

В.М. ГЛУШКОВ

**КИБЕРНЕТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА,
ИНФОРМАТИКА**

**ИЗБРАННЫЕ
ТРУДЫ**



АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ им. В. М. ГЛУШКОВА

В.М.ГЛУШКОВ

**КИБЕРНЕТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА,
ИНФОРМАТИКА**

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ
В ТРЕХ ТОМАХ

ТОМ **3**

**КИБЕРНЕТИКА
И ЕЕ
ПРИМЕНЕНИЕ
В НАРОДНОМ
ХОЗЯЙСТВЕ**

КИЕВ НАУКОВА ДУМКА 1990

УДК 007 : 33

Кибернетика, вычислительная техника, информатика. Избранные труды. В 3 т. / Глушков В. М.; Редкол.: Михалеви́ч В. С. (отв. ред.) и др.; АН УССР. Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова. — Киев: Наук. думка, 1990. — ISBN 5-12-001568-9.

Т. 3. Кибернетика и ее применение в народном хозяйстве. — 1990. — 224 с. — ISBN 5-12-001571-9.

В третьем томе помещены важные работы в области применения кибернетических идей к управлению в экономике, развитию средств вычислительной техники, а также использованно кибернетических систем в различных областях народного хозяйства.

Для специалистов в области кибернетики, вычислительной техники, прикладной математики, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Ил. 3. Табл. 2.

Редакционная коллегия

В. С. МИХАЛЕВИЧ (ответственный редактор),

В. Л. ВОЛКОВИЧ, В. П. ДЕРКАЧ, Ю. М. КАНЫГИН,

Ю. В. КАПИТОНОВА (ответственный секретарь), И. И. КОВАЛЕНКО,

А. И. КУХТЕНКО, А. А. ЛЕТИЧЕВСКИЙ, Т. П. МАРЬЯНОВИЧ,

З. Л. РАБИНОВИЧ, И. В. СЕРГИЕНКО, В. И. СКУРИХИН, Е. Л. ЮЩЕНКО

Утверждено к печати ученым советом

Института кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР

Редакция фанки в кибернетики

Редактор В. Г. Федоренко

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ГЛУШКОВ Виктор Михайлович

КИБЕРНЕТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

Избранные труды в трех томах

Том 3

КИБЕРНЕТИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Художественный редактор И. П. Антолюк. Технический редактор Г. М. Ковалева
Корректоры С. В. Неткина, Л. Н. Лемба

ИБ 10478

Слано в набор 30.10.89. Подп. в печ. 14.06.90. БФ 06083. Формат 70x100/16. Бум. тип. № 1. Обыкн. нов. гарн. Выс. печ. Физ. печ. л. 14,0-0,125 на мел. бум. Усл. печ. л. 18,36. Усл. кр.-отт. 18,36. Уч.-изд. л. 19,15. Тираж 2930 экз. Заказ 9-3610. Цена 4 р.

Издательство «Наукова думка». 252601 Киев, ул. Репина, 3.

Отпечатано с матриц Головного предприятия республиканского производственного объединения «Полиграфкинага». 252057, Киев, ул. Довженко, 3, в Киевской типографии научной книги. 252004, Киев 4, ул. Репина, 4. Зак. 0-508.

Г 1402060000-260 165-90
M221(04)-90

ISBN 5-12-001571-9 (Т. 3)

ISBN 5-12-001568-9

© В. М. Глушков, 1990

Использование вычислительной техники в практике планирования и управления экономикой, предприятиями, функционированием сложных технических систем и производственных процессов предопределено самим ходом научно-технического прогресса и развития цивилизации. В. М. Глушков считал возникающие здесь проблемы кардинальными и на протяжении всей своей деятельности, начиная с 1959 г., много сил отдал собственным исследованиям, а также организации исследований и разработок в академической и отраслевой науке в этой области. Именно благодаря его монографиям «Введение в кибернетику» (1964 г.), «Введение в АСУ» (1972 г.), «Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС» (1975 г.), «Основы безбумажной информатики» (1982 г.) идеями компьютеризации этой области деятельности были увлечены многие исследователи и практические работники.

В последнее время иногда раздаются упреки в адрес В. М. Глушкова. Его упрекают в несвоевременности реализации этих идей. Однако не все зависит от одного человека. Если проанализировать деятельность В. М. Глушкова в этом направлении, то удивляет объем сделанного им в условиях, как теперь принято говорить, застойного периода в нашем хозяйстве. Ведь именно благодаря его усилиям и огромной просветительской деятельности были созданы первые в нашей стране системы управления предприятиями с массовым производством (Львов, Кунцево и др.); ЭВМ, предназначенные для управления (Днепр 2); системы, в которых реализовывались модели организационного управления (РАС, АСПР и др.). Но замечательные потенциальные возможности, заложенные в эти системы, не могли получить действительного развития ввиду несоответствия экономических механизмов того времени, неподготовленности социальной среды для их восприятия. Эти тормозящие факторы становятся особо наглядными сейчас, с позиций перестройки.

Большое внимание В. М. Глушков придавал философскому осмыслению состояния и положения кибернетики, методов и средств ее исследования в системе наук и практической жизни. Именно его определение кибернетики как науки включено в Большую Советскую и Британскую энциклопедии. Предпринятая им попытка издать «Энциклопедию кибернетики» успешно завершилась в 1974 г. (кстати, это первая в мире энциклопедия такого рода). Несколько работ этого плана, включенные в данный том, дают представление о его позиции в этом вопросе.

В. М. Глушков был очень разносторонним ученым. В сферу его исследований попадали иногда объекты, казалось бы, весьма далекие

от вычислительной техники и математики, но, размышляя над кибернетическими идеями в использовании достижений кибернетики для пользы людей, В. М. Глушков не мог пройти мимо болевых точек своего времени. Так появились работы, связанные с проблемами телепатии, возникновения жизни, борьбы с раком. Некоторые из них включены в настоящий том.

В. М. Глушков — выдающийся ученый и организатор науки, Герой Социалистического труда, академик, автор фундаментальных работ в области кибернетики, прикладной математики и вычислительной техники. Творческое наследие В. М. Глушкова включает в себя более 600 работ, в том числе 25 монографий, большое количество созданных под его руководством средств вычислительной техники (ЭВМ «Киев», серии «МИР», серии «ДНЕПР», «Киев-67», «Киев-70», «Рось», «Искра» и др.), идеи и разработки математического аппарата кибернетики, ее философских концепций, кибернетических устройств и систем, активно работающих крупных творческих коллективов.

РАЗДЕЛ I

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

(Вестник АН СССР.— 1962.— № 4)

Универсальные цифровые вычислительные и управляющие машины можно рассматривать как преобразователи информации, принципиально способные работать в любой цепи автоматического управления. На практике неизбежно возникают ограничения не на качественные особенности таких машин, а на лимитирование их количественных (прежде всего скоростных) характеристик, исходя из экономических соображений.

Основная область применения универсальных электронных цифровых управляющих машин в настоящее время — автоматизация труда диспетчеров, руководящих достаточно сложными производственными объектами. Эффект, достигаемый при этом, состоит прежде всего в резком улучшении качества управления и в повышении экономических показателей.

Разрабатывать такие машины можно не имея законченного описания набора операций, для управления которыми они предназначены. Универсальность управления. Легко понять значение этого факта для ускорения темпов внедрения управляющих машин, а также для автоматизации процессов с часто меняющейся технологией.

Правда, универсальность, о которой идет речь, не исключает, как уже отмечалось выше, ограничений чисто количественного характера. Однако если речь идет об автоматизации труда диспетчеров, работающих на современных пультах управления, то и здесь возможны некоторые общие оценки. Чтобы универсальная цифровая машина осуществляла управление заметно лучше даже опытного диспетчера, достаточно, чтобы она в секунду опрашивала несколько десятков датчиков и выполняла несколько тысяч элементарных операций, запоминала несколько тысяч многозначных чисел и осуществляла несколько десятков элементарных управляющих действий (типа нажима кнопки).

Всем этим условиям (а по ряду параметров даже со значительным превышением) удовлетворяет цифровая управляющая машина широкого назначения (УМШН-1), разработанная недавно в Вычислительном центре Академии наук СССР под руководством Б. Н. Малиновского, с малым потреблением энергии, незначительными габаритами (занимаемая площадь 2 м², высота около 1 м) и весьма неприхотлива в эксплуатации. Машина снабжена устройством для автоматического опроса большого числа датчиков (свыше 200). Имеется специальный релейный выход, позволяющий управлять сервомоторами.

Использование универсальных управляющих машин позволяет осуществлять параллельную и до известной степени независимую разработку собственно управляющей машины и закладываемых в нее алгоритмов управления. Однако алгоритмизация производственных процессов, прово-

димая обычными методами без использования вычислительных машин, представляет собой весьма долгий и трудоемкий процесс. Его можно значительно ускорить, используя для изучения процесса ту же машину, которая в будущем будет им управлять (это оказывается возможным в силу ее универсальности). Однако при этом пришлось бы идти на риск приобретения и установки управляющей машины на производстве до окончания работы по алгоритмизации автоматизируемого процесса, а следовательно, и до определения эффективности его автоматизации. Хотя универсальная управляющая машина типа УМШН-1 способна в принципе значительно улучшить работу диспетчера, экономический эффект от ее применения в разных случаях будет различным. Устанавливая машину на объекте до окончания работ по алгоритмизации процесса, мы никогда не имели бы полной гарантии в целесообразности первоочередной автоматизации именно этого, а не какого-либо иного объекта. В то же время без использования машины работы по отысканию и наладке рациональных алгоритмов управления могут затянуться на многие месяцы и даже годы.

Избежать этого и значительно ускорить темпы внедрения управляющих машин можно путем использования стационарных универсальных электронных цифровых машин, имеющихся в крупных вычислительных центрах. Это дает возможность разработать, отладить и испытать программы управления производственными объектами, используя принцип управления на расстоянии с помощью соответствующих каналов связи.

Опыт управления на расстоянии открывают также путь к созданию мощных технологических вычислительных центров для автоматического управления однотипными объектами, расположенными в разных городах и районах. Со временем информационные средства страны будут объединены в единую автоматическую государственную систему, обеспечивающую сбор и переработку информации с целью управления всеми областями народного хозяйства.

В Вычислительном центре Академии наук УССР, по инициативе автора этих строк, был проведен ряд опытов по управлению на расстоянии. Расскажем о двух из них, а именно об управлении бессемеровским конвертором на металлургическом заводе им. Дзержинского в Днепродзержинске, произведенном впервые в ноябре 1960 г., и об управлении карбоколлонной на Славянском содовом заводе в ноябре 1961 г. В обоих случаях управление осуществлялось универсальной электронной цифровой машиной «Киев» из Вычислительного центра Академии наук УССР в Киеве. Расстояние до первого объекта равнялось 470, до второго — 630 км.

На объектах предварительно устанавливались относительно простые регистрирующие цифровые устройства (РЦУ), которые осуществляли циклический опрос датчиков, автоматическое преобразование их показаний в цифровую форму, усреднение этих показаний и передачу их при помощи телеграфного аппарата СТ-А по линии связи. С помощью второго такого же телеграфного аппарата, установленного на другом конце линии связи — в машинном зале вычислительного центра, осуществлялся ввод данных в универсальную электронную цифровую машину «Киев», предварительно снабженную программой (алгоритмом) управления.

Скорости машины (12 тыс. операций в секунду) с избытком хватало для реализации испытываемых программ. Вырабатываемые машиной данные (время повалки конвертора в первом случае и значения трех регулируемых параметров — во втором) передавались (по той же телеграфной линии) на объект управления, отпечатывались на ленте и поступали к диспетчеру для дальнейшего использования.

Скорость опроса и общее число датчиков в проведенных опытах невелики. Тем не менее результаты их были весьма обнадеживающими и подтвердили значительный эффект применения электронных цифровых машин для управления избранными объектами.

При управлении конвертором опрашивалось пять датчиков с частотой 5 Гц (0,2 с на датчик). Точность измерения сигналов датчиков также была относительно небольшой (0,5 %). Эффект заключался прежде всего в сокращении производственного цикла. При ручном управлении производственный цикл на одном конвертере длится около 40 мин, причем собственно плавка и заливка чугуна и слив стали занимают лишь половину этого времени. Остальное время уходит на простой конвертора по тем или иным причинам. Сокращение средней длительности цикла всего на 4 мин дает только на заводе им. Дзержинского экономию свыше 150 тыс. руб. в год.

Одна из главных причин, удлиняющих производственный цикл, — отсутствие средств для точного прогнозирования времени окончания продувки конвертора и так называемой повалки его со сливом готовой стали. В результате продувки воздуха через находящийся в конвертере расплавленный чугун содержащиеся в металле примеси (прежде всего углерод) выгорают и удаляются с уходящими газами. Необходимо остановить дутье и повалить конвертор в тот момент, когда содержание углерода в металле достигнет заданного значения (в случае выплавки рельсовой стали 0,5—0,6 %). Запаздывание приводит к пережогу углерода, а следовательно, к браку.

Опытный мастер, ведущий плавку, обычно не допускает пережога, однако примерно в 95 % случаев дает сигнал на повалку слишком рано, а затем после анализа металла на углерод проводит додувку по секундомеру, пользуясь эмпирически полученной средней скоростью выгорания углерода в конце плавки. Додувки увеличивают среднюю продолжительность рабочего цикла конвертора. Использование же вычислительной машины позволяет за счет более полного анализа поступающей от датчиков информации улучшить прогнозирование времени повалки конвертора и сократить число додувок.

В настоящее время не существует методов прямого определения химического состава стали в конвертере в момент продувки. Сотрудниками завода-втуза им. Дзержинского К. С. Гаргером, М. П. Кузнецовым и Б. В. Ляудисом была разработана система датчиков косвенных признаков, включающая два специальных радиационных датчика и один стандартный расходомер ДМКК.

При помощи разработанной в вычислительном центре регистрирующей установки РЦУ при опытных плавках был собран богатый статистический материал, обработанный затем на универсальных вычислительных машинах «Киев» и «Урал». В результате было получено уравнение, на основании которого оказалось возможным примерно на 9-й минуте от начала плавки прогнозировать время плавки с удовлетворительной точностью. Алгоритм управления содержит оценку надежности этого прогноза и при помощи специальных электронных часов выдает сигнал на повалку в момент наступления прогнозированного времени.

Основным исполнителем по разработке РЦУ и алгоритма управления был А. И. Никитин, общее руководство осуществлялось автором этой статьи, а также Л. Н. Дашевским (на первом этапе) и Б. Н. Малиновским (на втором этапе). На основании проведенных опытов управления на расстоянии алгоритм был дополнительно уточнен и реализован в виде програм-

мы для машины УМШН-1, которая устанавливается в настоящее время в бессемеровском цехе завода.

Опыт по управлению карбоколонной Славянского содового завода был проведен под руководством Б. Н. Малиновского. В его подготовке большую роль сыграли сотрудники Харьковского научно-исследовательского института основной химии А. Б. Тютюнников и В. И. Потрашков, давшие математическое описание процессов, происходящих в карбоколонне. Алгоритм управления, реализованный в виде программы для машины «Киев», разработал сотрудник вычислительного центра И. А. Янович.

Карбоколонна представляет собой объект со многими входами и выходами. Регулируемыми входами являются расходы газов Q_1 и Q_2 , подводящихся по третьему каналу. Нерегулируемыми (но измеряемыми) входными сигналами Q_3 служат концентрации CO_2 в подводимых к колонне газах и хлора и аммиака в суспензии, температура суспензии и охлаждающей жидкости, потери бикарбоната на фильтрах и др.

Математическое описание связывает все эти величины с выходными сигналами, в качестве которых взяты показатели по качеству продукта, производительности и эффективности ведения процесса. За основной показатель эффективности принимается коэффициент использования сырья. Алгоритм управления заключается в поиске значений регулируемых параметров Q_1 , Q_2 и Q_3 , обеспечивающих максимальное возможное использование сырья при заданных качестве продукции и производительности колонны.

Значительное быстроедействие машины «Киев» позволило выбрать простейшую реализацию алгоритма управления, основанную на переборе (с некоторыми задаваемыми заранее шагами) значений регулируемых параметров. Поиск оптимального решения занимает в каждом отдельном случае 5—10 с, что удовлетворяет все требования, обуславливаемые скоростью изменения входных данных.

Управление карбоколонной на расстоянии осуществлялось непрерывно в течение 48 ч. Проводившаяся одновременно оценка его эффективности показала, что использование сырья улучшается на 1,5—2 % по сравнению с обычным управлением, осуществляемым опытным оператором. Достижимый при этом экономический эффект за короткое время окупает все расходы, связанные с приобретением и установкой управляющей машины.

Проведенные эксперименты подтвердили высокую эффективность управления производственными объектами на расстоянии в ряде областей народного хозяйства. Дальнейшее развитие опытов в этом направлении, несомненно, сыграет важную роль в совершенствовании управления производственными процессами.

В вычислительном центре по инициативе автора настоящих строк были предложены и испытаны также некоторые другие методы ускорения работ по изучению производственных процессов и отработке алгоритмов их управления. Так, в отделе технической кибернетики под руководством В. И. Иваненко был разработан специальный исследовательский комплекс «Альфа». Он представляет собой соединение в единой системе при помощи специального универсального блока связи аналоговой вычислительной машины (типа МПТ-9) и универсальной электронной цифровой машины. Аналоговая машина используется при этом для моделирования объекта управления, а цифровая играет роль универсальной управляющей машины. Для того чтобы в максимальной степени приблизиться к реальным схемам управления, в состав комплекса введен специальный генератор случайных процессов, позволяющий осуществить моделирование случайных возмуще-

ний и шумов с самыми различными характеристиками. Под руководством В. И. Скурихина разработана специальная переносная установка, позволяющая автоматически осуществлять циклический опрос датчиков, преобразование их показаний в цифровую форму и запись полученных цифровых кодов на магнитную ленту. Применяя универсальные электронные цифровые машины для расшифровки и изучения записанной на лентах информации, можно также значительно сократить сроки выполнения работ по алгоритмизации автоматизируемых процессов. Этой же цели служит разработанная В. А. Ковалевским и И. Т. Пархоменко установка для автоматического ввода графиков в универсальную электронную цифровую машину.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

(Механизация и автоматизация управления.—
Киев, 1967.— № 2)

В ближайшие годы можно ожидать значительного увеличения производства и расширения областей использования ЭВМ. По-прежнему большую роль ЭВМ будут играть в научно-технических расчетах, однако характер их использования значительно изменится.

