невелика — всего 5 МВт, но «малышка» блистательно продемонстрировала возможность превращения атомного ядра «в могучий источник энергии, несущий благосостояние и радость всем людям на Земле». Эти слова академика И. В. Курчатова как нельзя лучше предопределили значение атомной энергетики.

Сейчас в мире сооружается около 250 энергетических ядерных реакторов общей установленной мощностью более 220 ГВт. Такое внимание к атомной энергетике объясняется просто — эффективностью АЭС. Так, во Франции к концу 70-х годов электроэнергия, вырабатываемая на «мазутных» и «угольных» ТЭС, была дороже энергии, производимой АЭС, на 40 и 20% соответственно. Правда, затраты на сооружение АЭС значительно выше, и строятся такие станции сравнительно долго — до 10 лет. Но ядерное топливо (в расчете на 1 кВт·ч электроэнергии) оказывается дешевле мазута, например, в 3 раза.

Перспективность атомной энергетики очевидна, и большинство специалистов считает, что именно она в будущем возьмет на себя роль основного поставщика электрической энергии. Ее доля в общем энергобалансе планеты будет постоянно возрастать. По прогнозам Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), к 2000 г. при общей установленной мощности всех электростанций в мире 5870 ГВт доля АЭС в производстве электроэнергии достигнет 18%. К концу

нашего столетия ядерные реакторы будут эксплуатироваться в 45—50 странах мира.

Но при планируемых темпах развития ядерной энергетики «рентабельного» природного урана «хватит только на наш век».

Одним из самых перспективных решений проблемы дефицита уранового сырья могут стать реакторы-размножители на быстрых нейтронах. С их помощью эффективность использования урана можно увеличить до 35—45%, а то и до 70%, что означает повышение энергоресурсов урана в десятки раз (станет возможным вовлечь в тепловой цикл и торий). В результате в общей стоимости энергии значительно снизятся затраты на получение ядерного топлива, что сделает выгодной переработку бедных руд или морской воды. Коэффициент воспроизводства в реакторах-размножителях может достигать 1,7, т. е., переработав килограмм плутония, реактор не только возместит его убыль, но и дополнительно «добудет» еще 0,7 кг вторичного топлива.

Нельзя рассчитывать, что в ближайшие годы реакторы на быстрых нейтронах вытеснят реакторы тепловые. У «быстрых» реакторов гораздо сложнее конструкция. Так как в активной зоне у них на единицу объема выделяется значительно больше энергии, в качестве теплоносителя приходится применять жидкие калий и натрий. Быстрым реакторам, работающим на высокообогащенном топливе, необходимы значительные количества делящегося плутония, который должен сначала «накопиться» в реакторах на тепловых нейтронах, а процесс извлечения из выгоревших тепловыделяющих элементов высокорadioактивного отработанного топлива совсем не прост. К тому же современные быстрые реакторы еще недостаточно «быстро» воспроизводят ядерное горючее. Например, чтобы в ближайшие 30—40 лет перевести ядерную энергетику с урана-235 на плутоний-239, время «удвоения» плутония должно составлять 6—8 лет, а сейчас пока можно рассчитывать на удвоение за 10—30 лет. Поэтому в ближайшие 20—30 лет у атомной энергетики будут по-прежнему в почете хорошо освоенные тепловые реакторы, которые, действуя в базовом режиме (длительное время при номинальной мощности), будут копить плутоний, необходимый для крупных быстрых реакторов. И лишь за этим придет время реакторов на быстрых нейтронах, которые смогут не

только «самообеспечиваться» топливом, но и производить его для других быстрых реакторов.

Развитие советской атомной энергетики базируется на реакторах на тепловых нейтронах двух типов: водородных (ВВЭР) и водо-графитовых (РБМК). Следует отметить, что для производства ВВЭР необходима специализированная машиностроительная база, а оборудование для РБМК можно изготавливать на действующих заводах. Поэтому вначале строились энергоблоки с РБМК. В настоящее время такие энергоблоки (с РБМК-1000) общей мощностью 12 млн. кВт эксплуатируются на Ленинградской, Курской, Чернобыльской и Смоленской АЭС. В конце 1983 г. на Игналинской АЭС введен в строй крупнейший в мире энергоблок с РБМК мощностью 1,5 млн. кВт.

Сейчас в Советском Союзе, а также в странах—членах СЭВ и в Финляндии успешно эксплуатируется 28 энергоблоков с реакторами ВВЭР. С достижением проектной мощности Волгодонского завода атомного машиностроения — Атоммаша энергоблоки с реакторами ВВЭР-1000 станут основой АЭС в СССР. В 1984 г. оборудование для серийных АЭС с реакторами ВВЭР-1000 изготовлялось предприятиями Минэнергомаша для отечественных АЭС, а также для АЭС, строящихся в странах—членах СЭВ при техническом содействии нашей страны. Комплектуемое оборудование было поставлено для Запорожской, Южно-Украинской, Калининской, Балаковской АЭС, атомных станций теплоснабжения АСТ-500, АЭС «Козлодуй» (Болгария) и «Хурагуа» (Куба). В 1985 г. завершится поставка оборудования для Хмельницкой, Балаковской, Запорожской, Крымской и других АЭС. Таким образом, значительно возрастет в общем объеме производства Минэнергомаша доля оборудования для АЭС. Например, из всех выпускаемых паровых турбин 42% придется на турбины (К-1000-60/1500, К-750-65/3000 и др.) для энергоблоков на ядерном топливе.

Следует отметить, что использование быстроходных турбин (с частотой вращения ротора 3000 об/мин), по сравнению с выпускаемыми до настоящего времени тихоходными (1500 об/мин), экономит около 600 т металла на каждый агрегат. Такая быстроходная турбина мощностью 1000 МВт уже изготовлена на Ленинградском металлическом заводе для Ровенской АЭС, в на-

стоящее время аналогичная машина сооружается для Хмельницкой АЭС.

Суточные изменения режима электропотребления в Единой энергетической системе, вызываемые, например, большей загрузкой вечерних смен в промышленности, заставляют создавать энергоблоки с ядерными реакторами, способными «приспосабливать» свою тепловую мощность к режиму суточного регулирования. Задача весьма сложная, поэтому перспективны в этом плане энергокомплексы из АЭС и гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Подобные комплексы сооружаются в составе Южно-Украинской АЭС, Ташлыкской и Константиновской ГЭС.

Большое внимание в нашей стране уделяется использованию ядерного топлива для теплоснабжения городов и промышленных центров. Здесь можно упомянуть нерегулируемые «отборы» пара на атомных конденсационных электростанциях (что впервые в мире осуществлено в СССР на Белоярской АЭС); сооружение атомных станций теплоснабжения (АСТ) или специализированных атомных электроцентралей (АТЭЦ). Строительство АТЭЦ уже начато под Одессой, Харьковом, Минском, Волгоградом. Например, с введением в строй Одесской АТЭЦ ежегодный расход жидкого топлива сократится на 2 млн. т и закроется около 500 малоэкономичных (хотя о «мелких» котельных есть и другие мнения). Первые АСТ сооружаются в Горьком и Воронеже. Одна АСТ способна обеспечить теплом город с населением 400 тыс. человек.

Продолжают осваиваться в нашей стране реакторы на быстрых нейтронах. В г. Шевченко эксплуатируется опытно-промышленная АЭС с быстрым реактором БН-350 (с опреснением морской воды для нужд города), работает также опытно-промышленная Белоярская АЭС с реактором БН-600. Ведутся исследования реакторов на быстрых нейтронах мощностью 800—1600 тыс. кВт.

В связи с созданием топливно-энергетических комплексов (ТЭК) на востоке страны будет продолжаться производство энергоблоков мощностью 800 МВт для Западно-Сибирского и Канско-Ачинского ТЭК, а также энергоблоков мощностью 500 МВт для электростанций Экибастузского ТЭК.

Совершенствование ТЭК требует энергетического

оборудования повышенной единичной мощности и улучшенных технико-экономических показателей. Поэтому сейчас осуществляется обширный комплекс научных исследований и проектно-конструкторских разработок для внедрения в двенадцатой пятилетке и в последующие годы ядерных реакторов на тепловых нейтронах и паровых турбин для них мощностью до 1500 МВт, реакторов на быстрых нейтронах мощностью до 800 МВт. При этом все турбины для АЭС и турбины энергоблоков 500 и 800 МВт будут комплектоваться автоматизированными системами управления на микропроцессорной технике.

А каковы перспективы управляемого термоядерного синтеза? Вот, например, слияние ядер водорода (протонов). Эта одна из самых малоэффективных с точки зрения термоядерной энергетики реакций сопровождается энерговыделением «всего» 2,2 МэВ. Но именно она — основной источник энергии, благодаря ей существует на нашей планете жизнь. Здесь речь о реакции внутри Солнца — природного термоядерного реактора, в котором уже 5 млрд. лет водород исправно превращается в гелий.

Было бы очень здорово организовать на Земле термоядерное производство энергии, используя, например, в качестве топлива тяжелый изотоп водорода — дейтерий, в огромном количестве содержащийся в морской воде. Или же осуществить реакцию между дейтерием и другим изотопом водорода — тритием. Последняя особенно привлекает внимание ученых, так как ей сопутствует выделение 17,6 МэВ (один грамм такого термоядерного топлива может заменить вагон каменного угля). В результате термоядерного синтеза образуется новое стабильное ядро с массой, меньшей суммарной массы ядер исходной пары. А в соответствии с известным соотношением Эйнштейна такое изменение массы должно сопровождаться выделением энергии. Причем эта энергия примерно в 100 раз больше той, которую было необходимо сообщить ядрам для их столкновения. Кажется, дело за малым — подогрей термоядерное горючее до необходимой температуры и получай почти 10 000% энергетической прибыли. Но как раз создать необходимую температуру совсем не просто — ведь она должна составлять более 100 млн. градусов. При такой температуре приходится иметь дело не с привычным—

твердым или жидким — веществом, а с плазмой, смесью быстро движущихся ядер и электронов.