Очень важное значение приобретают мощные вычислительные системы. Для их эффективного использования чрезвычайно важно иметь соответствующие системы математического обеспечения, в которые входят не только обслуживающие программы, но и трансляторы с различных универсальных алгоритмических языков (АЛГОЛ, АЛГЭК и др.), а также значительное количество стандартных подпрограмм. Наличие большой, тщательно разработанной библиотеки стандартных подпрограмм вместе с трансляторами с универсальных алгоритмических языков чрезвычайно упрощает постановку задач на машине и способствует значительному увеличению числа потребителей, использующих ЭВМ.

Большую роль в увеличении эффективности использования сложных вычислительных систем играют расширение ассортимента вводных и выводных устройств и создание библиотек различного рода данных на магнитных лентах и других, удобных для ЭВМ, носителях информации.

Наряду с вычислительными системами, решающими общие задачи, все большее значение будут приобретать системы, обеспечивающие решение конкретных задач. В них будет использоваться большая часть выпускаемой электронной вычислительной техники.

Подобные системы будут развиваться по нескольким направлениям.

Одним из таких направлений является создание специализированных систем для обработки экспериментальных данных. В ряде случаев, как, например, в метеорологии, морских гидрофизических исследованиях, экспериментальных работах, выполняемых на аэродинамических трубах и различных испытательных стендах, характер обработки получаемых данных при переходе от одной серии экспериментов к другой в большинстве случаев остается неизменным. В таких случаях при достаточной массовости эксперимента оказывается целесообразным построение специализированной системы, автоматизирующей сбор и обработку соответствующих экспериментальных данных. Она, как правило, должна строиться на базе универсальных ЭВМ соответствующей производительности. Специализация системы заключается прежде всего в необходимости набора устройств сопряжения с измерительной аппаратурой, системы программ обработки получаемых экспериментальных данных, а также общей управляющей программы, согласующей работу всех частей и программ системы.

Большое значение имеют специализированные системы для автоматизации конструкторской работы. Как вспомогательное средство при произ-

водстве сложных расчетов ЭВМ находили широкое применение при конструировании и раньше. Однако в настоящее время необходима разработка систем, способных автоматизировать весь комплекс работ, выполняемых конструкторами и технологами.

Такая система помимо ЭВМ должна включать в себя устройства для автоматического вычерчивания чертежей и подготовки другой документации.

Математическое обеспечение должно обеспечивать разработку всего проекта, а не решение каких-либо отдельных задач. При этом совершенно необходимо наличие специального языка, с помощью которого конструкторы могли бы общаться с системой как при выдаче первоначального задания на проектирование, так и при оценке выработанных системой решений и внесении в них различных изменений и дополнений. Целесообразно, чтобы такая система имела достаточно мощную справочно-информационную часть, в том числе полную картотеку разработанной ранее документации. Отличительной особенностью систем автоматизации проектирования является то, что они позволяют находить наилучшие варианты решений, а не просто лучшие из нескольких.

В настоящее время разработан ряд систем, обеспечивающих автоматизацию проектирования отдельных узлов и блоков. К ним относится система «Авангард». Она состоит из ЭВМ «Днепр-1», интерполятора и газорезательного станка с программным управлением. Система программ обеспечивает автоматизацию плановых работ, т. е. процесса проектирования деталей, из которых впоследствии сваривается корпус судна. С этой целью выполняются операции, позволяющие по заданным очертаниям корпуса определить форму деталей, которые необходимо вырезать из плоского листа (до их изгибания).

Следующая программа обеспечивает оптимальное размещение деталей на заготовке листового железа (с целью уменьшения числа отходов). Наконец, система с помощью цифрового интерполятора автоматически готовит ленты для станка с программным управлением. Пользуясь этими лентами, станок автоматически вырезает из заготовки требуемые детали. Эта же лента с помощью автоматического чертежного станка (графопостроителя) может быть использована для подготовки необходимых чертежей.

В приведенном примере процесс автоматизации проектирования непосредственно переходит в следующий — автоматическое изготовление спроектированного объекта.

Большое будущее имеют ЭВМ в системах автоматизированного управления сложными производственными процессами. У нас в стране создан и успешно эксплуатируется ряд ЭВМ, специально приспособленных для управления производственными процессами. Однако создание системы управления не сводится лишь к установке ЭВМ. Сложность создания автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУПП) состоит в необходимости обеспечения органического единства и взаимодействия большого числа разнообразных устройств (датчики, исполнительные механизмы, преобразователи и коммутирующие устройства, простейшие средства автоматики и ЭВМ). Задача усложняется также многообразием производственных процессов и отсутствием для большинства из них подробных математических описаний.

В нашей стране созданы и успешно работают АСУПП в химической, металлургической и других отраслях промышленности. Создаются новые, более высокопроизводительные управляющие машины, позволяющие создавать достаточно сложные и эффективные иерархические системы

управления. В таких системах различаются машины нижнего и верхнего уровней.

В качестве машины нижнего уровня выбираются относительно простые высоконадежные машины, основная задача которых — работа с объектом управления в истинном масштабе времени. Каждая из машин нижнего уровня способна заменить несколько десятков и даже сотен автоматических регуляторов (простых и экспериментальных).

Машина высшего уровня — гораздо более мощная и сложная. Она снабжена системой мультипрограммирования, прерывания программ и мощной системой математического обеспечения, обслуживает до нескольких десятков машин нижнего уровня и обеспечивает в основном оптимизационные расчеты, планирование и организацию работы всей системы.

При ступенчатой иерархической организации систем управления технологическими процессами создается естественный переход от этих систем к системам управления предприятиями в организационно-техническом и экономическом плане. Последние являются одними из наиболее перспективных для широкого использования ЭВМ в народном хозяйстве. Это обусловливается тем, что системы организационно-технического управления предприятиями дают большой экономический эффект и, кроме того, форм организационно-технического управления гораздо меньше, чем различных технологических процессов. Это позволяет с помощью относительно небольшого количества (порядка 20) типов систем управления осуществить полную автоматизацию управления (в организационно-техническом плане) на уровне отдельных предприятий и производственных объединений.

Одной из типовых систем управления (для приборостроительных и машиностроительных заводов массового производства) может служить, например, система управления на Львовском телевизионном заводе, которая в качестве центральной машины использует ЭВМ «Минск-22». Она снабжена дополнительными устройствами, обеспечивающими прием и передачу информации по каналам связи, систему прерывания программ и т. п. Кроме того, в систему входят датчики типа «ДА» — «НЕТ», устанавливаемые на каждой единице станочного и прессового оборудования, счетчики на конвейерах, до 30 телетайпов, электронные часы, специальное табло для отображения обстановки, быстродействующие печатающие устройства.

Первая важнейшая задача системы — обеспечить сбор достоверной первичной информации, не загружая персонал завода никакими дополнительными обязанностями. Информация поступает в машину автоматически с упомянутых выше датчиков и счетчиков, а также с телетайпов, на которых печатается вся первичная информация в системе материального, финансового и кадрового учета. Телетайпы установлены во всех пунктах, где сосредоточивается эта информация.

Система решает большое число важных задач учета, планирования и управления и дает полное представление о состоянии производства. При этом устраняется необходимость в ручном составлении различных вторичных бухгалтерских и отчетных документов, так как они составляются и печатаются автоматически.

Система определяет наилучший ритм производства и целесообразные размеры запасов незавершенной продукции и материальных запасов по всем видам деталей внутривзаводской номенклатуры (несколько десятков тысяч). Определяется также оптимальный план загрузки всех имеющихся на заводе единиц оборудования с тем, чтобы обеспечить максимальное использование

основных фондов. Производится постоянный контроль за ходом выполнения принятого плана, и в случае тех или иных отклонений в него немедленно вносятся исправления для обеспечения наиболее эффективной работы завода в новых условиях. В систему закладываются и другие возможности (автоматическое начисление зарплаты, кадровый учет и др.). Предварительные данные, полученные в результате опытной эксплуатации системы, показывают, что ее внедрение обеспечит годовой прирост продукции не менее чем на 4 млн руб. (при стоимости самой системы порядка 1 млн руб.).

Большой экономический эффект могут дать автоматизированные системы учета, планирования и управления в торговле. Источником информации для таких систем могут служить ленты от специальных кассовых аппаратов, на которых выбивается не только цена товара, но и его условный номер. Другим источником информации (особенно в случае торговли в сельской местности) могут служить специальные ярлыки, отрываемые продавцом в момент продажи и накапливаемые в специальной кассе. Ярлыки, содержащие необходимые сведения о товаре, прикрепляются к товару при его изготовлении. Важно, чтобы этот ярлык был разработан с учетом возможности его последующего чтения ЭВМ автоматически, без участия человека. С этой целью в систему включается специальное считывающее устройство, а информация на ярлык наносится магнитной краской, в виде отверстий и т. п.

Обеспечив автоматический ввод в ЭВМ указанной первичной информации, а также документов, регистрирующих движение товаров на складах, можно добиться учета продажи товаров в самой подробной номенклатуре. На основании этих данных система должна автоматически составлять наиболее оптимальный (для удовлетворения спроса населения) план заказов товаров предприятиями пищевой и легкой промышленности, следить за выполнением ранее принятых планов, сигнализировать об изменениях спроса, вызванных ухудшением или улучшением качества изделий, и т. п.

Широкое применение в нашей стране нашли методы сетевого планирования и управления строительством, дающие большой экономический эффект. На основании имеющегося опыта нетрудно сформулировать требования к типовой системе управления строительством на базе ЭВМ. Работа такой системы не исчерпывается одними лишь сетевыми методами. Она решает также задачи наилучшего использования мощностей строительных организаций, обеспечивает согласование графиков строительства с планами работы домостроительных комбинатов и с предприятиями промышленности, производящими строительные материалы, и т. п.

Большие перспективы открываются для использования автоматизированных систем планирования и управления на транспорте, имеется положительный опыт использования ЭВМ в сельском хозяйстве, для управления научными разработками, для автоматизации процесса обучения и т. д.

Основной задачей внедрения вычислительной техники на всех указанных направлениях является создание типовых систем, организация централизованного производства, поставка, монтаж, пусконаладка, ремонт и наблюдение за эксплуатацией таких систем. Подобные мероприятия могут обеспечить высокоэффективное массовое внедрение вычислительной техники в низовом звене (на уровне предприятий и их объединений).

Однако задача внедрения вычислительной техники в систему управления и планирования народного хозяйства не исчерпывается одним лишь низовым звеном. Огромные преимущества, присущие плановой социалистической системе ведения хозяйства, могут быть в полной мере реализованы

только при наличии глобальной автоматизированной системы управления на основе единой государственной сети вычислительных центров для переработки планово-экономической информации.

Одним из наиболее рациональных путей создания такой системы в современных условиях является разработка и создание типовой отраслевой системы управления в рамках министерства и последующее ее распространение на остальные отрасли. Отраслевая система должна опираться на автоматизированные системы управления предприятиями и группами предприятий и включать в себя, кроме вычислительного центра министерства, территориальные пункты сбора и передачи информации, служащие одновременно местами концентрации резервных вычислительных мощностей. Такие пункты, как и средства связи, должны с самого начала проектироваться так, чтобы на них могли опираться и другие отрасли, а впоследствии и вся глобальная система с ее отраслевыми и межотраслевыми задачами.

В одной статье невозможно осветить все аспекты применения вычислительной техники. Очень большие перспективы использования вычислительной техники, например, в медицине. Немалую роль наряду с цифровой техникой призваны сыграть и аналоговые машины. Аналоговые вычислительные машины и устройства совместно с цифровыми машинами займут достойное место в системах автоматизации управления технологическими процессами, в системах автоматизации экспериментальных исследований и, наконец, в вычислительных системах. Как показывает история развития вычислительной техники, далеко не все области применения ЭВМ (в том числе и очень важные) можно предсказать заранее.

Развитие вычислительной техники, увеличение возможностей ЭВМ, а следовательно, и расширение областей их применения идет гигантскими темпами. Как правило, все, даже самые смелые, прогнозы о масштабах внедрения ЭВМ в мировой практике оказывались преуменьшенными и намного перекрывались последующим развитием.

Решения XXIII съезда КПСС открывают большие перспективы для внедрения электронной вычислительной техники и автоматизированных систем управления в нашей стране. Нет сомнения, что начавшийся процесс массового внедрения ЭВМ в народное хозяйство СССР будет все больше ускоряться и, в свою очередь, обеспечит еще более бурный рост экономики, поможет вскрыть и использовать все те огромные возможности, которыми обладает наше социалистическое хозяйство.

(Препринт. Изд-во ИК АН УССР, 1969)

В настоящее время во всем мире проявляется значительный интерес к проблемам научного управления. Усложнение процессов управления бурно развивающимся современным производством, возникновение множества новых задач экономического, социального и политического характера потребовали разработки научных основ управления во всех сферах деятельности человека. Этот фактор особенно проявился в связи с созданием автоматизированных систем планирования и управления.

За годы Советской власти в нашей стране была создана система управления народным хозяйством, эффективность которой убедительно доказана выдающимися достижениями советского государства: созданием крупной индустрии, социалистического сельского хозяйства, самой передовой системы народного образования и научных исследований и т. д. Коммунистическая партия и Советское правительство всегда придавали большое значение научным вопросам управления народным хозяйством. Претворение в жизнь экономической реформы, предусмотренной решениями сентябрьского Пленума ЦК КПСС, свидетельствует о неустанным внимании, которое партия уделяет задачам совершенствования управления народным хозяйством страны.

При решении конкретных задач совершенствования процессов управления во всех звеньях народного хозяйства партия и правительство уделяют большое внимание развитию и практическому использованию методов научной организации труда, кибернетики и средств современной электронной вычислительной техники.

Проблемы совершенствования структуры аппарата управления, методов подготовки и принятия решений, формирования целей и критериев, сбора и обработки информации и т. п. чрезвычайно сложны. В настоящее время не существует готовых рецептов для решения всех этих проблем в полном объеме. Попытки скороспелых решений могут причинить только вред. Необходимо искать научно обоснованные решения, а это возможно только в результате серьезной, широко поставленной научно-исследовательской работы.

Наука об управлении зародилась и начала интенсивно развиваться с того момента, когда нужно было научиться управлять конкретными техническими объектами. В настоящее время она располагает большим количеством методов и принципов построения систем управления.

Однако уже сейчас не будет преувеличением сказать, что центр тяжести исследований науки об управлении постепенно переносится в область решения задач, связанных с проблемой управления коллективами людей, занятых производственной и организационной деятельностью, т. е. с проблемой управления развивающимися объектами. Другими словами, проблемой построения организационных систем управления. К числу

организационных систем управления можно отнести, например, системы управления такими развивающимися объектами, как предприятия, научно-исследовательские институты, отрасли промышленности и, наконец, народное хозяйство страны в целом.

В каждой развивающейся системе происходят и процессы материального характера, связанные с переработкой сырья, движением финансов, использованием механизмов и машин и т. д. Но все эти процессы реализуются лишь посредством людей, входящих в эту развивающуюся систему, и сильно зависят от их поведения. Именно это и отличает развивающуюся систему от систем других классов.

Рассмотрим круг научных проблем, над которыми в настоящее время работают специалисты по управлению. Некоторые результаты этих работ уже сейчас могут быть использованы для создания и совершенствования организационных систем управления.

В общих чертах эта проблематика приведена на схеме (рис. 1), предложенной профессором С. В. Емельяновым.

Первая большая группа задач этой проблематики сводится к задачам описания, анализа и моделирования организационных систем. Среди этих задач есть экспериментальные, связанные с изучением уже существующих организационных систем, и теоретические, связанные с выработкой научного представления об основных закономерностях поведения организационных систем, выяснением основных факторов, определяющих это поведение, и разработкой главных принципов моделирования таких систем и специфического языка этого моделирования. Особую группу образуют экспериментально-теоретические задачи идентификации, позволяющие связать теоретическую модель с экспериментально изучаемой реальной системой и определить конкретные значения параметров теоретической модели. Особо остро здесь стоит вопрос о получении количественных описаний различных аспектов поведения организационных систем и построения таких моделей, которые могут исследоваться на современных вычислительных машинах. Эта задача особенно сложна в связи с необходимостью широко учитывать различные социологические и психологические факторы.

Одна из важных сторон специфики управления организационными системами связана с тем, что цели, преследуемые системой, очень часто формулируются слишком неопределенным образом и сплошь и рядом недостаточно точно. Другими словами, цели системы очень часто не только можно трактовать по-разному, но нередко от системы ждут не совсем того, чего от нее требуют на словах. В первую очередь это связано с тем, что информация об истинной цели системы содержится лишь в коллективном мнении определенной группы людей. В связи с этим в организационных системах возникает специфическая задача формирования и уточнения целей. Более того, основная цель системы во многих случаях может оказаться слишком неконкретной, слишком отдаленной для людей, эту систему образующих. Поэтому, сформулировав и уточнив основную цель, необходимо построить целую иерархию подцелей, доведя их до уровня необходимой конкретности, и определить относительную важность каждой цели одного уровня.

С вопросом формирования целей тесно связан и вопрос о выборе критериев эффективности работы организационных систем. Действительно, именно цели определяют направление процессов развития, возникающих в результате управления организационными системами. Соответствующие цели, согласованные с основной, должны быть и у каждой подсистемы организационной системы управления. Но просто задать подсистеме цель

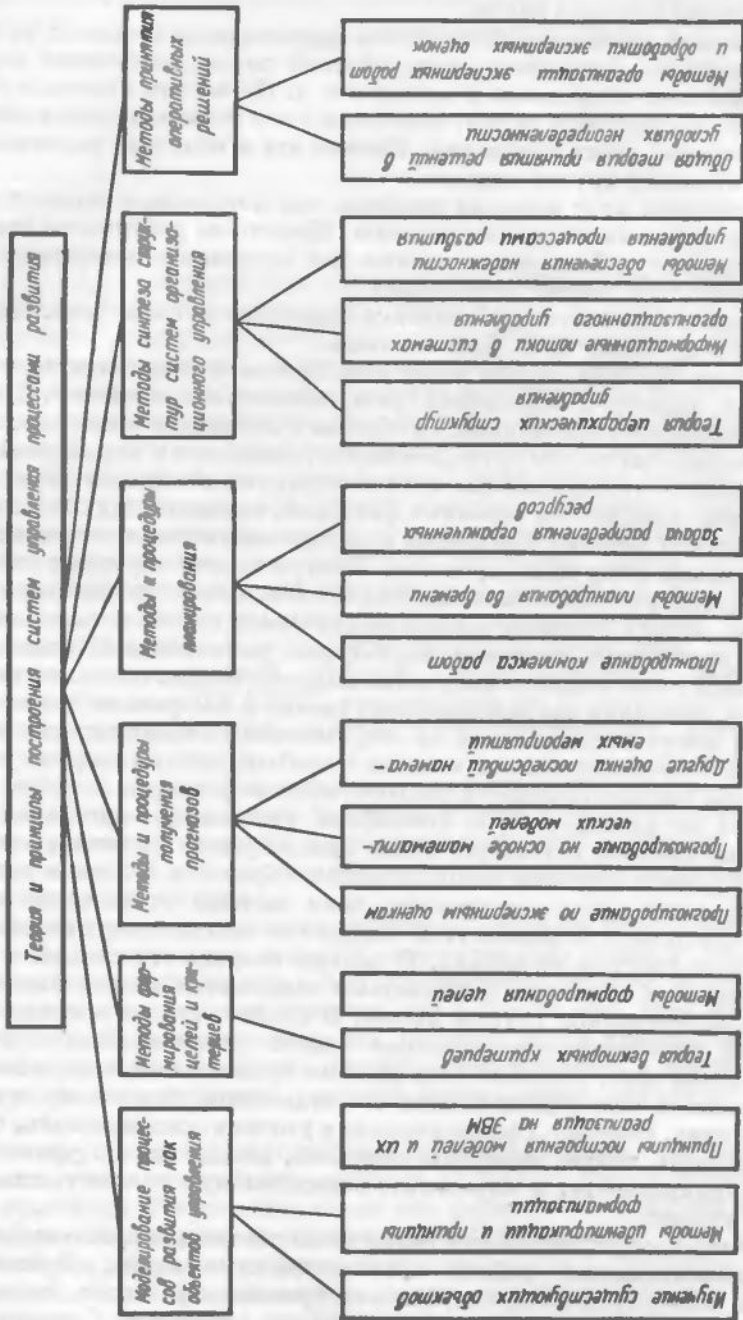


Рис. 1

невозможно. Как отмечалось выше, в каждом коллективе, а следовательно, и в этой подсистеме автоматически формируются ее собственные коллективные цели. Поэтому в результате подсистема будет преследовать некоторую цель, возможно, существенно отличающуюся от заданной. Можно измерять это отклонение с помощью критериев оценки эффективности работы подсистемы и управлять им путем изменения системы стимулов (материальных и моральных). Эти стимулы оказывают очень сильное воздействие на формирование собственных целей подсистемы и при правильном использовании могут обеспечить совпадение собственных целей с желаемыми даже без того, чтобы последние точно задавались сверху.

Проблемы формулирования целей и определения критериев оценки эффективности не могут быть решены без создания эффективных методов прогнозирования. Дело в том, что все основные процессы, происходящие в организационной системе и обеспечивающие успех ее работы, рассчитаны на более или менее длительное время. Но направление развития или эффективность работы можно оценить лишь по достигнутым результатам. Поэтому и для формулировки цели, и для оценки уже проделанной работы необходимо знать, к чему это приведет в будущем. В тех случаях, когда рассматриваемые процессы достаточно формализованы, получение таких прогнозов может опираться на изучение их модели. Но если такая модель отсутствует, то приходится извлекать необходимую информацию из коллективного мнения экспертов.

Задача организации экспертизы и обработки полученных мнений экспертов представляет собой самостоятельную научную проблему.

После того, как цели системы сформулированы и критерии оценки ее деятельности приняты, наступает новый этап — планирования, связанный с определением последовательности достижения целей и разработкой комплекса мероприятий, которые приведут к достижению этих целей. Кроме того, на стадии планирования необходимо решить и основные вопросы, связанные с управлением материальными, финансовыми и людскими ресурсами. Вся совокупность вопросов, связанных с преобразованием целей в программу действий, упорядочением этой программы во времени и пространстве, а также распределением ресурсов, должна явиться предметом глубоких научных исследований.

Для успешной реализации плана необходимо разработать эффективную систему оперативного управления работой системы, и в первую очередь те методы и процедуры принятия решений, которые определяют конкретные действия, предпринимаемые в системе. Так возникает еще одна важнейшая научная проблема — проблема создания теории принятия оперативных решений в организационных системах.

Наконец, все описанные стороны деятельности организационной системы управления должны быть связаны в единое целое. Согласованность работы различных подразделений системы, правильная организация решений и многое другое определяются в первую очередь структурой системы. Отметим еще раз, что вопрос о выборе правильной структуры является одной из центральных и, к сожалению, относительно слабо разработанных проблем науки об управлении.

Перечисленные выше проблемы этой науки развиты далеко не равномерно. Некоторым вопросам, например распределению ресурсов, посвящена обширная литература. Впрочем, и здесь еще нужно много работать, в частности искать новые, более плодотворные постановки основных задач. Многие уже сделано в теории планирования, теории принятия решений и теории исследования операций. Известны некоторые модели организацион-

ных систем, созданы первые методы прогнозирования. Но все эти вопросы практически не увязаны в единое целое, и в силу такой изолированности изучения страдают от одностороннего освещения. К сожалению, это нашло отражение и в литературе по организационному управлению. Здесь нет или почти нет работ, рассматривающих проблему управления организационными системами как единое целое и с единых позиций, хотя по отдельным вопросам литературы достаточно много.

В развитии научных основ управления и создании автоматизированных систем планирования и управления важнейшее место принадлежит кибернетике и электронной вычислительной технике.

Кибернетика в современном понимании представляет собой науку, изучающую общие законы преобразования информации в сложных управляющих системах.

Период бурного ее развития начался с момента появления первых быстродействующих ЭВМ, благодаря которым стало возможным решение актуальных проблем автоматизации на принципиально новом уровне — в сфере умственной деятельности человека. Разумеется, в условиях сегодняшнего дня не всегда легко отделить физический труд от умственного. Однако существует ряд областей деятельности человека, привычно относимых к сфере чисто умственного труда. Именно о таких областях и идет речь.

Естественно, прежде всего возникают два вопроса: в какой мере возможно применение средств автоматизации в умственном труде, а если возможно, то есть ли в этом необходимость?

На первый из этих вопросов уже сейчас можно дать вполне определенный ответ: никаких границ для применения средств автоматизации в умственной деятельности человека не существует. Более того, даже нынешние так называемые универсальные электронные цифровые машины в принципе пригодны — хотя далеко не всегда еще хорошо приспособлены — для автоматизации интеллектуальной деятельности любого вида. Остановка лишь за тем, чтобы изучить и точно описать управляющие этой деятельностью закономерности. Правда, в настоящее время такие закономерности изучены лишь в достаточно простых случаях. Изучение же закономерностей мыслительных процессов в сложных случаях (например, в сфере творческой деятельности) сейчас только начинается и потребует, несомненно, затраты огромных усилий коллективов высококвалифицированных ученых.

Отвечая на второй вопрос, можно выделить ряд областей умственной деятельности человека, где автоматизация уже сегодня является крайне необходимой и может заметно ускорить темпы нашего движения вперед.

Первой и в настоящее время наиболее важной из таких областей является система учета, планирования и управления экономикой. Известно, что количество информации, перерабатываемой этой системой, возрастает гораздо быстрее, чем растет производство. Вместе с тем, темпы механизации и автоматизации (а следовательно, и рост производительности труда) в сфере планирования, управления и учета были до последнего времени значительно меньшими, чем в сфере материального производства. Достаточно сказать, что в наших планирующих органах, особенно в системе первичного учета, не хватает даже таких средств механизации, как арифмометры, со дня изобретения которых прошло уже несколько десятков лет.

В результате производительность труда большого количества инженерно-технических и конторских работников, занятых в сфере планирования, управления и учета, растет крайне медленно. Это отрицательно

сказывается на развитии всего народного хозяйства, вызывает серьезные дефекты и просчеты в планировании, не позволяющие до конца использовать преимущества социалистического строя.

По мере дальнейшего роста производства объем поступающей от него информации, а следовательно, и трудности планирования будут увеличиваться. Ориентировочные расчеты показывают, что при сохранении существующего уровня качества планирования (а этот уровень еще не соответствует требованиям сегодняшнего дня) и при сохранении неизменным уровня технической оснащенности сферы планирования, управления и учета потребовалось бы занять в этой сфере в ближайшее десятилетие значительную часть населения Советского Союза.

Стало быть, автоматизация планирования, учета и управления экономикой является задачей огромной общегосударственной важности. В значительной своей части она может быть решена на базе уже существующих универсальных электронных цифровых машин.

Эффект, который может дать описанная система, огромен. Решение ряда частных планово-экономических задач, выполненное в существующих вычислительных центрах, показывает, что уже в настоящее время из-за неоптимального планирования теряется не менее 10 % средств и материальных ресурсов, затрачиваемых на развитие производства.

Специалисты в области кибернетики уже привыкли, например, к тому, что при переходе к автоматическому планированию перевозок, как правило, получается экономия в размере 10—15 %, а в некоторых случаях — до 50—60 %. Однако дело вовсе не сводится к одной лишь разработке и изготовлению в нужном количестве электронных вычислительных машин. В таком понимании данная проблема была бы относительно простой, а ее решение не принесло бы ожидаемого экономического эффекта.

Основная задача внедрения электронной вычислительной техники в сферу учета, планирования и управления экономикой заключается не в простой замене ручного труда при различного рода подсчетах, а в коренном изменении самих методов управленческого труда, в переходе к оптимальному планированию и управлению.

Суть оптимального планирования и управления состоит в том, чтобы из бесчисленного множества вариантов развития нашего народного хозяйства в направлении решения генеральных задач, ставящихся партией, выбрать в каждый данный момент самый лучший вариант, обеспечивающий решение этих задач в кратчайшие сроки. Переход к оптимальному планированию и управлению означает устранение тех многочисленных просчетов, которые все еще допускаются пока нашими плановыми и оперативными органами. Он означает наиболее полное использование всех резервов нашей экономики, обуславливаемых теми огромными преимуществами, которые дает нам социалистический способ производства.

Сейчас пока еще трудно назвать точную цифру, но вряд ли будет преувеличением считать, что полный переход на оптимальные методы планирования и управления позволит по крайней мере удвоить темпы роста нашей экономики и благосостояния советского народа.

Конечно, для решения задач полной автоматизации учета, планирования и управления экономикой на основе электронной вычислительной техники необходимо провести большую работу.

Дело в том, что широкое внедрение средств кибернетики в управление экономикой характеризуется рядом отличительных особенностей по сравнению с использованием электронной вычислительной техники для научных и инженерно-технических расчетов. Первая из них заключается в том, что

потоки информации, подлежащие переработке, значительно превосходят объемы информации, с которыми приходится иметь дело при решении научно-технических задач. Чтобы обеспечить решение экономических задач, электронные вычислительные машины средней мощности (порядка 50 тыс. операций в секунду) в связи с этим должны перерабатывать такое количество входной информации, которое в переводе на перфокарты дает цифру 10 млн. штук в месяц. Ясно поэтому, что использование перфокарт для этой цели практически невозможно, а к вводу и выводу информации предъявляются гораздо более высокие требования.

В качестве первоначального и совершенно необходимого условия полной автоматизации переработки экономической информации является автоматизация первичного сбора исходных данных.

Существенно расширяется также понятие операции, которую производит ЭВМ. Если при выполнении какого-либо инженерного расчета или решении другой научной задачи машина в основном производит арифметические операции: сложение, вычитание, умножение и деление, то при обработке экономической информации большое место занимают операции сортировки, формирования массивов и другие, необходимость выполнения которых все в больших масштабах предъявляет новые дополнительные требования к быстродействию ЭВМ.

Более высокие требования предъявляются к программированию, ибо средняя по сложности программа по обработке экономической информации имеет значительно большее число приказов, чем такого же класса программа научного или инженерного расчета. Кроме того, усложняется задача правильной организации труда программистов, рационального распределения между ними работы.

По сути дела, эта проблема аналогична проблемам, которые возникают при изучении сложных систем, и ее решением занимается новая наука — теория больших систем.

Многое зависит от правильного подхода к внедрению вычислительной техники для управления экономикой. Необходимо в этом вопросе осуществить системный подход, т. е. внедрить не отдельные машины (даже если они очень хороши и пригодны для решения плано-экономических задач), а системы управления. Это означает, что разработка системы алгоритмов, средств первичного сбора информации и средств связи вместе с изготовлением соответствующих ЭВМ должна производиться одновременно одним и тем же коллективом разработчиков. Само собой разумеется, что выполнение этих задач должна предшествовать кропотливая работа на местах внедрения (на предприятиях и организациях) по исследованию операций, подготовке соответствующих инструкций, обеспечивающих внедрение автоматизированной системы управления.

Учитывая сложность автоматизированных систем управления (АСУ) и недостаток соответствующих кадров по их техническому обслуживанию, необходимо предусмотреть правильный порядок их серийного производства в организации эксплуатации.

Совершенно понятно, что производство таких систем должно быть комплексным: вместе с техническими средствами по обработке информации (ЭВМ) необходимо производить и средства сбора и передачи информации (датчики, устройства связи и т. п.), а также весь комплекс ввода и вывода информации.

Установку, наладку, организацию эксплуатации и ремонта систем можно мыслить только централизованной. Необходимо, очевидно, предусмотреть

систему гарантий по бесперебойной работе, порядок оперативной передачи функций (во время выхода из строя) другим системам или вычислительным центрам и т. д. и т. п. Это не исключает, а наоборот усиливает необходимость создания на предприятиях, где внедряются типовые системы управления, головных баз или исследовательских групп, которые занимались бы совершенствованием функционирования систем, разработкой недостающих в первоначальном наборе алгоритмов и программ и подготовкой дополнительных технических требований. Все перечисленные выше проблемы необходимо учесть при создании единой государственной автоматической системы по обработке планово-экономической информации и управлению экономикой, объединяющих деятельность всех низовых АСУ, функционирующих на отдельных предприятиях или группах более мелких и территориальных вычислительных центров по обработке планово-экономической информации. Имеется в виду именно то обстоятельство, что указанные выше требования необходимо учесть при изготовлении и внедрении систем управления, начиная с нижнего уровня (на предприятиях), предусмотрев возможность в информационном плане их объединения с помощью современных линий связи в территориальные центры обработки информации и передачу необходимых данных во все вышестоящие органы управления.

Очень важными участками умственного труда, крайне нуждающимися в автоматизации, являются инженерно-конструкторская работа и техническое проектирование. Возникающие здесь задачи порою настолько сложны, что в ряде случаев уже сейчас никакой человеческий коллектив не в состоянии за разумное время найти действительно наилучший вариант проекта. Возьмем к примеру задачу нахождения наилучшего проекта железной дороги длиной в несколько сот километров, проходящей по горной местности. Выполненные в Институте кибернетики АН УССР исследования показывают, что при обычном (ручном) методе проектирования лишь одна из частей этой задачи (оптимальное профилирование) не может быть решена с нужной степенью точности ранее чем за 50 лет! Вычислительная машина затрачивает на решение этой задачи всего несколько часов.

В настоящее время труд проектировщиков в лучшем случае автоматизирован лишь в части, касающейся оптимального проектирования, и требует комплексной автоматизации, при которой все этапы проектирования, включая оценку и сравнение различных вариантов, выполнялись бы автоматически на машинах. Такой переход потребует серьезных изменений в направлении научных исследований. Если раньше основные усилия специалистов были направлены на разработку методов проектирования, рассчитанных на использование их человеком, то теперь центр тяжести должен быть перенесен на разработку методов, ориентированных на использование ЭВМ. При этом должны создаваться библиотеки стандартных программ, пригодных для выполнения любых конкретных проектных заданий, а не частных, которые пришлось бы составлять заново для каждого нового проекта.

В Институте кибернетики АН УССР выполнен ряд работ по автоматизации процессов технического проектирования. Помимо уже упоминавшегося оптимального профилирования дорог можно в качестве примера указать еще на комплексную автоматизацию проектирования и изготовления судокорпусных деталей или на проектирование электрических, газовых и водопроводных сетей. Опыт нашего и других институтов позволяет надеяться, что экономический эффект при повсеместном переходе

к автоматизированному проектированию мог бы составить многие миллиарды рублей в год.

Разумеется, решение такой задачи потребует немало времени и будет происходить поэтапно.

В настоящее время большое внимание уделяется развитию методов получения научно обоснованных прогнозов. Большинство из известных методов (системы «Дельфа», «Паттерн» в США, ряд систем в нашей стране) существенно используют для этих целей электронную вычислительную технику и методы кибернетики.

Так, в Институте кибернетики АН УССР предложен метод проведения экспертных работ, в котором совмещается метод «Дельфа», служащий для оценки тенденций развития, с методом сетевого планирования. В соответствии с этим методом эксперты в ответ на запрос о возможности и сроке достижения определенного события задают условия (необходимые предварительные работы), которые должны быть выполнены, чтобы прогнозируемое событие произошло с указываемой вероятностью за указываемый срок. На основе выдвинутых экспертами условий строится сеть необходимых работ, приводящих к желаемой цели. Для усовершенствования получающейся сети, так же как в методе «Дельфа», используются мнения экспертов, причем список экспертов в процессе работы может изменяться и расширяться. Когда в результате ряда циклов опроса и обработки соответствующих данных на ЭВМ сеть стабилизируется, она используется для вычисления вероятностей и ожидаемых моментов наступления составляющих ее событий.

Важной областью умственной деятельности человека, где также ощущается известная потребность в автоматизации, является научное творчество. Увеличение его масштаба достигается сейчас, как и в техническом проектировании, прежде всего за счет роста численности научных работников и научно-вспомогательного персонала. Темпы этого роста таковы, что, при условии их сохранения в будущем, через 150—200 лет, все население земного шара пришлось бы превратить в сотрудников научно-исследовательских учреждений.

Это убедительно свидетельствует о необходимости применения средств автоматизации в развитии самой науки. Вопрос о комплексной автоматизации этого процесса в настоящее время подготовлен пока еще в гораздо меньшей степени, чем автоматизация процессов экономического планирования и технического проектирования. Тем не менее известные перспективы намечались и здесь.

Помимо уже известной автоматизации различного рода расчетов и выкладок, выполняемых в процессе научного творчества, сейчас решается вопрос об автоматизации справочно-информационной и реферативной работы, занимающей значительную долю времени в работе современного ученого. Раскрываются заманчивые перспективы автоматизации (на базе универсальных электронных цифровых машин) экспериментов и наблюдений с одновременной обработкой получаемых данных. В первую очередь это относится к современной экспериментальной ядерной физике и звездной астрономии.