Не удается пока получить необходимый для осуществления самоподдерживающейся термоядерной реакции объем плазмы, а также «удержать» ее нужное количество в «боевой готовности» около 1 с!

Для исследования плазмы начали применять открытые магнитные ловушки: заряженные частицы плазмы удерживались в неоднородном магнитном поле, напряженность которого меняется вдоль его силовых линий, усиливаясь на торцах. Открытые ловушки оказались очень удобными, и в 1957 г. в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова (ИАЭ) была создана самая крупная на тот период термоядерная установка (открытая магнитная ловушка) ОГРА-1, а позднее и ОГРА-2. Сейчас в подобных ловушках получают устойчивую плазму с термоядерными параметрами. Но от мысли создать на их основе термоядерный реактор пока пришлось отказаться, так как полностью «закрыть» торцы открытых ловушек никак не удается, и плазма довольно быстро ускользает через них.

Надежды на получение самоподдерживающейся термоядерной реакции ученые связывают с замкнутыми магнитными ловушками, из которых наиболее разработана система «Токамак». У «простейшего» «Токамака» (тороидальная камера с магнитным полем) магнитное поле имеет конфигурацию тора — геометрического тела, напоминающего спасательный круг или, скажем, бублик и соответственно вообще не имеющего торцов, как у открытых ловушек. Магнитное поле в «Токамаке» образуется с помощью обмотки, расположенной вокруг тороидальной вакуумной камеры. На «Токамаке-10» удалось получить плазму с температурой ионов 7—8 млн. градусов.

Изучается возможность получать «термоядерную» плазму с помощью лазерной технологии (световыми потоками) или электронных пучков большой мощности. Лазер, например, можно рассматривать как своеобразный накопитель энергии, способный отдать ее за малый промежуток времени. И лучом лазера доставить энергию к плазме можно быстрее, чем она ее теряет, т. е. создать в плазме условия для термоядерного синтеза. Возможности лазеров огромны: в лабораториях уже получен поток лазерной энергии с величиной на поверх-

ности мишени более 10^{17} Вт/см², что сопоставимо с потоком энергии внутри горячих звезд.

Не так давно в СССР была создана первая в мире лазерная установка для сферического сжатия мишеней (9-лучевая установка под названием «Кальмар»). В 1980 г. уже работала 108-лучевая установка «Дельфин». Сейчас в лабораториях удалось сжать (объемно) мишень в тысячу и более раз! На очереди сжатие в 10 тыс. раз, при котором уже можно будет говорить о реалиях термоядерного горючего. Предполагают, что опытный лазерный термоядерный реактор появится через 10—15 лет. Представляют интерес гибридные термоядерные реакторы, в которых энергию нейтронов, образующихся при термоядерном синтезе, предполагается использовать для деления сырьевого изотопа урана-238.

Пока невозможно определить, когда точно начнут вырабатывать энергию «чистые» термоядерные реакторы. Ясно одно — «нужность» термоядерной энергетики становится все более и более очевидной. А как сказал советский ученый академик Л. А. Арцимович: «Термоядерный синтез будет освоен тогда, когда он очень понадобится человечеству».

Будущее — за топливосберегающими технологиями. Предполагая обеспечить народнохозяйственные нужды энергоресурсами, увеличивая выработку электроэнергии на АЭС и электростанциях, работающих на низкокачественных углях, Энергетическая программа намечает уменьшить использование нефти, мазута, природного газа, коксующихся углей и кокса на топливные нужды. Стало быть, необходимо «перевести» энергоемкие технологические процессы с качественных видов топлива на электроэнергию. Возьмем, например, цветную металлургию, в которой за последние годы постепенно снижается доля топлива в общем расходе топливно-энергетических ресурсов в результате увеличения потребления электрической энергии: это связано с широким внедрением электролиза, электротермии, природоохранных мероприятий, а также с применением кислорода.

Сейчас электролизом получают весь рядовой алюминий, электролитный никель, рафинированную медь, цинк, магний и др. Электротермические процессы — основной передел при переработке медно-никелевых руд, выплавке ферроникеля непосредственно из руд, в производстве титана, олова. Электротермия все чаще используется

при рафинировании свинца, сурьмы, олова. Для получения тугоплавких и редких металлов внедряется электронно-лучевая плавка, применяются токи высокой частоты. Все чаще плавку цветных металлов осуществляют в индукционных и других печах с электрическим нагревом; у них значительная скорость нагрева, расплавленный металл отличается чистотой. В настоящее время на электролизные процессы в цветной металлургии расходуется около 48% общего потребления электроэнергии, а на электротермические — примерно 12%.

Из общего расхода топлива в отрасли на нужды энергетики (выработка электроэнергии и тепла на ТЭЦ и в котельных) идет 48%, на производство основной продукции — 49%. Причем около 65% всего потребляемого топлива — качественные его виды. Как наиболее эффективно заменить качественное топливо другими энергоресурсами? Так, производство черновой меди электроплавкой и автогенными процессами (вместо шахтной и отражательной плавки), а также использование электропечей (вместо пламенных печей) при получении рафинированной меди позволит снизить расход качественных видов топлива на 82%. А в алюминиевой промышленности при производстве глинозема замена трубчатых вращающихся печей установками кипящего слоя сократит удельный расход топлива (мазута и природного газа) на 25—30%.

Внедрение топливосберегающих технологий снижает расход качественных видов топлива в цветной металлургии относительно уровня и структуры потребления 1983 г. (в %): кокса — на 30, мазута — на 20, природного газа — на 10. Электротехнологии не только экономят топливо, но и снижают себестоимость получаемого металла (руб./т): черновой меди — на 14—20, цинка — на 40—42, свинца — на 3—4, глинозема — на 1,5—2.

В угольной промышленности (здесь самый высокий процент потребления угля), чтобы повысить эффективность сжигания антрацита и тощих углей, в паровых котлах стараются использовать топки с высокотемпературным кипящим слоем. В результате повышения давления воздуха под решеткой топливо (с размером частиц до 6 мм) поднимается над решеткой и сгорает в основном во взвешенном состоянии (в «кипящем слое») при температуре 1000—1200°С. КПД котлов с топками кипящего слоя на 8—10%, а теплопроизводительность

на 20—25% выше, чем у котлов со слоевыми топками. К тому же металлоемкость топок с кипящим слоем меньше, и благодаря интенсивному обдуванию холодным воздухом увеличивается срок службы их колосников. Еще большая производительность (до 30%) у паровых котлов, оборудованных топкой с низкотемпературным кипящим слоем, у которых в области кипящего слоя расположены специальные трубы-теплообменники для отбора тепла, в результате чего температура в слое поддерживается на уровне 830—850°С.

Значительно уменьшить расход котельно-печного топлива на производство тепловой энергии в угольной промышленности можно, утилизировав шахтный метан, получаемый при дегазации угольных пластов. По условиям безопасности запрещается использовать метановоздушную смесь с концентрацией метана в пределах 2,5—30%, а многие шахты извлекают метан с концентрацией именно в таком диапазоне. Однако, добавляя природный газ, можно довести концентрацию метана выше 30% и применять его в качестве топлива, что, например, на шахте имени Горького производственного объединения «Донецкуголь» сэкономило более 10 тыс. т условного топлива.

Существенный резерв экономии топливно-энергетических ресурсов на промышленных предприятиях — использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), образующихся в различных технологических процессах (агрегатах). Горючие ВЭР генерируются при химической и термохимической переработке углеродистого и углеводородного сырья в виде отходящих и продувочных газов, содержащих горючие компоненты: водород, метан, окись углерода и другие легкие углеводороды. Физическое тепло отходящих дымовых газов промышленных печей и охлаждаемых продукционных газов, тепло конденсата и отработавшего пара — все это тепловые ВЭР. Значительные их количества образуются в высокотемпературных процессах черной и цветной металлургии, при переработке нефти, получении строительных материалов и т. д. В тепловых балансах многих отраслей промышленности ВЭР играют весьма значительную роль. Например, в черной металлургии почти треть потребности в тепловой энергии покрывается теплом из утилизационных установок, а в целом по промышленности на долю ВЭР приходится около 6,5% необходимой

тепловой энергии. На отдельных предприятиях ВЭР дают 70—80%, а то и все 100% потребляемого тепла. В 1982 г. промышленностью страны было утилизировано около 125 млн. Гкал тепловых ВЭР, что равносильно экономии примерно 22 млн. т условного топлива!

Немудрено, что весьма важной задачей энергетического хозяйства промышленных предприятий следует считать обеспечение максимально возможного использования ВЭР в утилизационных установках. Так, на Череповецком металлургическом заводе имени 50-летия СССР 75% потребности в паре покрывается ВЭР. Генерируется пар в котлах-утилизаторах, установленных за мартенами и нагревательными печами прокатного стана 2800. Для более полного использования энергии пара котлов-утилизаторов установок сухого тушения кокса эксплуатируется разработанная Укрэнергочерметом пароутилизационная электростанция. За 10 месяцев 1983 г. благодаря использованию тепловых ВЭР на предприятии сэкономлено 537,4 тыс. т условного топлива, при этом себестоимость 1000 кВт·ч электроэнергии, выработанной пароутилизационной электростанцией, составила за этот срок 12 руб. при стоимости электроэнергии, получаемой из энергосистемы, 17,14 руб.