Однако наибольший интерес представляет, по-видимому, автоматизация доказательств теорем в рамках различных дедуктивных теорий и построения теоретических схем, обобщающих результаты экспериментов. В этом направлении получены пока лишь первые робкие результаты, однако открываемые ими перспективы поистине грандиозны. Дело заключается в том, что пропускная способность мозга человека ставит извест-

ный предел для сложности создаваемых им теоретических индикаторов. Уже сейчас встречаются случаи, когда для решения той или иной задачи в математике или в теоретической физике исследователь тратит десятки лет напряженного умственного труда.

Привлечение машин хотя бы к частичной автоматизации этого труда позволит резко сократить сроки решения сложных творческих задач, намного увеличить интеллектуальную мощь человечества. Быть может, гораздо более важным результатом такой автоматизации явится не просто уменьшение сроков и увеличение степени планомерности научных поисков, а возможность построения столь сложных теорий, которые сейчас практически недоступны человеку. Разумеется, окончательной целью построения таких теорий явится возможность получения из них практических выводов, умножающих власть человека над природой.

Из всего сказанного ясно, что развитие кибернетики и непрерывное совершенствование ее технической базы в значительной мере определяют дальнейшие успехи нашей науки, техники и народного хозяйства. Подобно тому как суммарная мощность электростанций и других силовых установок определяет энергетическую мощь страны, суммарная мощность электронных цифровых машин и других кибернетических устройств определяет ее информационно-интеллектуальную мощь. По мере усложнения производства и дальнейших успехов науки и техники информационно-интеллектуальная мощь будет все в большей мере определять промышленно-экономический потенциал государства, ибо только достаточный уровень информационной вооруженности делает возможным рациональное использование производственных и людских ресурсов. Огромное значение имеет также достигаемое на базе кибернетики и электронной вычислительной техники ускорение темпов развития науки, которое может стать решающим фактором в экономическом соревновании двух систем.

В нашей стране есть все возможности для решения перечисленных проблем в кратчайшие сроки. Грядущее коммунистическое общество должно иметь и непременно будет иметь наиболее эффективную и полностью автоматизированную систему управления своей экономикой, самые совершенные формы автоматизации производства, а также широко применять средства кибернетики в умственной деятельности человека.

Настоящая статья посвящена уточнению и развитию метода прогнозирования, описанного в работе автора [1]. Основная его идея состоит в объединении методов Делфи и Перт. Напомним, что в [1] предполагались две независимые оценки для каждой из целей (событий), рассматривавшейся в прогнозе, а именно оценки вероятности достижения двойной цели и требуемого для этого времени в случае достижения цели. Однако на практике оказалось, что экспертам довольно трудно оценивать вероятности. Поэтому здесь предлагается вернуться к единой оценке (по времени), сделав оценку вероятности производной от нее.

Первый шаг прогноза — составление перечня конечных целей (событий) S_1, S_2, \dots, S_m , оценка времени достижения которых является задачей прогноза. Второй шаг — присписывание весов $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ всем поставленным целям в соответствии с их относительной важностью. Оба эти шага выполняются постоянно действующей (в течение всего времени прогноза) рабочей группой совместно с заказчиком прогноза. Третий шаг — составление предварительного списка промежуточных целей $S_{m+1}, S_{m+2}, \dots, S_{m+n}$ и предварительного графа их соподчиненности. Для выполнения этого шага привлекаются эксперты, которым в отношении каждой из целей S_i ($i = 1, 2, \dots, m$) задается вопрос: укажите, каких промежуточных целей $S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}$ было бы полезно достичь для ускорения достижения цели S_i ? Граф соподчиненности получается, если соединить стрелками каждую из промежуточных целей $S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}$, полезных для достижения цели S_i ($i = 1, 2, \dots, m + n$), с последней. Цели S_{i_1}, \dots, S_{i_k} назовем (предварительными) предпосылками цели S_i . Окончанием третьего шага является составление множеств предпосылок для всех целей: $S_1, S_2, \dots, S_m, S_{m+1}, \dots, S_{m+n}$.

Для выполнения четвертого шага привлекается широкий коллектив экспертов (тысячи или даже десятки тысяч человек), состоящий из относительно небольших подгрупп для оценки каждой из целей S_i ($i = 1, 2, \dots, m + n$). Каждому из экспертов, оценивающему цель S_i , посылается анкета с формулировкой этой цели и списком всех ее предварительных предпосылок $S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}$.

Он должен выбрать из списка предпосылок те цели, достижение которых он считает обязательным условием для достижения цели S_i . В случае, если он не находит каких-либо необходимых с его точки зрения целей в списке предпосылок, он может дописать их в список. Совокупность всех промежуточных целей, выставленных j -м экспертом для i -й цели, назовем ij -предпосылкой.

Далее эксперт оценивает время, необходимое для достижения i -й цели при условии, что все цели ij -предпосылки уже достигнуты. Эта оценка,

обозначаемая через t_{ij} , как и в методе Делфи, предполагает возможность бесконечного значения (цель не будет достигнута никогда). Разумеется, в этом случае ij -предпосылка предполагается пустой. Кроме того, эксперт дает качественную оценку своей компетентности (применительно к данной цели) и степени уверенности в своем прогнозе. По особой методике эти оценки переводятся в весовые коэффициенты β_{ij} и γ_{ij} , произведение которых $\beta_{ij}\gamma_{ij}$ представляет собой вес данного единичного прогноза. Наконец, в анкете эксперту предлагается назвать фамилии специалистов, которых он считал бы желательным привлечь для прогноза по событию S_i . Тогда j -й эксперт получает добавку $\Delta\beta_{ij}$ к самооценке своей собственной компетентности β_{ij} тем большую, чем чаще упоминалась его фамилия.

Полученные анкеты обрабатываются прежде всего для построения графа соподчиненности целей, называемого также прогнозным графом. Для любого эксперта j , оценивавшего цель S_i , все цели из ij -предпосылки соединяются стрелками с целью S_i . Полученный таким образом граф проверяется на отсутствие петель (циклов). Обнаруженные петли устраняются за счет добавочной работы с экспертами (хотя, впрочем, в ряде случаев оказывается возможным работать и с неустраненными петлями). Такой граф мы и будем называть прогнозным графом. Самый важный шаг обработки состоит в нахождении для каждой цели S_i экспериментального закона распределения вероятности $P_i(t)$ ее достижения не позже, чем за время t (считая от настоящего момента). С этой целью должна быть решена система уравнений:

$$P_i(t) = \frac{\sum_j \delta_{ij} P_{i_1}(t - t_{ij}) P_{i_2}(t - t_{ij}) \cdot \dots \cdot P_{i_n}(t - t_{ij})}{\sum_j \delta_{ij}} \quad (1)$$

где $\delta_{ij} = \beta_{ij}\gamma_{ij}$ — вес соответствующего предсказания. Суммы в числителе и знаменателе распространены на всех экспертов, принимавших участие в оценке i -й цели. Граф соподчиненности называется правильным, если из системы уравнений (1) однозначным образом могут быть найдены все функции $P_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, m + n$). Так, в частности, будет, если все цели разбить на непересекающиеся классы K_0, K_1, \dots, K_l таким образом, что ij -предпосылки для цели S_i из некоторого класса K_l могут состоять лишь из целей, принадлежащих классам K_p с $p < l$. Для класса K_0 это означает, очевидно, отсутствие каких-либо предпосылок. Уравнение (1) для событий этого класса приобретает форму:

$$P_i(t) = \frac{\sum_j \delta_{ij} Q(t - t_j)}{\sum_j \delta_{ij}}.$$

Здесь $Q(x)$ — функция, равная нулю при отрицательных значениях аргумента и единице при нулевом или положительном аргументе. Легко понять, что член $\delta_{ij} Q(t - t_j)$ появляется в сумме всякий раз, когда j -й эксперт дает оценку времени t_{ij} достижения цели S_i , не сопровождая ее никакими условиями (с пустой ij -предпосылкой).

Обычно в прогнозах оценки времени даются лишь целыми числами (дней, месяцев или лет). При этом функции распределения $P_i(t)$ удобно задавать векторами $(P_i(1), P_i(2), \dots, P_i(n))$, где n — первое значение t , для которого $P_i(t)$ достигает максимального значения (обычно это значение равно единице).

Для пояснения сказанного рассмотрим пример прогноза для двух конечных и двух промежуточных целей, выполненного восемью экспертами.

Таблица 1

Прогноз	Эксперты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Оцениваемая цель	S_1	S_1	S_2	S_2	S_3	S_3	S_4	S_4
Вес цели (для конечных целей)	2	2	1	1	—	—	—	—
ij -предпосылка	(S_2, S_4)	(S_1, S_4)	(S_3, S_4)	(S_3)	(S_4)	—	—	—
Оценка времени t_{ij}	2	3	2	4	1	2	2	3
Вес предсказания δ_{ij}	3	2	2	3	1	3	3	2

Результаты описанных выше шагов прогноза сведены в таблицу 1. Таким образом, систему уравнений (1) запишем в виде

$$P_4(t) = \frac{3}{5} Q(t-2) + \frac{3}{5} Q(t-3) = \frac{3}{5} (0; 1) + \frac{3}{5} (0; 0; 1) = (0; 0,6; 1),$$

$$P_3(t) = \frac{3}{4} Q(t-2) + \frac{1}{4} P_4(t-1) = \frac{3}{4} (0; 1) + \frac{1}{4} (0; 0; 0,6; 1) = (0; 0,75; 0,9; 1),$$

$$P_2(t) = \frac{2}{5} P_3(t-2) P_4(t-2) + \frac{3}{5} P_3(t-4) = \frac{2}{5} (0; 0; 0; 0,45; 0,9; 1) + \frac{3}{5} (0; 0; 0; 0; 0,75; 0,9; 1) = (0; 0; 0; 0,18; 0,36; 0,85; 0,94; 1),$$

$$P_1(t) = \frac{3}{5} P_2(t-2) P_4(t-2) + \frac{2}{5} P_2(t-3) P_4(t-3) = \frac{3}{5} (0; 0; 0; 0; 0; 0,18; 0,36; 0,85; 0,94; 1) + \frac{2}{5} (0; 0; 0; 0; 0; 0,45; 0,90; 1) \approx (0; 0; 0; 0; 0,18; 0,47; 0,61; 0,91; 0,91; 1).$$

Для найденных экспериментальных распределений находятся обычные статистические характеристики: средние значения (или медианы), среднеквадратичные отклонения (или квартили). В случае несимметричности распределений оказывается полезным рассматривать левые и правые среднеквадратичные отклонения.

Среднее значение для распределения $P_i(t)$ вычисляется по формуле

$$E_i = \sum_{n=1}^{\infty} n (P_i(n) - P_i(n-1)), \quad (2)$$

что в нашем случае приводит к следующим результатам:

$$E_4 = 1 \cdot 0 + 2 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,4 = 2,4,$$

$$E_3 = 1 \cdot 0 + 2 \cdot 0,75 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 = 2,35,$$

$$E_2 = 1 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 3 \cdot 0 + 4 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,18 + 6 \cdot 0,49 + 7 \cdot 0,09 + 8 \cdot 0,06 = 5,73,$$

$$E_1 = 1 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 3 \cdot 0 + 4 \cdot 0 + 5 \cdot 0,18 + 6 \cdot 0,29 + 7 \cdot 0,14 + 8 \cdot 0,30 + 9 \cdot 0,06 + 10 \cdot 0,03 = 6,86.$$

Для нахождения медианы μ_i и расстояний от медианы до квартилей q_i^+ и q_i^- будем предполагать, что между указанными значениями в целочисленных точках функции распределения меняются по линейному закону. Учитывая это условие, получим

$$\begin{aligned} \mu_4 &= 1 \frac{5}{6} \approx 1,82; & q_4^+ &= \frac{5}{12} \approx 0,42; & q_4^- &= \frac{1}{6} + \frac{3}{8} = \frac{13}{24} \approx 0,54, \\ \mu_3 &= 1 \frac{2}{3} \approx 1,67; & q_3^+ &= \frac{1}{3} \approx 0,33; & q_3^- &= 2 - 1 \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \approx 0,33, \\ \mu_2 &= 5 \frac{14}{49} \approx 5,29; & q_2^+ &= 5 \frac{2}{7} - 4 \frac{7}{18} \approx 0,9; & q_2^- &= \frac{39}{49} - \frac{14}{49} = \frac{25}{49} \approx 0,51, \\ \mu_1 &= 6 \frac{3}{14} \approx 6,21; & q_1^+ &= 6 \frac{3}{14} - 5 \frac{7}{29} \approx 0,97; & q_1^- &= 7 \frac{14}{30} - 6 \frac{3}{14} \approx 1,26. \end{aligned}$$

С целью максимального увеличения точности и оперативности прогноза он делается непрерывным. Для этого все данные прогноза (табл. 1 в рассматриваемом примере) постоянно держатся в памяти ЭВМ, снабженной специальной операционной системой. Операционная система позволяет выполнять большое число макрокоманд, обеспечивающих постоянную работу с прогнозным материалом. В первую очередь это макрокоманда «изменить столбец таблицы», позволяющая быстро вносить изменения в данные при изменении мнения того или иного эксперта (такие изменения являются результатом постоянной работы с экспертами, в частности целенаправленного их снабжения необходимой информацией). Необходимы также макрокоманды, позволяющие исключить из прогноза мнение того или иного эксперта или изменить веса отдельных целей или предсказаний, и т. п.

При постоянной целенаправленной работе с прогнозом важное значение имеет ранжирование промежуточных целей по их *информационной значимости*. Будем считать более информационно значимыми те промежуточные цели, уточнение прогноза по которым приводит к лучшему уточнению прогноза по всем конечным целям (с учетом их весов).

Мерой уточнения прогноза по какой-либо цели S_i может служить абсолютная величина приращения какой-либо меры разброса распределения $P_i(t)$, например его среднеквадратичного отклонения σ_i . Минимальный разброс получается, если распределение $P_i(t)$ заменить распределением $P_i^*(t) = Q(t - E_i)$, т. е. такого распределения, что $P_i(t) = 0$ при $t < E_i$ и $P_i(t) = 1$ при $t \geq E_i$. Коэффициентом *информационной значимости* i -й цели S_i мы назовем, по определению, величину

$$J(S_i) = \frac{\sum_{h=1}^m \alpha_h |\Delta_i \sigma_h|}{\sum_{h=1}^m \alpha_h} \quad (3)$$

где $\Delta_i \sigma_h$ — приращение, получаемое среднеквадратичным отклонением распределения $P_h(t)$ при замене распределения $P_i(t)$ на распределение $P_i^*(t) = Q(t - E_i)$. Сумма берется по всем конечным целям. Близким к понятию информационной значимости является понятие важности (по срокам) промежуточной цели. По определению, коэффициентом *важности*

(по срокам) i -й цели назовем величину

$$Z(S_i) = \frac{\sum_{k=1}^m \alpha_k |\Delta_i E_k|}{\sum_{k=1}^m \alpha_k}, \quad (4)$$

где $\Delta_i E_k$ есть приращение математического ожидания времени на одну единицу влево распределения $P_i(t)$, т. е., иными словами, при замене функции $P_i(t)$ функцией $P_i(t+1)$.

В рассмотренном нами примере вычисления по формуле (4) приводят к следующим значениям коэффициентов важности:

$$Z(S_4) = \frac{2(6,88 - 6,60) + 1(5,73 - 5,30)}{2 + 1} = 0,32,$$

$$Z(S_3) = \frac{2(6,88 - 6,38) + 1(5,73 - 4,99)}{2 + 1} = 0,57.$$

Соответствующие функции распределения в первом случае будут равны: $P_4(t) = (0,6; 1)$; $P_3(t) = (0; 0; 9; 1)$; $P_2(t) = (0; 0; 0; 0,36; 0,4; 0,94; 1)$; $P_1(t) = (0; 0; 0; 0; 0,18; 0,62; 0,64; 0,96; 1)$, а во втором — $P_4(t) = (0; 0,6; 1)$; $P_3(t) = (0,75; 0,9; 1)$; $P_2(t) = (0; 0; 0; 0,22; 0,85; 0,94; 1)$; $P_1(t) = (0; 0; 0; 0; 0,22; 0,53; 0,91; 0,96; 1)$.

Коэффициенты важности промежуточных целей приобретают большое значение при переводе прогнозов в план. *Планом достижения цели S_i* назовем любой подграф прогнозного графа, построенный следующим образом: первая вершина плана — цель S_i , далее выбирается одна из i -предпосылок ($S_{k_1}, S_{k_2}, \dots, S_{k_r}$) цели S_i , все вершины $S_{k_1}, S_{k_2}, \dots, S_{k_r}$ соединяются с S_i и для каждой из них повторяется тот же процесс, что и для вершины S_i , пока не перестанут появляться новые вершины. Все построенные таким образом вершины (кроме S_i) будем называть *промежуточными целями данного плана*.

В общем случае цель S_i может обладать многими планами для ее достижения. На множестве планов для достижения любой данной цели можно ввести понятие близости, определив тем или иным методом *расстояние между планами*. Одно из возможных определений — чисто теоретико-множественное: расстояние между двумя планами A_1 и A_2 принимается равным

$$r(A_1, A_2) = 1 - \frac{n_1}{n_2}, \quad (5)$$

где n_1 — число элементов в пересечении множеств целей планов A_1 и A_2 , а n_2 — число элементов в их объединении.

Над близкими планами проводится работа (путем повторных опросов экспертов), направленная на то, чтобы сделать их полностью совпадающими. Если в результате подобных действий для какой-нибудь конечной цели удастся получить единственный план, он может быть принят в качестве обобщенного сетевого графика для организации фактической работы по достижению данной цели. Если же получить единственный план не удается, то возникает *проблема выбора из множества альтернативных планов*. Критерием для такого выбора может послужить, например, то, что подавляющее большинство экспертов склонилось к какому-то одному, причем между ними имеется и полное согласие по срокам достижения цели (признаком такого согласия может служить малая величина разброса распределения $P_i(t)$ для конечной цели данного плана, вычисленного только по тем предсказаниям, которые укладываются в рамки рассматриваемого плана).

Если же решить проблему выбора для конечных целей пока не удастся, то в этом случае можно осуществлять частичный перевод прогноза в план, в каком-то смысле наилучший с точки зрения достижения конечных целей. Для этого во множестве промежуточных целей, где проблема выбора может быть решена (для прогнозного графа без петель это множество всегда не пусто), выбираются цели с максимальными значениями коэффициентов важности, и для них осуществляется перевод частей прогнозного графа в сетевые графики.

Понятие информационной значимости используется для выбора тех промежуточных целей, на уточнение прогноза по которым следует обратить внимание в первую очередь. Соответственно ориентируется вся последующая работа с экспертами: можно, скажем, увеличить число экспертов по целям с большой информационной значимостью, снабдить экспертов добавочной информацией и т. п.

Как уже отмечалось выше, для применения описанной методики требование отсутствия петель в прогножном графе не является строго обязательным. В качестве примера рассмотрим прогноз, заданный таблицей 2.

Ясно, что соответствующий прогнозный граф имеет цикл, ибо цель S_1 , имея в качестве предпосылки цель S_2 , сама является предпосылкой этой последней цели.

Запишем систему прогнозных уравнений

$$P_1(t) = P_2(t-2),$$

$$P_2(t) = \frac{1}{2} P_1(t-1) + \frac{1}{2} Q(t-1).$$

Второе уравнение переписывается в виде $P_2(t) = \frac{1}{2} Q(t-1) + \frac{1}{2} P_2(t-3)$, откуда легко находим: $P_2(t) = (0,5; 0,5; 0,75; 0,75; 0,875; 0,875; \dots)$ и $P_1(t) = (0; 0; 0,5; 0,55; 0,75; 0,75; 0,875; 0,875; \dots)$. В отличие от случая графа без петель распределения получаются с бесконечными «хвостами».

Второе замечание касается способа формирования целей. Если какая-либо цель характеризуется некоторым множеством независимых параметров (x_1, x_2, \dots, x_m) , то вместо выставления одной комбинированной может быть выставлен целый ряд целей по достижению тех или иных значений каждого из параметров: $x_1 = a$; $x_1 = b$; $x_2 = c$ и т. д. Используя функции распределения для этих частных целей, можно получить наиболее вероятное описание комплексной цели, достижимой к какому-либо заданному сроку.

Рассмотрим в виде примера комплексную цель, характеризуемую параметрами x_1 и x_2 . Пусть для прогноза были выдвинуты частные цели $x_1 = 3$; $x_1 = 5$; $x_2 = 1$; $x_2 = 2$ и получены (на основе описанной выше методики) следующие функции распределения: $P_1(t) = (0; 0,4; 0,7; 0,9; 1)$, $P_2(t) = (0; 0; 0,3; 0,6; 0,9; 1)$, $P_3(t) = (0; 0,5; 1)$, $P_4(t) = (0; 0,1; 0,6; 1)$.

Совокупность двух распределений $P_1(t)$ и $P_2(t)$ можно трактовать как одно двумерное распределение $A(x_2, t)$ такое, что $A(3, t) = P_1(t)$ и $A(5, t) = P_2(t)$. Аналогичным образом поступаем в отношении двух других

Таблица 2

Прогноз	Эксперты		
	1	2	3
Цель	S_1	S_2	S_3
Вес цели	1	1	1
i -предпосылка	S_2	—	S_1
Оценка времени	2	1	1
Вес предсказания	1	1	1

распределений. Используя те или иные методы интерполяции, можно найти распределение $A(4, t)$ и, если потребуется, распределения при других значениях параметра x_1 . Например, при линейной интерполяции по параметру x_1 будем иметь: $A(4, t) = (0; 0,2; 0,5; 0,75; 0,95; 1)$. Теперь можно произвести сечение двумерного распределения при требуемом значении параметра t . Например, при $t = 3$ получаем распределение $p(x \geq 3) = 0,7; p(x \geq 4) = 0,5; p(x \geq 5) = 0,3$. Принимая $p(x \geq 6) = 0$, найдем среднее значение параметра x_1 при $t = 3$: $E_3(x_1) = 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,3 = 4,5$. Аналогичные расчеты для второго параметра x_2 приводят (при $t = 3$) к среднему значению $E_3(x_2) = 1 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,6 = 1,6$. Следовательно, усредненную комплексную цель, достижения которой следует ожидать к моменту времени $t = 3$, можно характеризовать совокупностью параметров (1,6; 4,5). Разумеется, значения этих параметров могут слегка варьироваться в зависимости от выбора метода интерполяции законов распределения и метода определения средних значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В. М. Прогнозирование на основе экспертных оценок // Кибернетика.—1969.— № 2.— С. 2—4.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

(Управляющие системы и машины.—
1972.— № 1)

Всякая система управления с точки зрения технологии ее функционирования решает три задачи: сбор и передачу информации об управляемом объекте, переработку информации и выдачу управляющих воздействий на объект управления. В автоматизированной системе управления (АСУ) автоматизированы все эти этапы, чем АСУ прежде всего отличается от простого использования ЭВМ в управлении. При простом использовании ЭВМ на ней решаются отдельные задачи управления, т. е. осуществляется переработка информации, этапы же ее сбора и формирования управляющих воздействий при этом обычно не автоматизируются.

Различают два основных типа АСУ: системы управления технологическими процессами (АСУТП) и системы организационного, или административного, управления (АСОУ). Первые имеют дело с технологическими процессами в широком смысле слова (управление ракетой, станком, домной и т. п.), вторые — с объектами экономической и социальной природы.

Главное отличие этих двух типов систем заключается прежде всего в характере объекта управления. Для первых — это различные машины, приборы, устройства, а для вторых — прежде всего люди, человеческие коллективы. Другое отличие — форма передачи информации. В АСУТП основной формой ее передачи являются различные сигналы (электрические, оптические, механические и др.), в АСОУ — документ.

В последнее время наметилась тенденция слияния АСУТП и АСОУ в единые интегрированные системы управления. При таком слиянии все большая часть циркулирующей в системе информации передается в виде сигналов и специальных типов документов на машинных носителях, например на магнитных лентах. Тем самым грани между АСУТП и АСОУ до известной степени стираются.

Различают также автоматизированные и автоматические системы управления. Автоматизированная система включает человеческое звено (операторов или административный аппарат) в качестве своей органической составной части. Автоматическая же система после монтажа и наладки в принципе может функционировать и без участия человека (исключая, быть может, лишь профилактический контроль и ремонт).

Автоматические системы применяются лишь для управления технологией, хотя и здесь зачастую по ряду причин предпочтение может быть отдано автоматизированным системам. Что же касается систем организационного управления, то они, по своей специфике, не могут быть полностью автоматическими. Люди в таких системах решают следующие основные задачи. Во-первых, это постановка и корректировка целей и критериев управления (они могут меняться при изменении условий). Во-вторых, — внесение творческого элемента в поиск наилучших путей достижения

поставленных целей (решительное изменение применяемой технологии или организации и т. п.). В-третьих, — окончательный отбор вырабатываемых системой решений и придание им юридической силы. Наконец, в-четвертых, — снабжение системы первичной информацией, сбор которой невозможно или нерационально полностью автоматизировать (данные кадрового учета, пожелания об изменении места работы и т. п.).

Главной задачей любой автоматизированной системы организационного управления является обеспечение оптимального функционирования объекта управления (завода, объединения, отрасли и т. п.) как единого целого за счет правильного выбора целей и путей их достижения, наилучшего распределения заданий между отдельными составными частями объекта и обеспечения их четкого взаимодействия. Попутно АСОУ должна решать задачи учета, отчетности, оплаты труда и др., которые принято называть рутинными.

Важное значение имеет также справочно-информационная функция АСОУ, т. е. выдача в соответствии с поступающими запросами различного рода справок о состоянии объекта управления (выполнение плана по участкам, наличие запасов на складах и т. п.). Целесообразно иногда создавать специальные автоматизированные справочно-информационные системы.

Основной эффект, который дают АСОУ, возникает за счет полноты, своевременности и оптимальности принимаемых решений и, как следствие этого, ликвидации различного рода организационных неполадок. Второй важной, но обычно гораздо менее весомой долей эффекта, даваемого АСОУ, является экономия управленческого труда, позволяющая уменьшить управленческий аппарат (или затормозить его рост) без ущерба для качества управления.

Правильно спроектированная АСОУ должна полностью ликвидировать или по крайней мере свести к минимуму потери, возникающие вследствие причин организационного характера. А они могут быть очень большими, если не выполнено хотя бы одно из трех сформулированных выше неперемных условий, которым должно удовлетворять каждое решение, а именно полнота, своевременность и оптимальность.

Приведем простейшие примеры потерь, возникающих при нарушении этих условий.

Пример 1. Предположим, что литейному и механическому цехам машиностроительного завода заданы месячные планы производства, увязанные по объемам и номенклатуре, но не увязанные по точным срокам выпуска деталей каждого типа как между собой, так и со сборочным цехом. Это — пример неполного решения, практически неизбежным результатом которого является периодически возникающий на сборке дефицит изделий, что влечет штурмовщину в механическом и литейном цехах, частые переналадки оборудования, потери рабочего времени, увеличение брака.

Пример 2. Завод выпускает какой-либо предмет народного потребления (например, телевизоры или швейные машины), на который все время имелся хороший спрос. Решение задачи прогнозирования спроса запоздало, и в какой-то момент времени произошло затоваривание. Приходит решение прекратить производство данного предмета, но продукция на многие миллионы рублей уже выпущена и продолжает мертвым грузом лежать на складах. Это — пример несвоевременного решения.

Пример 3. Предположим, что министерство спустило заводам подробный план, полностью обеспеченный ресурсами, идеальным образом на-

ладило кооперацию и материально-техническое снабжение. Отрасль работает с точностью часового механизма, рутинные расчеты показывают, что план увеличить больше невозможно. Оказывается, что использование современных математических методов даже в этих условиях за счет оптимального перераспределения планов между заводами могло бы увеличить выпуск продукции на 10 %, а то и больше. Это — пример полного, своевременного, но неоптимального решения.

Из приведенных примеров ясно, что усилия разработчиков должны быть направлены прежде всего на то, чтобы АСОУ помогали в выработке полных, своевременных и оптимальных решений. Полная оптимизация далеко не всегда достижима даже с помощью ЭВМ. Однако следует прилагать усилия для достижения хотя бы приближенной оптимизации.

Следует подчеркнуть, что задачи организационного управления (особенно для постановки целей) отличаются большой комплексностью и должны решаться не изолированно (как это можно до известной степени делать в АСУТП), а в общепрофессиональном масштабе.

Общегосударственная автоматизированная система управления экономикой (ОГАС) никоим образом не может быть сведена к простой сумме АСУП и отраслевых АСУ (ОАСУ). В частности, постановка целей перед системами низших уровней, как правило, может быть выполнена лишь в результате рассмотрения целей систем более высоких уровней.

АСОУ строятся на базе универсальных ЭВМ общего назначения, снабженных внешней памятью (на магнитных лентах и дисках) большого объема. Важную роль в правильном их функционировании играют системы сбора и передачи данных, в которых широко используются периферийные устройства и машинные носители информации. С каждым годом все большее значение приобретают передача данных по каналам связи и непосредственный обмен данными между ЭВМ, входящими в различные АСОУ.

Непременным элементом каждой АСОУ является информационная база, состоящая из массивов, описывающих объект управления (оборудование, кадры, нормы, планы, запасы материалов и пр.). Для постоянного обновления базы и работы с информационными массивами (с целью подготовки данных для решения различных задач управления) создается специальное математическое обеспечение.

Следующим элементом является совокупность рабочих программ, решающих различные задачи планирования и управления (включая подготовку соответствующих документов). Наконец, для успешной работы АСОУ оказывается необходимым проведение целого комплекса мероприятий организационного и экономического характера (изменение организационной структуры, систем ответственности и стимулирования и т. п.). Таким образом, создание АСОУ отнюдь не сводится просто к покупке и установке ЭВМ.

АСОУ сначала применялись для решения рутинных задач управления: бухгалтерского учета, составления различного рода сводных ведомостей и других отчетных документов. Объясняется это тем, что до появления первых ЭВМ для этой цели употреблялись счетно-аналитические (перфорационные) машины, не способные производить сложные оптимизационные расчеты. ЭВМ постепенно вытеснили старую перфорационную технику, но естественным образом восприняли разработанные для нее задачи и технологию обработки данных¹.

¹ В современных АСОУ иногда продолжают применять счетно-аналитические машины для предварительной обработки информации на входе ЭВМ.

Однако автоматизация только рутинных задач управления не дает коренного эффекта в улучшении организационного управления. Эффект же, получаемый от экономии управленческого труда, далеко не всегда оправдывает установку сложной и дорогостоящей электронной вычислительной техники. Поэтому один из первых принципов, которым нужно руководствоваться при создании АСОУ, — это так называемый принцип новых задач, суть которого состоит в том, чтобы не просто перекладывать на ЭВМ традиционно сложившиеся методы и приемы управления, а перестраивать эти методы в соответствии с новыми огромными возможностями ЭВМ. На практике это означает, что при анализе объекта управления выявляются потери, происходящие от недостатков организационного управления (простой, нерациональная загрузка оборудования и т. п.). В соответствии с результатами анализа намечается список задач, которые, ввиду их большого объема, сейчас не решаются или решаются неполно, но которые можно решать с помощью ЭВМ. Эти задачи должны быть направлены на то, чтобы обеспечить полноту, своевременность и оптимальность (хотя бы приближенную) принимаемых решений.

Эти задачи, разумеется, неодинаковы для объектов различных типов. Для машино- и приборостроительных предприятий наиболее важными оказываются задачи оперативно- и объемно-календарного планирования. Решающий эффект получается в том случае, когда на уровне сменных заданий точно согласуются по времени все производственные и обеспечивающие (материально-техническое снабжение) операции, определяются оптимальные объемы партий и производится оптимизация загрузки оборудования. Ближкие к этим задачи возникают в строительстве. В ряде случаев на первый план выходят задачи технической подготовки производства, управление проектно-конструкторскими работами.

Для химических предприятий важнейшей задачей является оптимизация режимов в масштабе всего предприятия (в зависимости от текущих характеристик сырья, состояния оборудования и степени заполнения буферных емкостей). На транспорте центральное значение приобретает оптимизация маршрутов и расписаний, а также четкая организация погрузочно-разгрузочных работ. В торговле наиболее критическими вопросами являются детальное прогнозирование спроса (на основе полного учета текущих продаж по всей номенклатуре) и выдача обоснованного заказа. В сельском хозяйстве это могут быть задачи оптимизации рационов кормов, наиболее рационального распределения имеющихся удобрений (в зависимости от почв, культур и прогнозируемых погодных условий) и др.

В отраслевых системах важнейшее значение приобретает задача оптимизации распределения плана между предприятиями, точное согласование и управление сроками взаимных поставок, а также задачи прогнозирования и перспективного развития отрасли.

Тесно связан с принципом новых задач второй основной принцип — комплексного, или, более точно, системного, подхода к проектированию АСОУ. Проектирование АСОУ должно основываться на системном анализе как объекта, так и системы управления им. Это означает, в частности, что должны быть определены цели и критерии функционирования объекта (вместе с системой управления) и проведена структуризация, вскрывающая весь комплекс вопросов, которые необходимо решить для того, чтобы проектируемая система наилучшим образом соответствовала установленным целям и критериям.

В этот комплекс попадают вопросы не только технического, но также экономического и организационного порядка. Внедрение АСОУ откры-

вает принципиально новые возможности для коренного усовершенствования системы экономических показателей и экономического стимулирования за счет детального учета и использования ЭВМ. И без такого усовершенствования возможности АСОУ, как правило, полностью использованы быть не могут.

Приведем несколько характерных примеров. Оптимизация планов транспортных перевозок намного увеличивает эффективность использования транспорта. Однако, если основным показателем плана и системы стимулирования остаются тонно-километры, такая оптимизация успешно применяться не сможет.

Второй пример относится к применению сетевых графиков в строительстве. Являясь мощным инструментом контроля и управления, сетевой график может в то же время быть оторванным от системы финансирования строительных организаций. Иными словами, строители получают деньги не тогда, когда достигается то или иное событие на сетевом графике, а по мере выполнения этапов, которые прямо с сетевым графиком не связаны. Поскольку система стимулирования не вытекает непосредственно из сетевого графика, его эффективность снижается, а в ряде случаев и вовсе сводится к нулю.

Третий пример. На одном из приборостроительных заводов в АСОУ заложена возможность по результатам испытаний годовой продукции определять конкретных виновников брака, допущенного на любом производственном участке много дней тому назад. Ясно, что если не перестроить соответствующим образом систему стимулирования, эта возможность АСОУ не будет должным образом влиять на снижение процента брака.

Внедрение АСОУ должно сопровождаться крупными мероприятиями организационного характера — изменением привычных (а иногда даже узаконенных) форм документов, изменением структуры органов управления, функциональных обязанностей управленческого аппарата, форм контроля и ответственности не только собственного аппарата, но также аппарата смежников. Не всегда вопросы могут быть решены в рамках самой разрабатываемой системы. Принцип системного подхода требует, чтобы все они были выявлены и поставлены в соответствующих инстанциях.

Приведем только один пример, касающийся форм документов. Эффективность создающихся и уже созданных АСОУ в автомобильном транспорте могла бы быть значительно увеличена при объединении всех документов, касающихся перевозимых грузов, и путевого листа в один документ типа дуаль-карты. Такие карты могли бы готовиться с помощью ЭВМ, снабжаться соответствующими отметками в пунктах погрузки и разгрузки и снова поступать в ЭВМ в качестве единых учетных документов. При необходимости ЭВМ могла бы готовить дубликаты документов для грузоотправителей и грузополучателей после возвращения заполненной карты. Эффективность такого мероприятия выросла бы еще больше, если бы промышленность выпускала грузовики с весами (встроенными в ресоры) и счетчиком километража, способными автоматически при вставлении карты в специальную щель пробивать на ней свои показания.

Из приведенных примеров видно, что успешная реализация двух сформулированных принципов делает совершенно необходимым, чтобы заказ на АСОУ, а также ее разработка и внедрение производились под непосредственным контролем первого руководителя соответствующего объекта (завода, объединения, министерства и др.). В этом и состоит принцип первого руководителя, без соблюдения которого успешная

разработка АСОУ становится невозможной. Отечественная и зарубежная практика с достаточной убедительностью свидетельствует, что всякая попытка передоверить дело создания АСОУ второстепенным лицам неизбежно приводит к тому, что система ориентируется на рутинные задачи управления и не дает ожидаемого эффекта.

При создании АСОУ, как и вообще при реализации крупных проектов, необходимо иметь четкую систему распределения обязанностей и взаимодействия заказчика и исполнителя. Функция заказчика (завода, министерства и любого другого объекта автоматизации) состоит прежде всего в том, чтобы самостоятельно или с помощью специальной консультационной группы, выделяемой исполнителем, сформулировать цели, критерии и общую концепцию проектируемой системы. Заказчик (на основе консультаций с исполнителем) определяет приоритеты и очередность ввода различных задач управления, которые должна решать система. Заказчик должен также принимать непосредственное участие в создании информационной базы системы (нормативы, кадры, оборудование и т. п.) и осуществлять соответствующие организационные мероприятия (изменение структуры, функциональных обязанностей управленческого аппарата и его обучение), чтобы к моменту ввода отдельных частей системы работники аппарата полностью владели машинными массивами информации и методами машинного решения задач управления.