В Советском Союзе коэффициент полезного использования энергоресурсов после потерь при добыче топлива, преобразовании и транспорте энергии около 43% (соответствует мировому уровню). Главное условие энергосберегающей политики — активное внедрение энергосберегающих технологий, устройств и т. д. во все отрасли народного хозяйства, что дает прекрасные результаты. Так, в 1980 г. на 1 кВт·ч отпущенной энергии расходовалось 328 г условного топлива, что почти в 1,5 раза меньше, чем в 1960 г. Это значительно меньше, чем в таких промышленно развитых странах, как США, ФРГ, Великобритания. В Государственном плане экономического и социального развития СССР на одиннадцатую пятилетку предусмотрено обеспечить экономию топливно-энергетических ресурсов в 1985 г. к уровню 1980 г. в размере более 200 млн. т условного топлива.

С. А. ТУШНОВ, инженер

ОТ ПОКОЛЕНИЯ — К ПОКОЛЕНИЮ. Одна из центральных проблем совершенствования современного производства — организация оперативного анализа огромного потока внутрипроизводственной информации для выработки так называемых управляющих воздействий. Успешно решить эту проблему оказалось возможным благодаря достижениям в различных отраслях науки и техники, в первую очередь в электронике.

В январе 1985 г. Политбюро ЦК КПСС рассмотрело проект общегосударственной программы создания, развития производства и эффективного использования вычислительной техники и автоматизированных систем на период до 2000 г. Главная задача — повышение эффективности народного хозяйства на базе ускорения темпов научно-технического прогресса, прежде всего в машиностроении и электронике.

Темпы обновления электронно-вычислительной техники — одни из самых быстрых в приборостроении. Так, с 1960 г. сменилось уже четыре поколения ЭВМ. В корне изменились стратегия и тактика использования электронной техники с появлением микропроцессоров и микро-ЭВМ на основе больших интегральных схем (БИС). Их постоянное совершенствование, повышение уровня интеграции резко снизили удельную стоимость реализации логической функции по сравнению с предыдущим поколением ИС. Уменьшить себестоимость микропроцессоров позволило также возрастание уровня универсальности БИС и серийный выпуск микропроцессорной техники.

Одно из главных направлений развития вычислительной техники — повышение производительности ЭВМ. Разработаны мероприятия, связанные с увеличением эффективности как отдельной машины, так и с возможностями совместной работы группы ЭВМ. В частности, повысить производительность можно с помощью операционных систем, сверхпроводящей памяти, распараллеливания процесса вычислений. Создаются многопроцессорные системы с несколькими процессорами вместо одного. Недостаток такого подхода — потребность в сложном программном обеспечении, синхронизирующем параллельную работу процессоров. Увеличивают производительность вычислительной системы и «распараллеливанием» ввода/вывода и работы процессора,

Надежность вычислительных средств — характеристика, особенно важная для ЭВМ, применяемых в трудноконтролируемых условиях, например, в космических исследованиях. Вначале дублировалось функционирование процессоров (их параллельной работой) с последующим сравнением результата и принятием решения в режиме голосования. Такой подход привел к созданию так называемых тандем-систем с избыточными аппаратными ресурсами.

Как только микропроцессоры стали компактными, высокопроизводительными, программируемыми и малочувствительными к внешним условиям, выяснилось, что они могут использоваться не только для анализа информационных потоков. Их стало возможно применять и для управления отдельными участками технологических процессов, в частности при создании промышленных роботов. Правда, роботы еще довольно примитивны из-за отсутствия достаточно надежных «органов» чувств. Однако можно надеяться, что микропроцессоры и здесь позволят добиться определенных успехов. Другая важнейшая область применения микропроцессоров — станки с программным управлением.

Развитие космических средств связи позволило компьютерам «разговаривать» между собой и с пользователями, находясь на расстоянии тысяч километров друг от друга. Появились автоматизированные системы управления целыми отраслями народного хозяйства, оперативно собирающие информацию о состоянии дел от абонентов, находящихся на периферии, анализирующих эту информацию в реальном времени и предоставляющих оперативные отчеты и рекомендации. Причем такая автоматизация «в большом» происходит вместе с автоматизацией «в малом», в результате чего компьютер приходит к рабочему месту инженера, врача, портного, конструктора, дизайнера, музыканта.

Без микроэлектроники не обойтись. Высокие темпы роста народного хозяйства требуют широкого использования средств вычислительной техники для создания автоматизированных систем организационно-экономического управления. К 1982 г. в СССР было внедрено около 3,5 тыс. таких АСУ. С десятой пятилетки начинают интенсивно существовать АСУ технологическими процессами (АСУТП), к 1982 г. их насчитывалось около 3 тыс.

Без вычислительной и микропроцессорной техники невозможно широкое внедрение автоматизированных систем для управления станками, машинами, агрегатами, оборудованием и технологическими процессами. Например, химическая промышленность сегодня — это многообразие производств и технологических процессов (непрерывных, непрерывно-периодических, периодических), связанных с переработкой большого количества сырья и материалов. В химической промышленности уже действуют производства, управление которыми осуществляется с помощью средств вычислительной техники на базе микро-ЭВМ. Созданы системы для автономного управления и контроля отдельными агрегатами, отделениями и цехами, одновременно охваченными централизованной системой управления всем производством. В Минхимпроме разрабатывается базовый программно-технический комплекс для организации распределенных систем управления технологическими процессами, агрегатами и производствами, в котором будут широко применены самые современные средства микропроцессорной техники. В состав такого комплекса входят: пульт оператора-технолога со встроенными микро-ЭВМ типа «Электроника-60» (МП8000Д) для контроля регулирования и логического управления процессом; выносная информационная станция для преобразования и унификации сигналов от электрических датчиков; устройство сбора и обработки информации, выполняющее функции преобразования и первичной обработки сигналов; устройство отображения информации (С501) — цветной графический дисплей; каналы связи для обмена информацией между устройствами комплекса на расстоянии до 1500 м.

Микропроцессорные средства применяются и в отраслевом аналитическом приборостроении при создании нового класса сложных лабораторных приборов (хроматографы, цветомеры, спектрофотометры и др.).

Появление надежных мини-ЭВМ и микропроцессоров позволило в телефонии перейти к новому поколению электронных АТС — с распределенным управлением. Вместо специализированного управляющего вычислительного комплекса используется несколько мини-ЭВМ и микропроцессоров, каждый из которых решает ограниченный круг задач. Например, непосредственное обслуживание абонентов возлагается на одну группу про-

цессоров, диагностика работы оборудования АТС и каналов связи — на другую, тарификация — на третью.

Сегодняшняя робототехника базируется на хорошо отработанных унифицированных модулях управления — электронных устройствах, способных самостоятельно или совместно с другими модулями решать различные задачи управления. В ЦНИИРобототехники и технической кибернетики при Ленинградском политехническом институте имени М. И. Калинина создан набор модулей для комплектования типовых устройств управления. Основные модули (управления, обработки информации, обучения, контроля) выполняются на микропроцессорах. Модули адаптивного управления в зависимости от сложности алгоритмов строятся либо на микропроцессорах, либо на мини-ЭВМ. Периферийные модули используют дискретные полупроводниковые элементы и отдельные БИС. Например, робот МП-8 для сортировки заготовок и сборки имеет адаптивное управление с системой технического зрения. В устройство робота входят телевизионная камера, микро-ЭВМ «Электроника-60», манипулятор с 4 степенями подвижности.

Вычислительная техника позволяет автоматизировать управленческий труд, компьютеризировать конторское дело. В Московском городском совете по туризму и экскурсиям (МГСТЭ) с помощью ЭВМ за год обрабатывается примерно 100 тыс. документов. В результате, несмотря на существенное увеличение объемов реализации, число работников не изменилось и условно высвобождено около 100 человек. Более чем на 2 млн. руб. снизилась дебиторская задолженность, больше реализуется путевок, укрепилась финансовая дисциплина, повысилась культура труда.

Развитие технологии производства БИС, а также серийный выпуск достаточно надежных микро-ЭВМ с широким набором периферийных устройств и развитым математическим обеспечением позволяет создавать сравнительно дешевые комплексы технических средств автоматизированных систем управления электропотреблением. Киевским политехническим институтом разработана информационно-управляющая система электропотребления, внедренная на ряде предприятий Украины. Основное функциональное звено системы — серийно выпускаемая микро-ЭВМ «Электроника К1-10» или микроконтроллеры, например «Электроника К1-20» либо

МК-01. С помощью подобной системы прогнозируется нагрузка предприятия в часы вечернего и утреннего максимума нагрузки энергосистемы, принимаются оперативные решения по снижению нагрузок, ведется постоянный учет потребления электроэнергии по подразделениям предприятия, осуществляется управление наружным освещением в зависимости от реального уровня напряжения, питающего осветительные установки. Применение информационно-управляющей системы на Васильковском заводе холодильников позволило сократить заявленную мощность предприятия на 15%, а расход электроэнергии — на 3%. В результате реальный годовой экономический эффект достиг 80 тыс. руб.

Рассредоточенность сельскохозяйственных объектов требует четкой внутрипроизводственной связи. Технические средства, обеспечивающие диспетчерскую связь в колхозах и совхозах, непрерывно пополняются новыми совершенными видами аппаратуры. В СССР разработана автоматизированная система контроля за сельскохозяйственными работами на уровне района на базе микро-ЭВМ, обеспечивающая автоматический сбор, обработку, хранение, документирование и выдачу информации на средства отображения. Эта система внедряется в Каневском районе Краснодарского края.