Что же касается разработки проекта и создания технической базы системы (включая систему сбора и передачи информации), системного математического обеспечения состава и форм информационных массивов, а также программ решения конкретных задач управления, то все эти вопросы должны решаться исполнителем.

Такая организация работы помогает реализовать еще один важный принцип разработки АСОУ — принцип максимальной разумной типизации проектных решений. Суть его состоит в том, что, разрабатывая столь трудоемкие и дорогостоящие вещи, как технический комплекс, системное математическое обеспечение, рабочие программы и связанные с ними формы и состав информационных массивов, исполнитель обязан стремиться к тому, чтобы предлагаемые им решения подходили возможно более широкому кругу заказчиков. Однако хорошо известно, что попытка создать одну типовую универсальную программу решения задач оперативно-календарного планирования приведет к тому, что в каждом конкретном случае она будет работать значительно медленнее, чем программа, специально приспособленная к особенностям данного предприятия.

Разумность типизации означает разумный процент замедления работы типовой программы по сравнению со специализированной. Величина этого процента, а значит, и количество типовых решений зависят от количества разработчиков АСОУ в стране. При увеличении их сил можно позволить себе роскошь иметь более высокий уровень специализации². Типизация решений способствует концентрации сил, что необходимо для создания действительно комплексных АСОУ. Следует заметить также, что зачастую типовая программа, составленная опытным программистом, оказывается эффективнее специализированных программ, создаваемых небольшими группами специалистов, не имеющих столь высокой квалификации программиста.

² Стремление к максимальной типизации характерно для любой области техники в начале ее развития (достаточно вспомнить тракторы, автомобили и т. п.). По мере же накопления сил и достаточного рынка сбыта проявляются тенденции к большей специализации.

Правильно проведенная типизация проектных решений в АСОУ не только не препятствует, а, наоборот, способствует увеличению возможностей учета индивидуальных особенностей систем стимулирования или любых других элементов систем управления. Имея, например, одну типовую программу для решения алгебраических уравнений любых степеней, пользователь обладает гораздо большими возможностями приспособиться к индивидуальным особенностям интересующих его уравнений, чем в случае, когда он располагает десятком специализированных программ для решения уравнений различных конкретных степеней.

Типизация решений имеет и другую сторону: для ускорения разработки исполнитель должен максимально использовать решения, полученные при разработке других систем. Важность этого замечания легко понять, если вспомнить, что разработка действительно комплексной АСОУ имеет трудоемкость в несколько тысяч человеко-лет. При наличии же достаточного запаса типовых решений, которые остается лишь привязать к данным конкретным условиям, эта трудоемкость снижается в десятки раз.

Различные составные элементы системы имеют различный уровень типовости: наиболее высокий — у технических комплексов и системного матобеспечения, наиболее низкий — у рабочих программ. Поэтому типовой проект, охватывающий все машиностроительные предприятия, комплектуется по принципу функциональной избыточности: несколько типовых рабочих программ на одну и ту же задачу. При привязке системы достаточно выбрать из этого набора программ наиболее подходящую.

При проектировании АСОУ важно соблюдать еще один принцип — непрерывного развития систем. По мере развития как экономики в целом, так и отдельных предприятий возникают новые задачи управления, совершенствуются и видоизменяются старые. Для того чтобы АСОУ могла быстро реагировать на эти изменения, она должна снабжаться возможностями автоматизации программирования и переконфигурации информационных массивов. Необходима также специальная служба, осуществляющая сбор и распространение новых программ и других усовершенствований, вносимых в систему пользователями.

Комплексы рабочих программ должны строиться таким образом, чтобы при необходимости можно было легко менять не только отдельные программы, но и критерии, по которым ведется управление. Полная реализация подобной гибкости АСОУ возможна на основе динамических моделей объектов управления.

Принцип комплексного (системного) подхода распространяется не только на перечисленные выше вопросы, но и на саму организацию переработки информации в АСОУ. Здесь также можно сформулировать ряд принципов, характеризующих подход к процессу переработки информации.

Прежде всего следует отметить так называемый принцип автоматизации документооборота. Суть этого принципа легко уяснить из рис. 1, где сплошными линиями показаны пути движения документов без автоматизации документооборота и при наличии такой автоматизации; пунктирными линиями — запросы, задания и ответы ЭВМ. Схема А соответствует простому использованию ЭВМ в интересах управления. Поток документов, как и до установки ЭВМ, идет непосредственно через орган управления. ЭВМ применяется для решения отдельных сложных задач управления, полученные результаты используются при подготовке выходных документов. В системном режиме (рис. 2) основной поток данных

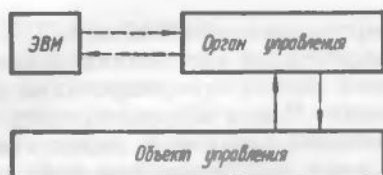


Рис. 1

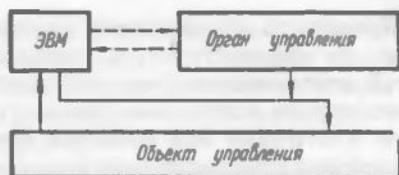


Рис. 2

идет через ЭВМ, необходимые сведения (справки) об объекте управления управленческий аппарат получает по запросам. Результаты решения задач представляются машиной в виде окончательных выходных документов (печатаемых на АЦПУ), которые, разумеется, подвергаются контролю (и, в случае необходимости, отбору) со стороны управляющего органа. Управленческий аппарат сосредоточивает свои усилия на постановке целей и внесении творческого элемента в поиски путей их достижения (например, в результате построения динамических моделей методами системного анализа).

В реальных условиях часть документов (письма личного характера, жалобы и предложения, различного рода неформализованные сообщения и т. п.) продолжают рассматриваться органом управления непосредственно, хотя содержащиеся в них факты, а иногда и сами документы могут накапливаться ЭВМ в архивах на машинных носителях.

Следующим важным принципом, характеризующим системный подход к обработке информации, является принцип единства информационной базы. Смысл его состоит прежде всего в том, что на машинных носителях накапливается (и постоянно обновляется) информация, необходимая для решения не какой-то одной или нескольких задач, а всех задач управления. При этом в основных массивах исключается неоправданное дублирование информации, которое неизбежно возникает, если первичные информационные массивы создаются для каждой задачи отдельно. Действительно, возьмем, например, данные о запасах материалов на складах. Они нужны и для задач планирования, и для бухгалтерского учета, и для приготовления различного рода справок, отчетов и т. д. В случае их дублирования во многих массивах возникает опасность увеличения числа первичных документов (особенно если задачи и массивы для них строятся разными людьми без должной координации). Вторая опасность — это возможность разночтений, когда одна и та же величина (например, размер запаса какого-либо материала) в одних массивах имеет одно значение, а в других — другое. Основной массив (или, как его еще иначе называют, мастер-файл) служит своеобразным эталоном, по которому можно сверять и, при необходимости, восстанавливать или создавать заново любые рабочие массивы.

Основные массивы образуют информационную модель объекта управления. Их состав и форма определяются принятой концепцией управления. На уровне предприятий основные массивы должны содержать самую подробную информацию: кадровый массив на всех работающих (включающий в себя подмассивы руководящих и управленческих кадров); массивы основных фондов (земля, помещение, оборудование со всеми характеристиками, необходимыми для решений об их использовании, перераспределении и т. п.); массивы запасов (оборотных фондов в материальном выражении) по самой подробной номенклатуре, включая запасы на промежуточных складах и незавершенное производство; массивы текущего состояния оборудования (режимы работы и причины остановок); массивы

нормативов (трудовых и материальных) и технологических маршрутов (последовательностей производственных операций, необходимых для изготовления материалов, деталей, узлов и готовых изделий, увязанных с нормативами); массивы планов (включая заявки на материально-техническое снабжение); массивы цен и расценок; массив текущего состояния банковских счетов предприятия и др.

Система первичных документов, а также система различных автоматических датчиков должны быть построены таким образом, чтобы любое изменение, происходящее на предприятии в минимально короткий срок, вводилось в ЭВМ в специальный текущий массив изменений. Операционная система АСОУ автоматически или по указанию оператора периодически разносит эти изменения по основным массивам, поддерживая их постоянно в состоянии готовности для выдачи любой информации о состоянии объекта.

Для уменьшения затрат времени на эти операции разрабатываются рациональные формы упорядоченности основных массивов, согласованные с системой первичных документов: если документы, характеризующие оборудование (паспорта), привязаны к цехам (т. е. снабжаются классификационным признаком цеха), то массив оборудования можно также рационально упорядочить по цехам, разбив его на соответствующие подмассивы. Другой путь — это такая организация основных массивов, при которой все изменения просто приписываются до поры до времени в копеек соответствующих массивов, а фактическое занесение изменений на соответствующие места делается сравнительно редко.

При недостаточной мощности ЭВМ и использовании в качестве первичных входных документов перфокарт применяется их предварительная сортировка (в соответствии с составом основных массивов) с помощью механических или электронных сортировок, входящих в комплекты счетно-аналитических машин. В соответствии с признаками, пробитыми в определенных колонках перфокарт, сортировальная машина направляет их в различные карманы, разделяя поток перфокарт на определенные группы, более удобные для последующего использования.

Как уже отмечалось выше, основные массивы играют роль эталонов для всего остального информационного хозяйства АСОУ. Необходимо поэтому принимать специальные меры для обеспечения их идеального состояния: дублирование на случай порчи или утери, периодические проверки их содержания (инвентаризация) и т. п. Должна быть организована специальная служба массивов, выделены ответственные «хранители» массивов. Наличие их особенно важно в том случае, когда на вход системы поступает противоречивая информация (например, о конъюнктуре на мировом рынке). Ответственный за соответствующий массив должен решать, какую информацию вводить: выбрать ли ее однозначно или ввести противоречивые сведения с указанием источников, из которых они поступили, дополнив их, быть может, собственной оценкой достоверности. Этот пример показывает, что хранитель массива — не просто технический работник. В ряде случаев им может и должен быть достаточно ответственный сотрудник управленческого аппарата.

Важнейший принцип организации информационной базы — ее гибкость. Это означает, что помимо основных массивов необходимо иметь инструмент, позволяющий на их основе создавать и поддерживать любое количество постоянных или временных рабочих массивов. Таким инструментом является специальное системное математическое обеспечение (операционная система и библиотека стандартных программ), позволяющее

производить различные преобразования массивов — слияние, подборку, сортировку, сокращение, обеспечение нужной формы вывода и т. п.

Необходимость рабочих массивов обусловлена тем, что, будучи эталонами для воспроизведения любой нужной информации в системе, сами они не очень удобны для непосредственного использования при решении задач управления. Так, массив нормативов включает все детали или изделия, производящиеся (или недавно производившиеся) на данном предприятии. При составлении плана производства каких-либо определенных изделий весь этот массив не нужен (при его непосредственном использовании в задаче оптимизации плана ушло бы много времени на непроизводительную перемотку лент). Поэтому из основного массива вырезается определенная часть, которая и составляет необходимый рабочий массив для решения данной конкретной задачи. Роль основного массива сводится к порождению временного рабочего массива.

Другой пример. В основном кадровом массиве содержится много сведений, необходимых по положению о кадровом учете. Для целей же планирования достаточно минимум сведений: учетный номер, принадлежность к определенному цеху, бригаде или смене, профессия, квалификация и, быть может, стаж работы. Ясно, что массив с такими данными будет употребляться столь часто, что его целесообразно перевести в разряд постоянных и обновлять наряду с основными массивами. Роль основного массива, помимо первоначального порождения³, состоит в том, что с ним осуществляется периодическая сверка и устранение возможных расхождений.

Соблюдение принципов единства и гибкости информационной базы АСОУ сильно облегчает задачу их дальнейшего совершенствования и развития. Особенно следует подчеркнуть следующее обстоятельство: наличие полной информации об объекте управления, представленной в какой-либо (пусть даже случайно выбранной) форме, вместе с матобеспечением, способным перестраивать ее любым образом, неизмеримо облегчает задачу унификации информации при последующем объединении ранее созданных локальных АСОУ в общегосударственную систему.

Такой подход к организации информационной базы облегчает также задачу замены технической. Для этого необходимо потребовать, чтобы новые ЭВМ снабжались соответствующим системным матобеспечением и были бы способны работать с магнитными лентами и магнитными дисками старых машин. В то время как старая ЭВМ продолжает обеспечивать работу АСОУ, новая машина, работая с основными ее массивами, автоматически воссоздает для себя информационную базу системы в нужной для нее форме. Рабочие же программы системы должны быть написаны на проблемно-ориентированном языке с использованием стандартных макрооператоров системного математического обеспечения, в результате чего они также могут быть перетранслированы на новую ЭВМ без затрат ручного труда. В этом состоит смысл принципа стандартизации систем программирования, который также необходимо соблюдать при грамотном проектировании АСОУ.

Создание информационной базы — одна из самых трудоемких частей разработки АСОУ. Возникает естественный вопрос: каким путем строить эту базу? Существуют два различных подхода к его решению: аналитиче-

³ Не исключено, что подобные постоянные рабочие массивы рождаются независимо и даже раньше соответствующих основных массивов.

ский и сплетический. При аналитическом подходе сначала создаются системное матобеспечение (включая систему автоматизации программирования) и все основные информационные массивы (вместе с системой их обновления), а затем строится система рабочих программ и порождаются необходимые для них рабочие массивы. Преимущество этого метода заключается в том, что он избавляет от работы по ручному составлению рабочих массивов и вообще, с точки зрения создания системы в полном объеме, является наиболее экономичным. Недостаток же его состоит в том, что при этом методе система долго (пока создаются основные массивы) не дает отдачи: она вводится не этапами, а сразу, целиком.

При синтетическом подходе сначала создаются рабочие массивы для отдельных задач, но с таким расчетом, чтобы система матобеспечения позволила впоследствии скомпоновать из них основные массивы. Недостаток такого подхода в том, что полностью избежать дублирования и, следовательно, лишней работы при этом не удастся. Очевидным же достоинством является возможность ввода системы по этапам и, следовательно, получения более быстрой (хотя и не полной) отдачи.

Возможен и комбинированный путь, когда параллельно идет создание основных и некоторых рабочих массивов. Однако при всех обстоятельствах работа должна быть организована таким образом, чтобы в конце была построена единая информационная база системы, подводящая прочный фундамент под ее будущее развитие и совершенствование. Непременное условие этого пути — опережающее развитие работ по системному математическому обеспечению и автоматизации программирования.

Следующий системный принцип — это принцип комплексности задач и рабочих программ. Суть его состоит в том, что подавляющее большинство задач управления являются комплексными и поэтому не могут быть сведены к простой арифметической сумме мелких задач. Например, задачи материально-технического снабжения органически связаны со всем комплексом задач оперативного и объемно-календарного планирования: во-первых, само задание на материально-техническое снабжение возникает из задач планирования производства, а во-вторых, при невозможности точно (по срокам и номенклатуре) выполнить это задание возникает необходимость пересмотра планов. Между задачами планирования производства и материально-технического снабжения происходит постоянный взаимный обмен информацией, что превращает их в единый комплекс задач. Раздельное их решение может сильно уменьшить эффект от АСОУ.

Принцип комплексности задач и рабочих программ является характерным не только для АСОУ, но и для других автоматизированных систем обработки данных (автоматизация проектирования, испытаний и др.). Благодаря наличию программных комплексов информационные потоки в системах организованы более упорядоченным образом, чем в вычислительных центрах общего назначения, в которых потоки задач, а следовательно, и потоки данных случайны. В АСОУ, кроме того, большинство задач управления строго привязано ко времени, т. е. выполняется по определенному расписанию.

Упорядоченность потоков задач и данных позволяет использовать принцип специализации (системной ориентации) операционных систем, и прежде всего программ-диспетчеров. Операционные системы общего назначения начинают готовить данные для задачи, когда программа уже запущена в работу (по макрооператору — «открыть массив»). Программа при этом переводится в режим ожидания, в результате чего теряется время (компенсируемое частично за счет мультипрограммирования).

При специализации операционных систем для упорядоченных потоков задач возможна заблаговременная подготовка данных, так что очередная задача, будучи вызвана на счет, уже имеет необходимые для ее работы информационные массивы в открытом состоянии. Опыт показывает, что такая организация вычислительного процесса может значительно (в несколько раз) повысить эффективность работы системы. Особенно большим этот эффект становится при отсутствии в используемой ЭВМ режима мультипрограммирования.

Следует особо подчеркнуть, что принцип специализации операционных систем не противоречит принципу типизации проектных решений. Под специализацией здесь понимается не приспособление операционной системы к особенностям каждого конкретного объекта, а ее общесистемная ориентировка. При этом можно иметь относительно небольшое число типов операционных систем, рассчитанных на широкие классы применений. Конкретные особенности индивидуальных объектов учитываются сменяемыми таблицами, в которых операционной системе сообщается необходимая информация о структуре программных комплексов и расписание решения различных задач управления.

При разработке комплексов задач необходимо исходить из целей и критериев, поставленных перед системой в целом. Само выделение таких комплексов происходит в результате структурирования (на основе методов системного анализа) всей системы управления рассматриваемого объекта. При программировании последних необходимо иметь в виду, что отдельные составляющие их задачи порождают выходные массивы, являющиеся входными для других задач. Эти промежуточные массивы также получают статус временных или постоянных рабочих массивов и входят в общую информационную базу системы.

Таким образом, при системном подходе, в отличие от раздельного решения ряда задач, соблюдается принцип минимизации ввода и вывода информации, что имеет большое значение для увеличения эффективности использования ЭВМ: ведь ввод и вывод является для ЭВМ самым узким местом. Очень важно распространить этот принцип и на обмен информацией между различными системами. Для этой цели обычный документооборот, рассчитанный на людей, должен все в большей мере уступать место документообороту на машинных носителях, обеспечивающих быстрый ввод и вывод, т. е. на магнитных лентах и сменных магнитных дисках. Иначе документ, напечатанный одной ЭВМ и посланный в другую организацию, приходится заново вводить в ЭВМ, что приводит к большим затратам ручного труда и неэффективному использованию машин.

Еще большие возможности открываются при прямом обмене информацией между ЭВМ по каналам связи, особенно широкополосным. Преимущество этого метода — возможность системного подхода для организации решения комплексных задач междо ведомственного характера при совместной работе различных АСОУ.