В нашей стране на основе комплексных программ ведутся крупномасштабные работы по созданию ЭВМ и внедрению вычислительной техники в народное хозяйство. Исследовательские и конструкторские коллективы (ордена Ленина Институт кибернетики имени В. М. Глушкова АН УССР, Институт электронных управляющих машин Минприбора, Ереванский научно-исследовательский институт математических машин и др.) участвуют в реализации программ, предусматривающих разработку новых средств вычислительной техники и периферийного оборудования.

Все интенсивнее ЭВМ используется для автоматизации научных исследований (АСНИ) и проектно-конструкторских работ (САПР).

Сейчас только с помощью САПР можно эффективно создавать изделия с высокими технико-экономическими показателями. Так, применение САПР крупных электрических машин в ленинградском объединении «Электросила» имени С. М. Кирова позволило увеличить объем выпускаемой продукции на 20%, уменьшить

на 6% расход материалов, сэкономить около 40 млн. кВт·ч электроэнергии.

А использование САПР для разработки асинхронных двигателей (они потребляют 40% всей получаемой в СССР электроэнергии) в результате повышения КПД и коэффициента мощности двигателей даст при их эксплуатации экономию 150 млн. кВт·ч в год. Сократится также расход меди и электротехнической стали.

Задача АСНИ — обеспечивать САПР математическими моделями, информацией о новых объектах, процессах, наиболее пригодных для автоматизированного проектирования.

Сейчас действует более сотни АСНИ и до тысячи САПР, созданных по программе Государственного комитета СССР по науке и технике. Внедрение их позволяет на 20—25% ускорить научные исследования, на 25% повысить производительность труда научных работников, а также интенсифицировать создание образцов новой техники и улучшить их технико-экономические показатели. В одиннадцатой пятилетке микропроцессоры нашли применение более чем в 200 различного вида устройствах и установках промышленного и бытового назначения. В двенадцатой пятилетке их должно быть более миллиона. Сессия СЭВ недавно приняла решение о разработке программы сотрудничества всех стран социалистического содружества по проблеме «Развитие и широкое использование в народном хозяйстве микропроцессорных средств на 1982—1990 годы». В перспективе развитие микропроцессорной техники позволит вплотную подойти к реальному решению задач, связанных с созданием комплексных механизированных и автоматизированных технологических линий и производств с максимальным использованием роботов и промышленных манипуляторов на всех необходимых стадиях и отделениях производства, что существенно сократит ручной труд в народном хозяйстве.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР предусматривается введение во всех средних учебных заведениях страны курса «Основы информатики и вычислительной техники». Предполагается, в частности, создать в учебных заведениях кабинеты вычислительной техники, наладить программно-методическое обеспечение учебного процесса.

В. П. КОЖИН, инженер

К КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ. Автоматизация производства резко повышает его эффективность, улучшает качество выпускаемой продукции. Без автоматизации немыслимо применение совершенных технологических процессов, использование передовых методов организации труда, достижений научно-технического прогресса. Злоба дня сегодня — комплексная автоматизация, охватывающая все производство, от проектирования технологии до изготовления продукции и доставки ее потребителю.

Познакомимся с проблемами автоматизации производства на примере машиностроения. Этой отрасли народного хозяйства принадлежит ведущая роль в дальнейшем развитии экономики нашей страны как основы ее технического прогресса. Интенсификация производства в машиностроении на базе более высокого научно-технического потенциала вызывает качественные изменения и в тех отраслях народного хозяйства, которые машиностроение обслуживает. Машиностроение, чей удельный вес в общем объеме промышленной продукции превышает 25%, — самая автоматизированная отрасль, своеобразный «законодатель мод» в автоматизации.

На современном этапе автоматизации создаются автоматизированные участки, цехи, заводы. Этот этап — наивысшая стадия автоматизации производства, участие человека в нем сведено к минимуму. В СССР и за рубежом такие производства стали называть несколько необычным термином — «безлюдная технология». Термин этот не совсем точен: хотя высокоавтоматизированное производство действительно выглядит безлюдным — в цехах почти нет людей, штатное расписание завода-автомата достаточно солидно. Здесь и высококвалифицированные проектировщики, конструкторы, математики-программисты, наладчики, технологи и т. д.

Следует отметить, что переход к безлюдной технологии невозможен без успешного решения основных задач комплексной автоматизации производства: значительно повышения надежности оборудования (результат внедрения новых материалов); увеличения точности изготовления деталей; автоматизации контроля за параметрами заготовок и деталей с последующей корректировкой процесса обработки; интенсификации внедрения

новых материаловосберегающих технологических процессов и т. д.

Производству нужна гибкость. Вспомним, что под результатами автоматизации понимается не только сокращение ручного труда на производстве, но и обязательное повышение производительности оборудования и улучшение качества изготавливаемой продукции. Эти задачи по силам решать нынешним высокопроизводительным автоматическим поточным линиям. Но такие линии применяются главным образом в массовом и крупносерийном производстве, а в мелкосерийном автоматизация пошла по пути использования программируемого, т. е. перенастраиваемого оборудования: станков с ЧПУ (в том числе обрабатывающих центров), промышленных роботов и других устройств, позволяющих активно переключать производство на новую продукцию.

Но с начала 70-х годов требования универсальности, или возможности быстрой переналадки, начали предъявлять также и к автоматическим поточным линиям. И оказалось, что универсальности у традиционных поточных линий нет. Хочешь перейти на новую продукцию — заменяй станки, перестраивай линию. Ну а если комплекс новых линий не поместится в старом заводском корпусе?

Конечно, при массовом производстве затраты на создание новой поточной технологической линии окупятся. Но во всех промышленных странах массовыми или крупными сериями выпускается всего 20% продукции, остальные 80% приходятся на единичное, мелкосерийное и серийное производство. К тому же необходимо учитывать, что значительно разнятся сроки изготовления различного оборудования в условиях массового производства по неизменным или мало изменяемым чертежам. Так, по данным фирмы «Diag» (ФРГ) сейчас подобные сроки составляют (в годах): для легковых автомобилей 6—20; дизельных двигателей внутреннего сгорания 8—15; металлорежущих станков 4—5; изделий широкого потребления 2—3. В машиностроении давно уже просматривается тенденция к постепенной замене массового производства крупно- и среднесерийным, к постоянному усложнению конструкций, увеличению номенклатуры выпускаемых изделий, более частой смене объектов производства, сокращению сроков освоения продукции. Следовательно, необходимо создать новую

форму производства, в которой бы сочетались высокий уровень автоматизации массового и универсальность мелкосерийного производства. Результатом деятельности ученых и инженеров в этом направлении и стали автоматизированные комплексы с гибко перестраиваемой технологией, или «гибкие производственные системы».

Работы по созданию подобных систем начались еще с 60-х годов. Однако первый отчет о результатах в данной области «Представление обществу гибкости производства» был опубликован в журнале «IRON AGE» только в 1978 г. Поясним, что гибкий производственный комплекс (ГПК) по принятой сейчас терминологии — группа оборудования с высокой степенью автоматизации для обработки различных заготовок, выпускаемых малыми и средними партиями. Так, ГПК для механической обработки состоит из высоксаматизированных станков, транспортной системы автоматизированной подачи заготовок (инструмента) на станки и удаления со станков готовых деталей (использованного инструмента), ЭВМ с системой программ для руководства и управления всем объемом работ, выполняемых на комплексе. Он, ГПК, является составной частью гибкого автоматизированного производства (ГАП) — участка (цеха, завода), в котором работа всех компонентов (технологического оборудования, транспортных и складских систем, участков комплектования программами, инструментом, приспособлениями, заготовками) синхронизируется как единое целое системой управления, обеспечивающей быструю перестройку технологии производства и смену объектов производства.

Главное практическое достоинство гибких производственных систем (ГПС) — повышение мобильности производства и значительное сокращение сроков перехода на новую продукцию. Время переналадки оборудования уменьшается в среднем на 50%, а в некоторых случаях — на 75%, что, в свою очередь, отзывается на экономических размерах изготавливаемых деталей. ГПС повышают производительность труда практически на всех стадиях производства: при проектировании, технологической подготовке, обработке, сборке, контроле, во вспомогательных службах. Снижаются себестоимость продукции (на 10%), накладные расходы, оборотные средства. Срок окупаемости ГПС — от 2 до 5 лет.

Именно высокой эффективностью гибких систем объ-

ясняется их всеобщее признание. Если к 1980 г. в мире эксплуатировалось около 60 ГПК для механической обработки (главным образом в СССР, Японии, США), то к середине 1984 г. их стало более 250.

В нашей стране сейчас работает более 60 ГПК, их называют также «автоматизированными технологическими комплексами». В состав комплексов входит от 2 до 94 станков. Время переналадки 1—5 мин. Две трети комплексов обрабатывают тела вращения, остальные изготавливают корпусные детали. Все ГПК работают в две смены, при повышении производительности труда в 2—3 раза экономический эффект от их внедрения весьма высок.

Для наглядности приведем, например, данные, характеризующие эффект от внедрения в производство гибкого отечественного комплекса АЛП-3-2 для комплексной механической обработки корпусных деталей, который состоит из 8 станков, транспортно-складской системы, роботов-операторов для смены инструмента, управляющего вычислительного комплекса. Применение АЛП-3-2, обеспечив гибкость производства, снизило себестоимость продукции в 3—5 раз, а производственный цикл — 2,5—5 раз. Высвободилось до 90 высококвалифицированных станочников-универсалов, или 7—8 операторов станков с ЧПУ, повысились коэффициенты использования оборудования с ЧПУ (в 2—3 раза) и сменности (в 2 раза). К тому же улучшилось качество деталей, возросла культура производства.

Если сравнить данный ГПК с участком из 16 станков с ЧПУ (типа «обрабатывающий центр»), производящих одинаковое количество продукции, то окажется, что за год комплекс даст экономию 820 тыс. руб. при работе в две смены и 929 тыс. руб. при эксплуатации в три смены при значительном сокращении (в 2 раза и более) производственного и обслуживающего персонала.

В нашей стране в создании ГПС участвуют многие организации, например, Ивановское станкостроительное производственное объединение им. 50-летия СССР, Минское производственное объединение по выпуску автоматических линий им. 60-летия Великого Октября. Так, в Минске сконструирована линия ЛМ-685 для обработки кулаков сочленений шарниров переднего моста грузового автомобиля КамАЗ, где изготавливаются детали трех

типоразмеров, причем линия переналаживается автоматически по «команде» от самой детали.

Дарасунский завод горного оборудования освоил ГПС для обработки валов, фланцев, крышек и других деталей (до 150 тыс. штук в год) с высокой степенью автоматизации технологических процессов. ГПС образуют: высокопроизводительное металлорежущее оборудование, транспортно-складская система и автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП). ГПС работает в две смены, обслуживающий персонал (операторы ЭВМ, инженер-электронщик, операторы-станочники) — 15 человек. Внедрение ГПС принесло экономический эффект свыше 450 тыс. руб., позволило сократить численность производственного персонала на 29 человек, уменьшить длительность производственного цикла на 15%, снизить объем незавершенного производства на 14%.

Три кита безлюдной технологии. Переход к производственным системам определило развитие электронно-вычислительной техники и создание на ее основе оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) и роботов. Можно даже сказать, что промышленная история гибкой автоматизации началась с появлением станков с ЧПУ, непосредственно управляемых от ЭВМ.

«Руководить» различными производственными процессами, например при выплавке стали в мартеновских печах, ЭВМ помогали человеку и раньше. Однако с их помощью автоматизировались главным образом непрерывно повторяющиеся процессы (плавка, прокатка), для организации которых требовались не очень сложные алгоритмы и программы. К тому же ЭВМ были дороги, так что снабжать ими каждый станок автоматической линии было нерентабельно.

С появлением более дешевых микропроцессоров и микро-ЭВМ положение стало совершенно другим. Вычислительная техника оказалась доступной самому широкому применению; ее начали буквально встраивать в станки-автоматы. Если раньше ЭВМ размещались от станков отдельно, то теперь миниатюрные системы ЧПУ легко вписывались непосредственно в станок, высвобождая тем самым дефицитную производственную площадь. Применение микропроцессорной техники устранило некоторое разочарование в станках с ЧПУ, значительно

расширив их возможности. Так, уменьшение в 10—20 раз числа разъемов значительно сократило количество сбоев в системе; малые стоимость и габариты электронных устройств позволили создавать системы ЧПУ на основе нескольких микропроцессоров; повысилась приспособляемость станков к особенностям конкретного производства.

В станкостроении переход от существующих конструкций станков с ЧПУ, выполненных на базе универсальных станков, к значительно более совершенным системам, работающим в диалоговом режиме, повысит производительность труда примерно в 1,5 раза. При этом каждая тысяча станков с ЧПУ на основе микро-ЭВМ высвобождает 2,5 тыс. станочников.

Однако экономическая эффективность автономно эксплуатируемых станков с ЧПУ недостаточно высока. В мелкосерийном и единичном производствах коэффициент загрузки таких станков обычно равен 0,4—0,6, а коэффициент сменности 1,3—1,6. Нетрудно подсчитать, что из 8760 ч годового бюджета времени оборудование с ЧПУ производительно работает всего 600—900 ч. Встроенные в ГПК станки «показывают результаты» в 2—3 раза выше.

Современная система ЧПУ станком — классическая схема управления: источники информации (датчики) об объекте управления и внешней среде; исполнительные устройства (двигатели, контакторы, муфты); вычислительно-управляющее устройство. Для ввода информации управляющих программ в системе ЧПУ используются такие программоносители, как перфоленты, штекерные панели, а также блоки памяти на ферритовых кольцах и полупроводниковых интегральных схемах. Контролируют заданные размерности обрабатываемых деталей либо измерением текущих координат рабочих органов станка и сравнением их со значениями «запрограммированных» текущих координат (косвенный контроль), либо с помощью устройств, определяющих размеры деталей непосредственно в процессе обработки (активный контроль). Для преобразования электрического сигнала в перемещение исполнительных органов станка применяются электрические и гидравлические устройства.

Совершенствуя систему управления оборудования с ЧПУ, конструкторы не оставляли без внимания и само оборудование, стараясь обучить его «смежным профес-

сиям», максимально сконцентрировав в едином агрегате операции по обработке деталей. Подобная концентрация позволила бы значительно сократить число станков и, следовательно, сэкономить производственную площадь; уменьшить штат обслуживающего персонала; обеспечить высокую точность и надежность обработки; увеличить срок службы инструмента. Так появились обрабатывающие центры (ОЦ).

В специальной литературе ОЦ называют по-разному: многоцелевыми станками, машинными центрами, интегрированными системами обработки. На ОЦ корпусную деталь без переустановки можно обрабатывать с четырех и даже пяти сторон — фрезеровать, растачивать, нарезать резьбу. Словом, не станок, а миниатюрный заводской цех. В многооперационных станках решены такие сложные задачи, как автоматизация процессов смены деталей и инструмента, контроля за изготавливаемой деталью и инструментом.

На пятой Всемирной выставке металлообрабатывающего оборудования в Париже (1983 г.) ОЦ занимали основное место среди станков для изготовления корпусных деталей. Их представили 141 фирма из 22 стран. Были выявлены (с помощью ЭВМ) основные тенденции развития этой группы оборудования. Выяснилось, что около 60% из всего мирового выпуска составили ОЦ с горизонтальной осью рабочего органа — шпинделя, практически все станки имели бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя, одним из основных параметров стала точность позиционирования, составляющая примерно 0,02 мм. Инструментальные магазины ОЦ от 8 до 140 инструментов, для смены инструментов все чаще стали использоваться не промежуточные манипуляторы, а устройства, снятие и установка инструмента которыми осуществлялись при перемещении магазина или шпиндельного узла. Это связано со стремлением повысить надежность систем автоматической смены инструмента и сократить время, связанное такой сменой. Совершенствовались и устройства для контроля размера деталей. Так, одной английской фирмой разработан датчик — головка с поворачиваемым по программе щупом, которым можно было обмерять даже наклонно расположенные поверхности. Симптоматично, что на выставке более 30 фирм представили образцы ГПК для обработки корпусных деталей, хотя в 1981 г.

на подобной выставке в Ганновере такие комплексы практически представлены не были, что лишний раз свидетельствует о повышенном интересе к ГПК в машиностроении.

Высокую эффективность показывают ОЦ, сконструированные в нашей стране. На XXVI съезде КПСС, определившем основные пути развития энергетики в нашей стране, особое внимание было обращено на строительство АЭС и увеличение единичной мощности энергетических установок до 1000—1250 МВт и более. Поэтому перед станкостроителями была поставлена задача создания мощных комплексов для обработки крупных деталей с высокой точностью, оснащенных современным режущим и измерительным инструментом, а также совершенными приборами контроля качества. Такой комплекс (модель НС-33Ф2) разработан Новосибирским станкостроительным объединением «Тяжстанкогидропресс». На комплексе, выполненном как ОЦ с подвижным порталом, реализована раздельная обработка верхних и нижних половин корпусов цилиндров высокого давления паровых турбин для АЭС. В процессе изготовления корпусов обеспечивается паронепроницаемость стыка, полное совпадение крепежных отверстий и базовых опорных торцов турбины.

Комплексом осуществляются разнообразные фрезерные и расточные работы, нарезание крупных резьб. Он оснащен позиционной системой программного управления, причем координаты любых 3 узлов одновременно высвечиваются на подвесном пульте управления. Портал массой 170 т, включающий в себя 2 фрезерных расточных суппорта с расточной головкой, систему ЧПУ и другое оборудование, перемещается самостоятельно по двум станинам и позволяет в процессе обработки одной детали менять и закреплять на стендовой плите другую деталь. Точность позиционирования при перемещении портала $\pm 0,01$ мм. На подобном ОЦ можно растачивать отверстия диаметром 750—3800 мм.

Для металлообрабатывающего комплекса модели НС-33Ф2 впервые в практике тяжелого машиностроения были разработаны и внедрены: технология раздельной обработки, устройство для записи программы, комплект программоносителей, специальная режущая измерительная оснастка. За 5 лет службы комплекс принес экономический эффект в размере 1,5 млн. руб.

В 1,6 раза возросла производительность труда в результате использования для обработки корпусов цилиндров низкого давления паровых турбин ОЦ модели ФАС-221, применяемых на производственном объединении «Ленинградский металлический завод». Станок оснащен поворотным столом (размером 10×5 м), фрезерным и расточным удлинителями, поворотной фрезерной головкой, оптической системой контроля, инструментальными магазинами на 40 позиций. На ОЦ можно обрабатывать все составные части цилиндров, начиная с фрезерования горизонтальных разъемов и заканчивая совместной доводкой корпусов, масса которых достигает 150 т.

Применение ОЦ резко снизило объем разметочных работ, сократило межоперационные циклы, уменьшило время на транспортировку, снизило трудоемкость, облегчило шабровочные и слесарные работы на этапе стендовой сборки, повысило качество корпусов.