Принципы комплексности задач и единства информационной базы не исключают возможности существования изолированных подсистем, опирающихся на свои собственные информационные массивы и мало взаимодействующих с основными системными комплексами задач. Такой изолированной подсистемой может оказаться, например, справочно-информационная система по научно-технической информации в отраслевой АСУ или подсистема статистического контроля качества продукции в АСУ предприятий. Ведь ни комплексность задач, ни единство информационной базы не являются самоцелью. Эти принципы должны применяться там,

где необходимость комплексности и единства информационной базы вытекает из существа проблемы. А для современных АСОУ это в большинстве случаев характерно. Искусственное раздробление таких комплексов на взаимодействующие (или слабо взаимодействующие) подсистемы, как правило, значительно снижает эффективность АСУ.

Принцип минимизации ввода и вывода находит свое воплощение не только внутри комплексов задач, но и при поступлении в систему новой информации. Как уже говорилось выше, при системном подходе основная масса информации (информационная модель объекта) постоянно находится внутри системы (на магнитных носителях). Обновление информации в процессе регулярной работы осуществляется по принципу ввода изменений (а не всей информации для решаемых задач целиком). Это сильно уменьшает нагрузку на вводные устройства, но зато в значительной степени увеличивает требования к достоверности вводимой информации: ведь одна ошибка на вводе приведет к ошибке в основных массивах, которая может влиять на решаемые задачи в течение длительного времени (до очередной «инвентаризации» массивов).

Поэтому системный подход накладывает большие требования на систему сбора и передачи первичной информации. Помимо обычных технических проблем повышения надежности возникает задача устранения возможности субъективных ошибок людей, снабжающих систему первичной информацией. Субъективными ошибками могут быть простые описки, забывчивость или сознательные искажения информации. Для устранения подобных ошибок следует, по возможности, увеличивать долю информации, поступающей от различных автоматических датчиков, применять меры контроля и т. п.

Большую роль в уменьшении возможности ошибок субъективного характера играет принцип совмещения подготовки документов: первичных финансовых документов и документов материального учета, с одной стороны, и соответствующих для автоматического ввода в ЭВМ, — с другой. Это достигается различными путями:

а) объединения обычного и машинного документа в единый документ (дуаль-карты, документы, заполняемые магнитными чернилами, бланки или карты с карандашными отметками и т. п.);

б) использования устройств, одновременно готовящих обычный документ и его машинную копию (флексорайтеры);

в) непосредственного подключения к ЭВМ устройств, на которых готовятся первичные документы (телетайпы).

Помимо уменьшения возможности ошибок, использование упомянутого принципа устраняет необходимость в дополнительном труде по переносу первичных документов на машинные носители.

Еще один существенный принцип, который надо иметь в виду при проектировании АСОУ, — согласованности пропускной способности отдельных частей системы. Не имеет смысла, например, увеличивать скорость выполнения арифметических операций ЭВМ, если при решении конкретных задач АСОУ узким местом в системе являются ввод информации или скорость обмена ею между внешней памятью и центральным процессором. При согласовании пропускных способностей отдельных устройств необходимо принимать во внимание не только номинальную скорость их работы, но и надежность.

В заключение отметим, что использование в управлении ЭВМ и АСОУ приводит к большой централизации обработки информации. Во многих странах уже созданы и продолжают создаваться основанные на исполь-

зовании ЭВМ банки данных национальных масштабов. В качестве примера можно привести вычислительный центр (ВЦ) налогового управления в США или ВЦ по учету трудовых ресурсов в Японии. При наличии достаточно мощных ЭВМ во многих случаях оказывается целесообразным накапливать огромные массивы данных в одном ВЦ, обращаясь к нему из различных мест с помощью специальных терминалов по каналам связи. Такое решение может оказаться гораздо более эффективным по сравнению с тем, если бы эти данные были разбросаны по отдельным мелким ВЦ.

Однако абсолютно недопустимо смешивать две совершенно различные вещи: централизацию обработки информации и централизацию управления. Первая — есть техническая необходимость такого же порядка, как, например, централизация производства электроэнергии. Что же касается централизации или децентрализации управления, то это прежде всего вопрос экономической и организационной целесообразности, непосредственно с методами обработки информации не связанный.

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ЕГО АВТОМАТИЗАЦИИ

(Тезисы докладов IV симпозиума
по науковедению и научно-техническому
прогнозированию.— Киев, 1972.— Ч. 1)

Предметом настоящего доклада является прежде всего попытка оценить сложность объективно существующих задач управления в больших экономических системах и сопоставление ее с пропускной способностью организационных систем управления.

Всякая экономическая система может быть представлена в виде совокупности элементарных объектов, между которыми имеется та или иная система связей. Понятие «элементарный объект» может меняться в зависимости от величины рассматриваемой системы и степени подробности ее изучения. В качестве таких объектов могут выступать отдельные рабочие, единицы оборудования, цеха, предприятия и их объединения. Связи между объектами соответствуют материальным потокам, которыми обмениваются (или могут обмениваться) эти объекты. Задача системы управления состоит в том, чтобы из всех возможных (в силу объективных технологических ограничений) связей выбрать наилучшую их систему, определить ассортимент и календарные графики соответствующих материальных потоков, осуществлять непрерывное слежение за их выполнением и своевременную корректировку.

Задачи оптимизации системы связей и ряд других задач управления связями являются, как известно, достаточно сложными. Их сложность, измеримая числом необходимых арифметических операций, растет, вообще говоря, быстрее роста числа связей. Однако имея в виду не полную оптимизацию, а лишь некоторый разумный уровень рационализации управления, можно считать сложность управления линейной функцией от числа связей. Это позволяет рассматривать общую сложность управления как сумму сложностей управления отдельными связями, выделив для каждой связи определенное количество элементарных — арифметических и логических — операций N_i , выполняемых в единицу времени. Эти величины могут изменяться при перераспределении связей (перевод возможных связей в действующие), а также в результате технического прогресса, вызывающего появление новых связей, частоты решения задач по каждой связи и др.

Процесс появления новых связей в результате развития технического прогресса приводит к тому, что сложность задач управления растет быстрее общего числа элементарных экономических объектов. Это обстоятельство легко проиллюстрировать на примере.

Предположим сначала, что рост экономики идет за счет простого увеличения числа однотипных замкнутых экономических комплексов, не имеющих никаких взаимных связей. Обозначим через m число таких комплексов, через p — число элементарных объектов в каждом из них, а через N — сложность задач управления отдельным комплексом. Тогда общая сложность задач управления, равная mN , представляет собой

линейную функцию от общего числа tr элементарных объектов, поскольку величины p и N предполагаются постоянными. Учет влияния технического прогресса приводит к увеличению числа связей и, следовательно, к более быстрому (по сравнению с линейным) росту сложности задач управления.

Проведенные выборочные наблюдения показывают, что за последние два — три десятилетия рост числа связей выражается не менее чем квадратичной функцией от числа элементарных объектов, в частности от суммарного числа людей и единиц оборудования, занятых в материальном производстве. Если число людей обозначить через n , а число единиц оборудования — через m , то функция $c(m+n)^2$, оценивающая сложность задач управления (c — некоторая константа), при росте n превзойдет любую константу и любую линейную функцию от n . Если через A обозначить пропускную способность человека в системе управления, то суммарные возможности переработки информации для коллектива из n человек не могут быть больше, чем An . Таким образом, при достижении достаточно больших размеров любая экономическая система должна проходить сначала первый информационный барьер (когда $c(m+n)^2 = A$), а затем — второй (когда $c(m+n)^2 = An$).

Смысл этих барьеров очевиден: после прохождения первого барьера система уже не может полностью управляться одним человеком, а после того как превзойдет второй барьер, для полного решения всех задач управления не хватит всех имеющихся в наличии людей.

В глубокой древности все человеческое общество делилось на небольшие замкнутые экономические системы (роды, племена, семьи), каждой из которых мог достаточно эффективно управлять один человек. Процесс роста и объединения систем (в результате установления новых связей), вызвавших их переход через первый информационный барьер, поставил практику управления перед необходимостью искать выход. И выход был найден в результате изобретения двух механизмов «распараллеливания» задачи управления на большое число людей одновременно. Это — иерархические структуры управления и товарно-денежные отношения.

В первом случае задача распараллеливания решается прямым путем, а во втором — косвенным. Ведь каждый акт купли-продажи на рынке влияет на уровень цен, а через него — и на уровень производства. Потенциально при товарно-денежных отношениях создается возможность вовлечения (правда, косвенным и не слишком эффективным путем) в решение задач управления всего взрослого населения. Однако этого резерва оказывается достаточно лишь до достижения системой второго экономического барьера, после чего главным направлением усилий, позволяющим продолжать достаточно эффективно управлять системой, является повышение производительности труда в сфере управления.

Для определения момента прохождения системой второго информационного барьера были выполнены пока еще достаточно грубые качественные оценки как сложности объективно существующих задач управления, так и пропускной способности человеческого мозга в системе управления. Методика оценки сложности задач управления основана на выборке (к сожалению, слишком малой для достаточной статистической достоверности) экономических объектов различных типов (заводы, стройки, магазины, и др.) и подсчете числа арифметических операций, нужных для решения наиболее трудоемких объективно существующих задач управления. Под объективно существующими мы понимаем такие задачи, которые не зависят от организационных форм управления и определяются реально

существующими материальными потоками. Наибольший вес в суммарной оценке сложности имеют задачи двух типов: согласование календарных планов производства с планами материально-технического снабжения и задача наилучшей загрузки оборудования.

Для каждой из задач фиксируется некоторый разумный уровень подробности ее решения (и степени оптимизации), обеспечивающий получение основной доли (порядка 95 %) эффекта по сравнению с обычно применяемыми рутинными методами, основанными на небольшом числе расчетов (с использованием настольных клавишных машин). Подсчитав среднее количество арифметических операций для каждой из задач по объектам данного типа, полученный результат затем умножают на общее число таких объектов во всей экономике и все найденные таким образом величины складывают.

Применение подобной методики для крупных индустриально развитых стран, таких, как СССР и США, показывает, что величина 10^{16} арифметических операций в год может считаться разумной оценкой (причем, оценкой снизу) для сложности объективно существующих задач управления к началу 70-х гг.

Что касается пропускной способности человека в решении задач управления, то ее нетрудно оценить применительно к чисто арифметическим операциям. При пользовании настольным клавишным арифмометром величина $0,5 \cdot 10^6$ арифметических операций в год является достаточно хорошей оценкой сверху для этой способности. Труднее оценить различного рода возможности, которые получает человек благодаря использованию механизмов параллельной обработки информации качественного характера, что имеет место при операциях, выполняемых индивидуальными покупателями на рынке. Следует, однако, иметь в виду, что даже для такой простейшей операции, как сравнение двух цен, покупатель должен прежде всего их прочесть. В среднем на такого рода операцию (особенно учитывая необходимость передвижения) вряд ли уйдет менее 10 с. Поскольку в году около 30 млн с, из которых для решения задач управления используется не более одной трети, можно, по-видимому, считать миллион операций в год достаточно хорошей оценкой (сверху) для пропускной способности человека в экономических системах управления.

Сравнивая две полученные оценки, находим оценку (спизу) числа людей, необходимых для достаточно удовлетворительного решения всех объективно существующих задач управления в больших индустриально развитых странах. Эта оценка (равная $10^{16} : 10^6 = 10^{10}$) показывает, что экономика индустриально развитых стран уже прошла второй информационный барьер. Этот переход произошел, по всей видимости, в 30—40-х гг., и начиная с этого момента классические приемы распараллеливания задачи управления экономикой все в большей мере должны уменьшать свое значение в сравнении с коренной задачей — повышением производительности труда в сфере управления.

Как известно, основным методом, позволяющим резко увеличить производительность труда в сфере управления, является использование ЭВМ. Даже ЭВМ малой производительности выполняют сегодня 30—55 тыс. арифметических операций в секунду, т. е. порядка 10^{13} операций в год. Для выполнения 10^{16} операций достаточно всего лишь 10 тыс. таких машин. Даже учитывая дополнительные неблагоприятные обстоятельства, следует признать, что задача эффективного управления экономикой с помощью ЭВМ сегодня технически вполне реальна. В дей-

ствительности машин такой производительности для решения всех задач управления потребуются больше, поскольку часть операций тратится ими на обслуживание самих себя, а 10^{10} операций в год является оценкой снизу.

Разумеется, недостаточно просто установить ЭВМ и снабдить их программами для решения различного рода задач управления. Необходимо обеспечить выполнение трех дополнительных условий: во-первых, создать машинные банки данных, содержащие в совокупности (по всем машинам системы) всю экономическую информацию, и автоматизировать процесс их непрерывного пополнения и обновления; во-вторых, создать условия для работы ЭВМ в режиме диалога с большим числом людей, способных давать идеи и принимать решения. На долю же машин должна падать подробная проработка этих идей, основанная на их включении в систему математических моделей (в автоматическом режиме), и подготовка соответствующих вариантов решений. При этом одновременно должны быть разработаны соответствующие организационные структуры управления, системы стимулирования и четкого распределения ответственности. Сюда же включается разработка систем постановки целей развития экономики, основанных на изучении и прогнозировании запросов общества.

При определении организационных структур различных уровней (объединений, отраслей) может быть применена методика, основанная на распределении задач управления по отдельным связям между элементарными экономическими объектами. Задавшись ориентированным размером предполагаемой структуры, по тем или иным соображениям выделяют первый включаемый в нее объект. Присоединение новых объектов производится таким образом, чтобы суммарная сложность задач управления, приходящаяся на связи с объектами за ее пределами, была по возможности минимальной.

Третье условие, которое необходимо выполнить, — обеспечить возможность *совместной работы* различных ЭВМ системы при решении задач управления, выходящих за пределы отдельных элементарных экономических объектов или их объединений, обслуживаемых одной ЭВМ. Относительная доля такого рода «межобъектных», «межведомственных» задач управления весьма велика, а их решение обеспечивает львиную долю общего эффекта, получаемого от автоматизации решения задач управления экономикой.

Учитывая, что в результате научно-технического прогресса связи между отдельными экономическими объектами быстро меняются, система связи между ЭВМ должна быть достаточно гибкой. В идеале она должна позволить обращение в истинном масштабе времени к памяти (по крайней мере внешней) любой ЭВМ из другой ЭВМ системы. Принимая во внимание необходимость строгой диспетчеризации работы всей системы (как в автоматическом, так и в полув автоматическом режиме), а также способ организации современных систем связи, такая система в чисто техническом плане должна иметь два уровня иерархии. Высший уровень образует сравнительно небольшое число мощных ЭВМ, организованных в территориальные ВЦ. Эти ВЦ строятся рядом с крупными узлами связи, являющимися конечными пунктами широкополосных (десятки и сотни мегагерц) каналов связи. Остальные ЭВМ и ВЦ системы составляют второй уровень и подсоединяются к соответствующим территориальным ВЦ с помощью более дешевых и массовых каналов связи (как фиксированных, так и коммутируемых).

В число таких ВЦ входят ВЦ как отдельных предприятий и объединений, так и органов управления более высокого уровня. Последние осуществляют связь (в случае необходимости — совместную работу) с подведомственными им ВЦ через соответствующие территориальные. Задача создания подобной общегосударственной автоматизированной системы управления экономикой в СССР поставлена и решается. Одним из необходимых условий для построения такой системы и последующего эффективного ее использования является возможность свободного обмена экономической информацией между различными объектами и организационными структурами. Эта возможность обеспечивается присущей нашей стране и другим социалистическим странам формой ведения хозяйства.

У нас в стране уже действуют многие сотни АСУ различных классов. На проведенной в конце прошлого года выставке «АСУ технология — 74» было продемонстрировано немало высокоэффективных АСУТП в химической, нефтедобывающей и в ряде других областей промышленности. Однако в целом уровень и темпы автоматизации сложных технологических процессов с применением средств вычислительной техники все еще не отвечают современным требованиям. В ряде отраслей, например в черной металлургии, при создании АСУТП недопустимо велик процент неудач и прямого брака.

Это объясняется несколькими основными причинами. Первая — слабость технической базы автоматизации. Споры нет, за последние годы сделано немало. Но далеко еще не все технические средства, необходимые для создания эффективных АСУТП, у нас производятся серийно. Выпускаемые же средства подчас отстают от современного мирового уровня и плохо «стыкуются». Это неизбежно отражается на качестве и эффективности создаваемых систем, а также на стоимости и сроках разработок.

Вторая причина — нехватка специалистов в области создания сложных систем автоматизации (системных аналитиков, программистов и др.), а также недостаточная подготовленность в области автоматизации управления технических кадров во многих отраслях народного хозяйства.

Третья причина — дефекты организации работы над созданием АСУТП. В частности, недостаточен уровень типизации проектных решений. В результате приходится многократно выполнять одну и ту же работу. В предлагаемых проектных решениях часто отсутствует комплексный системный подход. Это резко снижает эффективность автоматизации, ведь даже одно небольшое звено единой технологической линии, оставленное без внимания, может свести на нет результаты автоматизации всех остальных звеньев.

В тех случаях, когда приходится заниматься автоматизацией уже изготовленного и действующего оборудования, как правило, нельзя обойтись без коренной его реконструкции. Это оборачивается крупными затратами средств и времени. Так получилось, например, при автоматизации стана «1700» на заводе им. Ильича в Мариуполе (Жданове). Этот пример, к сожалению, не единичен. Практика показывает, что наилучшие результаты получаются тогда, когда АСУ создаются одновременно с проектированием новых заводов, агрегатов, технологических линий. Это должно стать законом технической политики министерств и ведомств, занимающихся внедрением АСУ.

Что же нужно сделать для того, чтобы устранить недостатки, о которых идет речь? Думается, что назрела необходимость заняться разработкой программно-технических комплексов для автоматизации техно-

логических процессов. Речь идет об изменяемых в широких пределах (п) требованию заказчиков) системах датчиков, исполнительных механизмов, устройств связи с объектами, мини-компьютеров (ориентированных на АСУ) и больших универсальных ЭВМ. Это оборудование должно поставляться не россыпью, а объединенным в систему, причем не только реальными физическими связями, например кабелями, но и специальными программами, которые должны создаваться применительно к цели комплекса для управления его собственной работой, включая управление банками данных, различными режимами опроса датчиков и т. п.

С помощью специальных систем автоматизации программирования, также поставляемых вместе с комплексом, разработчики должны иметь возможность быстро составлять и совершенствовать программы, управляющие автоматизируемыми объектами — прокатным станом, доменной печью, реактором и т. п.