В СССР роль важнейшего станкостроительного центра, специализирующегося на изготовлении оборудования для гибких автоматизированных производств, по праву принадлежит городу Иванову. Первый же многооперационный станок, выпущенный Ивановским строительным производственным объединением (ИСПО) имени 50-летия СССР, получил всемирное признание на Международной выставке металлообрабатывающих станков в Ганновере (1977 г.). На ИСПО изготовлен один из крупнейших ОЦ в мире. Размеры ИП-1600 впечатляют: масса его 120 т, а высота 7 м! На таком ОЦ обрабатывают детали длиной до 8 м и массой 300 т и более. До пульта управления станком приходится добираться на лифте.

Каждый год на предприятии выпускается новая модель станка. В 1984 г., например, появился «блок-центр», где могут заменяться и инструмент, и многошпиндельные головки, в которых инструмент крепится, что значительно увеличило производительность агрегата. Конструируется «глобус-центр», способный изготавливать детали со сферическими поверхностями (гребные винты и др.). В перспективе «агрегат-центр», который можно состыковать с центральной управляющей ЭВМ и роботизированной транспортной системой. Этот ОЦ — оборудование будущих безлюдных производств.

Одним из основных средств достижения гибкости

производства являются промышленные роботы (ПР). В настоящее время не существует четкого определения понятия «промышленный робот»¹. Например, по трактовке Американского института промышленных роботов, ПР — многоцелевой манипулятор, предназначенный для перемещения заготовок, деталей, инструмента или специальных устройств посредством изменяемых программируемых движений исполнительного органа в ходе выполнения разнообразных задач. Сложновато, не так ли? Более конкретна формулировка Международной организации технических норм и стандартов: ПР — механизм, обладающий несколькими степенями свободы, большей частью выполняемой в виде одной или нескольких рук, оканчивающихся кистью, способной захватить инструмент, деталь или устройство для контроля качества. В нашей стране различают следующие робототехнические средства: манипуляторы — устройства для перемещения в пространстве тела, удерживаемого захватом, управляемые оператором или действующие автоматически; автооператоры — манипуляторы, действующие автоматически по неизменной программе; ПР — переналаживаемые манипуляторы промышленного применения, способные автоматически выполнять комплекс действий, предусмотренных программой.

Определение у роботов разное, но назначение одно — освободить человека от малоквалифицированного и физически тяжелого, а порой и опасного для его жизни ручного труда. Самые совершенные роботы — интеллектуальные, действия которых соответствуют отдельным признакам человеческого поведения: с помощью датчиков (оптических, тактильных, локационных и др.) они получают сведения об окружающих предметах и на основании этих сведений принимают с помощью ЭВМ решения о последующих действиях в рамках разработанной для них программы. Современные роботы мало чем напоминают своих предков — механических людей (андроидов) не только по техническим возможностям, но и по «внешности». Ведь как сказал один известный специалист по робототехнике, «...работа термостата не улучшится, если он будет иметь вид человека с металлическими руками, которые включают и выключают

¹ Подробнее см. брошюру: Роботы и ЭВМ. М., Знание, 1985, № 5. Серии «Техника».

чают нагревательный элемент». Конструкцию робота прежде всего определяет его назначение.

Трудно переоценить роль робототехнических средств в автоматизации производственных процессов. Благодаря ПР, а также универсальному технологическому оборудованию с ЧПУ и микропроцессорным системам стал возможен переход к гибкому автоматизированному производству. ПР — универсальное средство автоматизации производственных процессов, особенно в условиях большой номенклатуры и частой смены изготавливаемой продукции. Быстро перенастраиваемые на новые операции ПР используются для загрузки заготовок и разгрузки готовых деталей, контроля, смены инструмента, уборки отходов. Так, в обязанности робота несложного комплекса для обработки валов электродвигателя входит выполнение следующих операций: поиск деталей в накопителе; измерение длины и диаметра заготовок; определение равномерности припусков при подрезке торцов; отбраковка заготовок, имеющих недопустимые отклонения в размерах; загрузка и разгрузка станков; межстаночное транспортирование деталей; промежуточное складирование; укладка деталей в контейнер.

Подобный роботизированный технологический комплекс (РТК) разработан в ЭНИМСе для завода «Динамо». Он предназначается для автоматизации токарной обработки валов длиной 300—700 мм в условиях мелкосерийного и серийного производства. В состав РТК входят: подрезной автомат, два токарных станка с оперативной системой управления, ПР и другое оборудование. Замена таким РТК участка из тех же станков, обслуживаемых операторами, позволила повысить производительность оборудования на 46%, высвободить (условно) 2 рабочих, получить экономический эффект около 12 тыс. руб. Сократились также простои и был устранен тяжелый неквалифицированный труд операторов при укреплении и снятии изделий.

Незаменим ПР в качестве транспортных средств, объединяющих оборудование в единое автоматизированное производство. На роботов возлагается доставка заготовок со склада, а готовых деталей — на контрольное устройство и на склад. Роботы «заботятся» об обеспечении металлообрабатывающих станков инструментом, по мере надобности подвозя его из «инструменталки». Роботы возвращают на склад ненужный или неисправ-

ный инструмент, а также забирают со станков стружку.

Подвесные транспортные роботы движутся по моно-рельсам. Обычно они выполняют только перевозочные операции, а навеску и снятие грузов осуществляют специальные ПР. Более эффективны тележки-робокары с автономным приводом, движущиеся по специально разработанным трассам. Для слежения за дорогой тележки снабжаются специальными датчиками, которые улавливают либо магнитное поле уложенного под заданной трассой кабеля, либо реагируют на нанесенную светотражающую полосу.

В настоящее время в СССР создано более 200 моделей ПР, поэтому проектировщики сталкиваются с их большой номенклатурой. Для облегчения роботизации рабочего места и разработки РТК Киевским политехническим институтом имени 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции создана автоматизированная подсистема «Выбор ПР». В базе данных подсистемы хранится возможная информация о моделях ПР, выпускаемых в СССР и странах СЭВ, с ее помощью время проектирования сократилось в среднем на 15%. В «Основных направлениях экономического развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» промышленная робототехника стоит первым пунктом в перечне научно-технических задач. К концу одиннадцатой пятилетки наша страна будет располагать 40% всего мирового парка роботов. О темпах развития робототехники в СССР можно судить по следующим данным: в 1975 г. в промышленности работало 250 роботов, в 1980 г. — 6500, в 1983 г. — более 20 тыс. К 1985 г. «отряд» роботов увеличился примерно в 3 раза. Вся работа ведется по единому плану Государственного комитета СССР по науке и технике, который координирует деятельность основных отраслей промышленности, Академии наук СССР и высших учебных заведений. Внедрение намеченного количества роботов в производство позволит сберечь сотни миллионов рублей в год, высвободить около 100 тыс. рабочих, прежде всего на опасных и вредных для здоровья работах, где наибольший дефицит рабочей силы и текучесть кадров.

Итак, мы познакомились с «тремя китами» безлюдной технологии: микропроцессорной техникой, оборудованием с ЧПУ, промышленными роботами. Следует только добавить, что для руководства и управления все-

ми работами при такой технологии используются мощные ЭВМ. Пока созданные в нашей стране и за рубежом безлюдные технологии выполняют возложенные на них функции не полностью. В частности, они не имеют гибко перенастраиваемых автоматизированных участков подготовки производства. В стадии разработок находится технология автоматической диагностики систем адаптивного управления для обнаружения сбоев и остановов. Однако сегодня уже нет принципиальных трудностей, которые бы помешали созданию безлюдных производств, являющихся целью комплексной автоматизации производства.

Задачи станкостроителей. В развитии комплексной автоматизации производственных процессов на основе гибкой технологии важная роль возлагается на Минстанкопром, предприятиями которого в 1985 г. будет изготовлено более 4 тыс. ПР и 15 ГПС. Так, на московском заводе «Красный пролетарий» вошло в строй крупное гибкое автоматизированное производство, выпускающее ПР для токарных станков с ЧПУ (к концу года краснопролетарцы изготовят более 2 тыс. гибких производственных модулей для токарной обработки).

На Днепропетровском электровозостроительном заводе с помощью ленинградских ученых удалось объединить в единую технологическую цепочку 34 станка с ЧПУ, освободить от тяжелых ручных операций 87 человек, в 3,3 раза поднять производительность труда, значительно улучшить качество изделий.

В соответствии с территориально-отраслевой программой «Интерсификация-90» в ленинградской промышленности производство перестраивается на основе групповой технологии, создается необходимая материальная база, действует около 2 тыс. ЭВМ, более 3 тыс. станков с ЧПУ, 1500 роботов и 800 автооператоров, организовано 1400 роботизированных участков, функционируют первые 10 гибких автоматизированных производств. К концу одиннадцатой пятилетки заработают еще несколько десятков автоматизированных комплексов.

Успешно сотрудничают в создании новейшей технологии СССР и братские страны социализма. В 1983 г. было подписано соглашение об организации совместного советско-чехословацкого проектно-конструкторского и

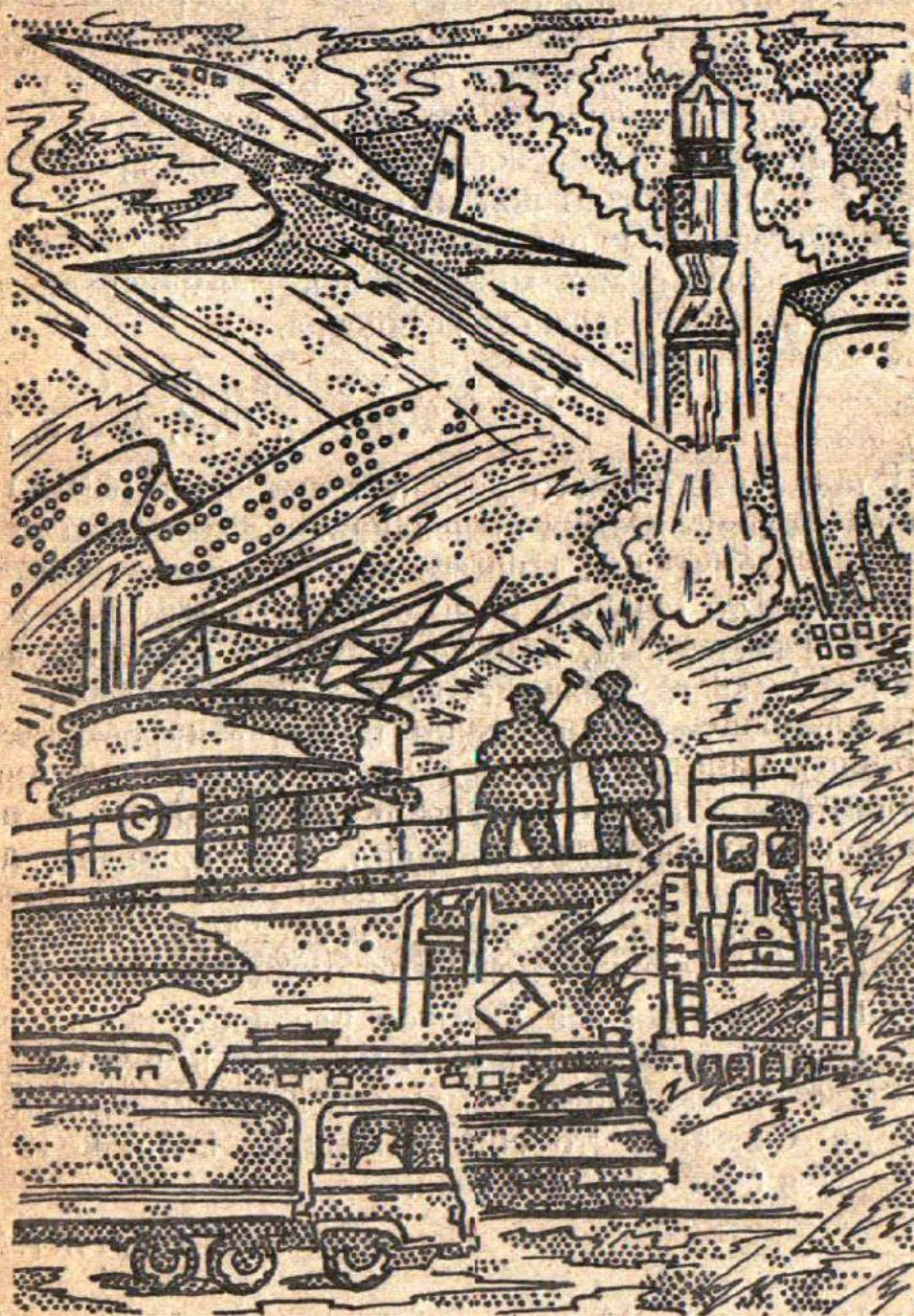
технологического бюро (ПКТБ) «Робот» — одного из первых временных интернациональных коллективов стран—членов СЭВ по разработке перспективных видов автоматизированного оборудования. ПКТБ «Робот» призвано эффективно решать задачи по конструированию и внедрению в народное хозяйство робототехнических комплексов и ГПС. «Роботом» уже выданы проекты и рабочая документация на гибкую производственную линию обработки тяжелых валов (массой до 160 кг) для Великолукского локомотиворемонтного завода, а также на гибкую автоматическую линию листовой штамповки деталей массой до килограмма.

Давние связи (в области создания ПР) СССР поддерживает с Болгарией. На заводах нашей страны хорошо зарекомендовали себя болгарские порталные роботы «Пирин», окрасочный ПР модели РБ-211. В результате совместных усилий ученых обеих стран «появились на свет» робот для дуговой сварки (модель РБ-251) и ПР для обслуживания автоматических линий из агрегатных станков (модель РБ-112). С помощью болгарских специалистов на заводе «Красный пролетарий» осваиваются ПР (модели М10П и М20П) для обслуживания металлорежущих станков, проводятся также испытания ПР для кузнечно-прессового оборудования.

В настоящее время Комитет СЭВ по сотрудничеству в области машиностроения разработал Генеральное соглашение по созданию, освоению производства и внедрению гибких производственных систем. Этот документ — основа дальнейшего развития сотрудничества стран—членов СЭВ в области комплексной автоматизации производственных процессов на основе гибкой технологии.

*Н. К. ШАДИЕВ,
кандидат технических наук*

реакционные



ВЕДЕТ Э. Я. САПОЖНИКОВ - ЧЛЕН РЕДКОЛЛЕГИИ,
ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА ОТДЕЛА ГОСКОМИЗОБРЕ-
ТЕНИЙ.

приложения

Техника за рубежом

С 1975 г. в Польше ведутся исследования по программе «Оптимизация производства и потребления белка». Разработаны методы получения микробной массы на основе различных видов сырья, в частности, на основе метанола. Подсчитано, что только из побочных продуктов пищевой и деревообрабатывающей промышленности в стране можно получить около 120 тыс. т белка в год. Основным направлением в производстве микробиологического белка может стать ферментация продуктов и отходов сельского хозяйства.

Przemysl Fermentacyjny i Owocowo-Warzynny, 1984, № 5, с. 7—8.

В институте горного дела и технологии (США) исследуются возможности выщелачивания металлов из руд с участием бактерий. Процесс осуществляется как прямым путем, то есть бактерии окисляют серу или железо, так и косвенным, при котором роль окислителя выполняет сульфат трехвалентного железа, образующегося также микробиологическим путем. Микробиологическое выщелачивание — перевод нерастворимых окисей и сульфидов в водорастворимые сульфаты — применяется для извлечения меди, урана, свинца, цинка, никеля и др.

«Osterreichische Chemie-Zeitschrift», 1984, № 7/8.

В Нидерландах все большее распространение получают домашние ЭВМ, на долю которых приходится 3% от общей суммы продаж бытового электронного оборудования. Считают, что сбыт домашних ЭВМ к 1990 г. увеличится более чем в 4 раза.

БИКИ, 14.II.1985.

В 1984 г. в США из-за неблагоприятной конъюнктуры на внутреннем рынке страны, удерживающей электроэнергетические компании от строительства новых АЭС, не было заказов на изготовление парогенераторов для АЭС. В 1985 г. ожидается сокращение отгрузки турбогенераторов на 10 000 МВт, что составит пример-

но 20% ежегодного объема отгрузок предыдущих трех лет. Также уменьшится выпуск паро-, гидро- и газотурбогенераторов.

БИКИ, 11.IV 1985.

На заводе в г. Брое (Франция), специализирующемся на выпуске станков-автоматов для изготовления печатных плат и узлов, действует система транспортных тележек Digitron-0,1. Робокары управляются ВЧ-сигналами, которые подаются при помощи провода, проложенного в полу. Тележки перемещаются со скоростью 1 м/с, обеспечивая все погрузочно-разгрузочные работы. Перезарядка аккумуляторов производится без перерыва работы тележек.

«Le Nouvel Automatismе, 1984, № 48, с. 22, 23.

В 1984 г. в г. Минакомо (Япония) введена в строй первая очередь автоматизированного гибкого производства — «завода XXI века», предназначенного для изготовления деталей разнообразной формы (втулок, валов, коробок передач и др.), из которых собирают управляемые с помощью ЭВМ токарные станки-автоматы 5-й серии. На заводе действует 33 ОЦ, из которых составлены 4 гибкие автоматизированные системы (ГАС). Подача заготовок к ОЦ осуществляется поворачивающимися поддонами или ПР. В производстве узлов и блоков занято 39 человек, на операциях сборки станков — 201 человек, завод работает круглосуточно. Производительность ГАС, производящей фланцы и втулки, — 8 тыс. деталей в месяц. Система в дневные смены обслуживается 3 специалистами, а в ночную смену работает в автоматическом режиме. Управляет технологическими и информационными процессами центральная ЭВМ, связанная телефонной линией с ЭВМ систем САПР и АСУП, благодаря которым время от начала проектирования и подготовки производства до выпуска продукции сократилось в 2 раза и составило 6 месяцев.

VDI—Nachrichten, 1984, № 30, с. 8.

Одним из перспективных направлений развития индийской энергетики считается строительство АЭС. В этой области Индия опережает другие развивающиеся страны. Доля электроэнергии, производимой на АЭС, в общей ее выработке возрастает: в 1982/83 г. она состав-

ляла 1,5%; в 1983/84 г. — 2,5%; в 1984/85 г., по оценке, — почти 3%, к 2000 г. этот показатель намечено довести до 10%. Выработка электроэнергии на АЭС в 1983/84 г. возросла до 3,49 млрд. кВт·ч. В настоящее время Индия располагает 5 ядерными реакторами суммарной мощностью 1,095 тыс. кВт. На рассмотрении правительства находится 15-летняя программа развития атомной энергетики страны. Программой предусмотрено строительство к концу столетия 22 новых АЭС. Намечено соорудить 12 реакторов мощностью по 235 тыс. кВт и 10 реакторов — по 500 тыс. кВт.

БИКИ, 7.V.85.

В США в научно-исследовательской лаборатории ВМС ведутся работы по созданию биомолекулярных микросхем. Предполагают, что такие микросхемы смогут увеличить емкость памяти микропроцессоров в 10 млн. раз по сравнению с существующими ЭВМ. Биологические микропроцессоры найдут, например, применение в имплантируемых аппаратах искусственного зрения, слуха и речи, устройствах для контроля биохимических процессов в живых организмах, портативных счетно-решающих устройствах. Ожидается, что биологические ЭВМ появятся в середине 90-х годов.

«US News and World Report» США, т. 97, № 27, 31 декабря 1984 г. — 7 января 1985 г., с. 50.

Фирма «Фудзицу» объявила о разработке супер-ЭВМ, которая будет «самой быстродействующей в мире», производя более миллиарда операций в секунду. В то время как современные ЭВМ, отметил представитель фирмы, осуществляют 250—500 млн. операций в секунду.

Токио. Рейтер, 1985, 8 января.

Фирма Wheelabrator—Huston (США) разработала установку для очистки труднодоступных внутренних полостей и каналов отливок. Установка состоит из коромысла со смонтированными на его концах зажимными приспособлениями, а также емкости с рабочей средой. Отливки, закрепленные в зажимах, погружаются в рабочую среду при поднятии емкости и очищаются в результате высокочастотной резонансной вибрации.

«Foundry Management Technology», 1984, № 3, 54—56.

МОЗАИКА ДЛЯ ЛЕКТОРА

Численность научных работников в СССР в 1940 г. была 98,3 тыс. человек, а в 1983 г. она превысила 1,4 млн. человек (или одна четвертая всех научных работников мира).

Развитие изобретательства и рационализации в народном хозяйстве СССР характеризуется следующими данными: в девятой пятилетке в среднем за год число авторов, подавших рационализаторские предложения и заявки на изобретения, составило 4 млн. человек, в десятой пятилетке — 4,5 млн., в 1983 г. — 4,6 млн. человек.

Экономический эффект от использования изобретений и рационализаторских предложений достиг (в среднем за год): в девятой пятилетке 3,9 млрд. руб., в десятой пятилетке — 5,8 млрд. руб., 1981—1983 гг. — 6,9—7 млрд. руб. Число впервые использованных в производстве изобретений в 1983 г. равнялось 25 тыс., т. е. возросло по сравнению со средним ежегодным числом изобретений в девятой пятилетке более чем в 2 раза, а экономический эффект от их применения за это же время увеличился более чем в 5 раз.

Энерговооруженность и электровооруженность труда в промышленности в 1983 г. по сравнению с 1970 г. выросла примерно в 1,5 раза. Число установленных механизированных поточных линий на предприятиях увеличилось с 89,5 тыс. в 1971 г. до 153,2 тыс. в 1983 г. (по состоянию на 1 июля), то есть более чем в 1,7 раза. Число автоматических линий за этот же период возросло в целом по промышленности почти в 3 раза.

Внедрение новой техники и НОТ в 1971—1975 гг. обеспечило 52% общего прироста производительного труда в промышленности, а в 1981—1983 гг. — более 90%. Число внедренных мероприятий по новой технике в среднем за год в 1971—1975 гг. превысило 500 тыс., в 1976—1980 гг. — 695 тыс., а в 1983 г. — 795 тыс. Фактические затраты на внедрение этих мероприятий (включая затраты прошлых лет) соответственно составили 6,2 млрд. руб., 8,7 млрд. руб., 11,3 млрд. руб. Экономический эффект от внедрения новой техники в девятой пятилетке в среднем за год был 3,4 млрд. руб., а в 1983 г. — 5,1 млрд. руб.

Число комплексно-механизированных и автоматизированных участков, цехов и производств в промышленности с 1971 г. по 1 июля 1983 г. увеличилось с 44,2 тыс. до 97,2 тыс., то есть почти в 2,2 раза. Наиболее высокими темпами внедрения комплексной механизации и автоматизации отличались машиностроение, металлообработка (число механизированных и автоматизированных подразделений возросло в 3 раза) и легкая промышленность (в 3,5 раза).

Число комплексно-механизированных и автоматизированных предприятий за период с 1971 г. по 1 июля 1983 г. увеличилось с 5 тыс. до 6,8 тыс., причем наибольший рост был в легкой промышленности (с 130 до 507). По абсолютным показателям впереди пищевая промышленность, где за этот период стало на 0,8 тыс. таких предприятий больше (всего в 1983 г. их было 2,6 тыс.).

Т 38 Техника, год 1985. — М.: Знание, 1985. — 64 с. —
(Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Техника»;
№ 8).

11 к.

Подводятся итоги технико-технологического прогресса за годы одиннадцатой пятилетки. Анализ тенденций развития народного хозяйства в 1980—1985 гг. позволяет авторам рассмотреть дальнейшие перспективы научно-технического прогресса в двенадцатой пятилетке, показать достижения нашей экономики, ее вклад в дело строительства коммунизма.

2101000000

ББК 30

6

ТЕХНИКА, ГОД 1985

Гл. отраслевой редактор Л. А. ЕРЛЫКИН

Редактор Г. И. ФЛИОРЕНТ

Мл. редактор И. Р. МЕРКИНА

Обложка художника Э. К. ИППОЛИТОВОЙ

Худож. редактор Т. С. ЕГОРОВА

Техн. редактор С. А. ПТИЦЫНА

Корректор В. И. ГУЛЯЕВА

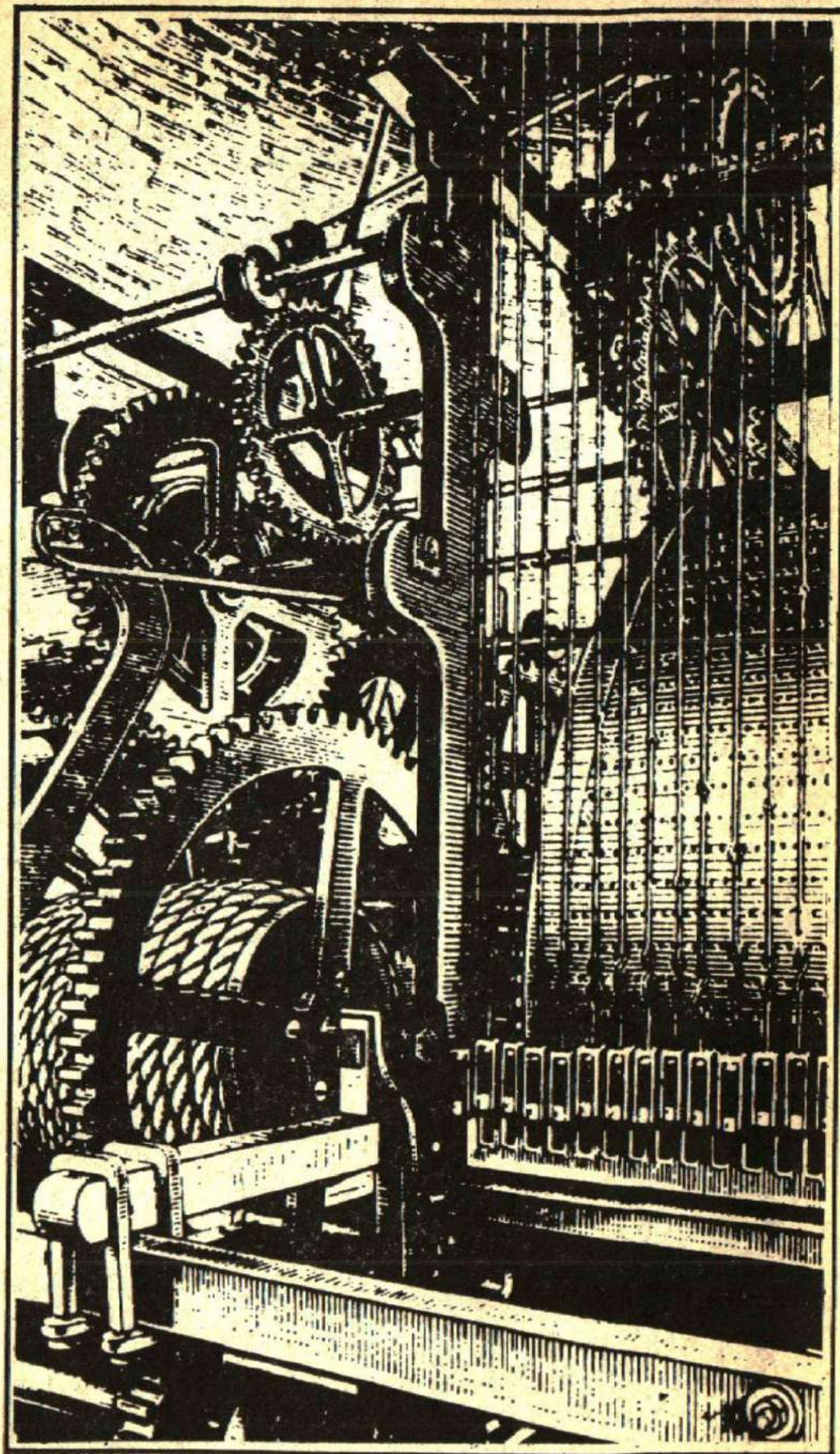
ИБ № 7253

Сдано в набор 06.06.85. Подписано к печати 30.07.85. Т 14335. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,68. Уч.-изд. л. 3,54. Тираж 45 940 экз. Заказ 1289. Цена 11 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 854408. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Нов 23-96

11 коп.

Индекс 70067



СЕРИЯ
ТЕХНИКА