Для разработки, комплектной поставки, монтажа и наладки описанных комплексов следовало бы создать мощное научно-производственное объединение, четко определив его специализацию и кооперацию с другими объединениями, ответственными за разработку и выпуск датчиков ЭВМ и другого оборудования, необходимого для комплектации АСУ. Подобная организация позволила бы устранить кустарщину и параллелизм, смогла бы выполнить на высоком уровне наиболее трудоемкую часть работы по созданию конкретных АСУТП.

Другая сторона дела — создание стройной системы четко специализированных проектно-конструкторских внедренческих организаций, ответственных за комплексную автоматизацию процессов различных классов. В их задачу должно входить изучение объектов автоматизации, разработка комплексных проектов автоматизации конкретных объектов, и в первую очередь вновь проектируемых, заказ соответствующих программно-технических комплексов, разработка программ пользователей, подготовка к эксплуатации систем (разработка инструкций, организация обучения персонала и т. д.).

Разумеется, обучение правилам эксплуатации конкретных систем предполагает резкое улучшение подготовки и переподготовки инженерно-технических кадров в системе высшего и среднего специального образования.

Должны быть также решены вопросы централизованной службы ремонта и модернизации технических средств АСУ, а также создания централизованных фондов программ пользователей.

Все сказанное относится не только к АСУТП, но и ко всем другим классам автоматизированных систем, и прежде всего к системам организационного управления, на которых я хочу остановиться подробнее.

Основной недостаток большинства создаваемых сегодня АСУ организационного управления — отсутствие подлинно комплексного, системного подхода. Между тем мировая практика и практика наших лучших АСУ убедительно доказывает, что автоматизация сложившихся традиционных методов управления не дает и не может дать коренного эффекта, заключающегося в приведении в действие всех скрытых резервов увеличения эффективности производства, улучшения его качественных показателей. Создание АСУ должно обязательно включать в себя разработку новых экономических механизмов, новых форм учета, коренной реорганизации документооборота, нормативной базы, форм стимулирования и т. п. Иными словами, создание подлинной АСУ означает переход на принципиально новую технологию управления, в полной мере использующую те

огромные возможности, которые заключены в современной вычислительной технике.

Весь этот комплекс задач вместе с его техническим, информационным и программным обеспечением применительно к современному крупному предприятию (не говоря уже о целой отрасли) чрезвычайно сложен. А между тем это все еще не осознается большинством наших хозяйственных руководителей, пытающихся решить задачу создания АСУ между делом, малыми силами. Какой эффективности можно ожидать, например, от ОАСУ Минлегпрома Казахской ССР, которая разрабатывается силами двух десятков человек? А ведь таких примеров у нас, к сожалению, немало.

Еще хуже, когда отдельные руководители, восприняв автоматизацию управления как очередную кампанию, рапортуют о создании АСУ, автоматизировав одну или несколько простейших традиционных задач управления (бухгалтерский учет, начисление зарплаты, диспетчерский контроль и т. п.). Подобные псевдоАСУ, разумеется, не могут дать сколь угодно серьезного экономического эффекта и приводят лишь к дискредитации самой идеи автоматизации управления, к рождению очередной волны скептицизма.

Примеров подобных псевдоАСУ можно привести немало. Так, комбинат «Кренгольмская мануфактура» отчитался о создании первой очереди АСУ. Проверка, проведенная Госкомитетом Совета Министров СССР по науке и технике совместно с Комитетом народного контроля СССР, показала, что на самом деле речь идет лишь о простейшей системе диспетчерского контроля для одной из трех отделочных фабрик комбината, которая к тому же плохо спроектирована и фактически не работает.

Причина неудач в создании АСУ организационного управления и пути исправления создавшегося положения в основном те же, что были изложены выше применительно к АСУТП. Следует особо подчеркнуть, что возможностей типизации в организационном управлении гораздо больше, чем в случае управления технологическими процессами. Ведь многие процедуры управления — бухгалтерский учет, материально-техническое снабжение и др. — в основе своей одинаковы во всем народном хозяйстве. Соответствующие системы программ пользователей (с небольшими переменными блоками) могут быть разработаны раз и навсегда. Да и многие более специфические процедуры, как, например, оперативно-календарное и технико-экономическое планирование, при решительной унификации форм документов могут быть сведены к небольшому числу различных типовых решений.

Как показывает опыт группы машиностроительных отраслей, перешедших на типовое проектирование, затраты на создание АСУ при этом снижаются в несколько раз, а самое главное, за счет концентрации квалифицированных кадров значительно улучшается качество внедряемых проектов. Не удивительно, что именно эти отрасли дают наибольшее число примеров высокоэффективных АСУ со сроками окупаемости от одного до двух лет. Так, подтвержденный годовой эффект АСУ объединения «Кировский завод» составляет 1,75 млн. руб., для Нижнетагильского вагоностроительного завода — 1,5 млн. руб. Высоких результатов добилось (за счет АСУ) Львовское объединение «Электрон». В масштабе группы машиностроительных отраслей годовой экономический эффект от АСУ составляет сотни миллионов рублей. Отраслевая АСУ Минприбора только за один 1972 год обеспечила получение дополнительной прибыли в сумме около 13 млн. руб. Затраты на создание АСУ, даже с учетом значитель-

ного числа неэффективных систем, окупаются в среднем по стране за 3,3 года.

Лучшие наши АСУ уже сегодня способны обеспечить конвейерный ритм работы на всех рабочих местах, не связанных в реальный физический конвейер. Тем самым открываются огромные возможности по устранению потерь рабочего времени, простоев оборудования и в итоге — достижение идеальной ритмичности производства, без чего немислимо решать задачи повышения качества и эффективности на современном уровне.

Большие перспективы (особенно для средних и мелких предприятий) открывает строительство сети мощных государственных вычислительных центров коллективного пользования. Успешное решение этой задачи, предусмотренной Директивами XXIV съезда КПСС, требует крупных организационных мероприятий. Прежде всего нужен генеральный заказчик — наделенный большими полномочиями общегосударственный орган, способный разрабатывать задания и эффективно управлять процессом «стыковки» АСУ различных ведомств. Без проведения такой стыковки, сопровождаемой крупными мероприятиями организационного и социально-экономического плана, новые огромные возможности, открываемые автоматизацией управления, будут использованы далеко не в полной мере.

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

(Управляющие системы и машины.— 1977.
— № 2)

Классическая форма динамических макроэкономических моделей [1] основана на использовании систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Такие модели в определенной степени неудобны, особенно потому, что реальные макроэкономические системы описываются негладкими и даже разрывными функциями. Кроме того, классические формы представления динамических макроэкономических моделей плохо приспособлены для описания динамики сворачивания и полного отказа от использования устаревших производственных мощностей.

В настоящей работе вводится описание динамических макроэкономических моделей с помощью систем интегральных уравнений, позволяющее устранить указанные недостатки. Для того чтобы лучше уяснить основные идеи такого представления, не отягощая их многими дополнительными техническими деталями, рассмотрим простейшую двухпродуктовую модель. При этом, как обычно, все производство делится на две группы: производство средств производства (группа А) и производство предметов потребления (группа Б). Здесь важно отметить два обстоятельства.

Во-первых, в группу Б мы зачисляем не только предметы личного потребления, но и все непроизводственное потребление в целом. Оно включает в себя, в частности, все виды вооружений, а также все виды массового обслуживания населения (пассажирский транспорт, системы радиовещания, телевидение и т. п.).

Во-вторых, относим производство какого-либо конечного продукта к одной из двух групп, мы относим к той же группе производство всех промежуточных продуктов, необходимых для изготовления данного конечного продукта. Например, производство легковых автомобилей в соответствии с первым замечанием относится нами к группе Б. В соответствии же со вторым замечанием мы должны отнести к группе Б и ту часть металлургического производства, производства электроэнергии и др., которая обеспечивает (текущее) производство легковых автомобилей. В то же время производство оборудования для заводов, выпускающих легковые автомобили, естественно, попадает в группу А⁴.

Из сделанных замечаний следует важный вывод качественного характера: средняя сложность производства в группах А и Б сегодня примерно одинакова. Этот вывод позволяет несколько упростить модель.

Отсчет времени в рассматриваемой модели ($t = 0$) предлагается начать с того момента, когда была введена в эксплуатацию самая старая из используемых в начале планового периода $T = [t, \bar{t}]$ производственных

⁴ Заметим, что принятое нами деление отличается от того, которое применяется сейчас в практике планирования.

мощностей. Далее мы предполагаем, что в течение всего рассматриваемого промежутка времени (от 0 до \bar{t}) происходит (непрерывно или скачкообразно) научно-технический прогресс. Смысл его состоит в том, что появляются возможности вводить мощности со все более и более высокими производственными показателями.

В качестве такого показателя для группы Б естественно взять величину выпуска предметов потребления в единицу времени (например, за одни сутки) в расчете на единицу производственных мощностей в группе Б. В качестве единицы измерения мощностей мы примем одно рабочее место (усредненное). Обозначая этот показатель через β , легко заметить, что он зависит от вида мощности. Мы будем предполагать, что в каждый момент времени t имеется единственная новейшая технология m_t , которая может быть использована во вводимой в этот момент мощности. Предполагая, что именно эта технология применяется в мощности m_t , мы получаем возможность представить основной показатель β , характеризующий группу Б, как заданную функцию времени:

$$\beta = \beta(t), \quad 0 \leq t \leq \bar{t}.$$

При тех же предположениях основным показателем для группы А следует выбрать функцию двух переменных $\alpha(\tau, t)$. Она представляет собой количество рабочих мест, создаваемых в единицу времени в расчете на одно рабочее место (усредненное) в технологии m_t (в группе А). В соответствии со сделанным выше качественным выводом можно считать, что m_t может принадлежать обеим группам. Итак, имеем еще одну заданную функцию:

$$\alpha = \alpha(\tau, t), \quad 0 \leq \tau \leq t \leq \bar{t}.$$

Заметим, что при построении функции β и α мы предполагаем часть задач оптимизации уже решенными. Действительно, далеко не всякая новейшая технология будет в то же время и наиболее эффективной. Если же мы умеем оценивать появляющиеся новые технологии с точки зрения того или иного критерия эффективности, то можно по определению считать новейшей (применяемой) технологией ту из уже известных на настоящий момент, которая в то же время является и наиболее эффективной. О путях выбора эффективных технологий мы поговорим еще в конце данной статьи.

Введем еще две функции:

$$n = n(t), \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t};$$

$$r = r(t), \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}.$$

Первая функция задает количество работающих, которыми рассматриваемая экономическая система располагает в момент времени t (списочный состав). Вторая функция определяет величину среднего рабочего дня (с учетом выходных дней, отпусков, болезней и т. п.), измеряемого в долях суток.

Введем в рассмотрение еще четыре неизвестных функции. Это, во-первых, скорости роста (в момент времени t) количества новых рабочих мест (по новейшим технологиям) в группах А и Б соответственно¹:

$$x = x(t), \quad 0 \leq t \leq \bar{t};$$

$$y = y(t), \quad 0 \leq t \leq \bar{t}$$

¹ На отрезке $[0, \bar{t}]$ функции $x(t)$ и $y(t)$ предполагаются заданными.

и, во-вторых, коэффициенты загрузки в момент времени t мощностей, созданных в момент времени τ , в группах А и Б соответственно:

$$\lambda = \lambda(\tau, t), \quad 0 \leq \tau \leq t, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t};$$

$$\mu = \mu(\tau, t), \quad 0 \leq \tau \leq t, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}.$$

Наконец, для заданного планового промежутка T зададим еще функцию, определяющую желательный объем потребления (на плановом промежутке T):

$$c = c(t), \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}.$$

С помощью введенных функций естественным образом строятся составляющие искомую модель интегральные уравнения. Это, во-первых, уравнение роста фондов:

$$x(t) + y(t) = \int_0^t x(\tau) \lambda(\tau, t) \alpha(\tau, t) d\tau, \quad 0 \leq t \leq \bar{t}, \quad (1)$$

во-вторых, уравнение потребления:

$$c(t) = \int y(\tau) \mu(\tau, t) \beta(\tau) d\tau, \quad 0 \leq t \leq \bar{t} \quad (2)$$

и, наконец, в-третьих, уравнение баланса рабочей силы:

$$n(t)r(t) = \int [x(\tau) \lambda(\tau, t) + y(\tau) \mu(\tau, t)] d\tau, \quad 0 \leq t \leq \bar{t}. \quad (3)$$

С помощью построенной системы интегральных уравнений можно ставить различного рода оптимизационные задачи. Одна из естественных постановок состоит в том, чтобы при заданном потреблении $c(t)$ минимизировать затраты труда в течение заданного планового периода T .

Иными словами, необходимо минимизировать интеграл $\min \int_{\underline{t}}^{\bar{t}} \left(\int_0^t x(\tau) \times \right.$

$\times \lambda(\tau, t) + y(\tau) \mu(\tau, t) d\tau \Big) dt$

при условиях

$$x(t) + y(t) = \int_0^t x(\tau) \lambda(\tau, t) \alpha(\tau, t) d\tau \quad (4)$$

$$c(t) = \int y(\tau) \mu(\tau, t) \beta(\tau) d\tau; \quad (5)$$

$$0 \leq \lambda(\tau, t) \leq 1, \quad 0 \leq \tau \leq \bar{t}, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}; \quad (6)$$

$$0 \leq \mu(\tau, t) \leq 1, \quad 0 \leq \tau \leq \bar{t}, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}; \quad (7)$$

$$\int (x(\tau) \lambda(\tau, t) + y(\tau) \mu(\tau, t)) d\tau \leq n(t)r(t), \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}. \quad (8)$$

$$x(t) \geq 0, \quad y(t) \geq 0, \quad 0 \leq t \leq \bar{t}. \quad (9)$$

Само собой разумеется, что заданные функции $\alpha(\tau, t)$, $\beta(t)$, $n(t)$, $r(t)$ и $c(t)$ неотрицательны в своих областях определения. В условиях (6) — (9) абсолютное значение имеет лишь неотрицательность функций λ , μ , x и y . Что же касается остальных неравенств, то при первой попытке решения оптимизационной задачи их можно опустить. При повторных попытках можно добиться выполнения условия (8) либо за счет уменьшения $c(t)$, либо за счет увеличения $r(t)$, либо за счет того и другого вместе. Заметим, что повторные решения оптимизационной задачи удобно выполнять в диалоговом (с ЭВМ) режиме [2].

Невыполнение условий $\lambda \leq 1$, $\mu \leq 1$, как нетрудно понять из экономического смысла задачи, свидетельствует о том, что некоторые из выбранных нами новейших технологий на самом деле менее эффективны, чем уже существовавшие ранее. Поэтому необходимо перестраивать избранную нами техническую политику, что сводится к соответствующему изменению функций $\beta(\tau)$ и $\alpha(\tau, t)$.

Заметим прежде всего, что ввиду конечности множества различных технологий обе эти функции кусочно-постоянны⁶. Их значения могут изменяться только в моменты t_1, t_2, \dots, t_n появления новых технологий. Если новая технология m_{i_1} , появившаяся в момент t_i , неоптимальна, то в силу экономического смысла оптимизационной задачи на отрезке $[t_i, t_{i+1}]$ скорость создания новых рабочих мест по технологии m_{i_1} должна получиться нулевой. Но может оказаться и так, что для какой-то старой технологии m_i ($t_i < t_i$) полученное решение предлагает использовать имеющиеся мощности более чем на 100%. В обычном (невыврожденном) случае эта последняя технология единственна. Ею и следует заменить на отрезке $[t_i, t_{i+1}]$ выбранную ранее (неоптимальную) технологию m_{i_1} .

Тем самым решается упомянутая выше задача выбора оптимальных технологий каждый раз, когда появление новых технологических возможностей вынуждает нас принимать соответствующие решения. То же самое будет, очевидно, иметь место и при других линейных критериях оптимизации, например при максимизации (возможно, взвешенной по времени) функции $c(t)$ производства предметов потребления за рассматриваемый плановый период.

Заметим также, что наряду с задачей оптимизации выбора технических решений при новом строительстве описанная модель решает также задачу оптимизации использования ранее построенных мощностей.

Чтобы представить себе сложность и необычность описанной модели, рассмотрим ее более простые частные случаи. Из экономических соображений достаточно естественным представляется сужение класса функций, в котором ищутся функции загрузки мощностей λ и μ , а именно ограничим выбор классом функций $f(\tau, t)$ вида

$$f(\tau, t) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq \tau < a(t), \\ 1 & \text{при } i \geq \tau \geq a(t), \end{cases}$$

где $a(t)$ — некоторая неизвестная функция t , удовлетворяющая неравенству

$$0 \leq a(t) < t. \quad (10)$$

Этот выбор, очевидно, соответствует случаю, когда все мощности, созданные ранее какого-то временного порога $a(t) < t$, в момент t никогда

⁶ При малых скачках в точке разрыва эти функции можно аппроксимировать непрерывными функциями,

не используются, а созданные после этого срока используются на 100 % (24 часа в сутки). Функцию $a(t)$ можно считать неубывающей (закрытые мощности вновь не открываются для использования).

Для дальнейшего удобно ввести обозначения $x(t) + y(t) = m(t)$, $x(t) = \rho(t)m(t)$, $y(t) = (1 - \rho(t))m(t)$, где функция $m(t)$ неотрицательна, а значения функции $\rho(t)$ заключены между нулем и единицей. После этого уравнения (1) — (3) запишем следующим образом:

$$m(t) = \int_{a(t)}^t \alpha(\tau, t) \rho(\tau) m(\tau) d\tau, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t};$$

$$c(t) = \int_{a(t)}^t \beta(\tau) [1 - \rho(\tau)] m(\tau) d\tau, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t};$$

$$n(t)r(t) = \int_{a(t)}^t m(\tau) d\tau, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}.$$

Наконец, при дополнительных ограничениях $\rho = \text{const}$ и $n(t)r(t) = \text{const}$ полученные уравнения могут быть переписаны в виде

$$m(t) = \rho \int_{a(t)}^t \alpha(\tau, t) m(\tau) d\tau, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}, \quad (11)$$

$$c(t) = (1 - \rho) \int_{a(t)}^t \beta(\tau) m(\tau) d\tau, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}, \quad (12)$$

$$\frac{da}{dt} = \frac{m(t)}{m(a(t))}, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}. \quad (13)$$

Здесь $\alpha(\tau, t)$, $\beta(\tau)$ и $c(t)$ — известные функции; $m(t)$, $a(t)$ — неизвестные функции; ρ — неизвестная константа (значение ее заключено между нулем и единицей). Одна из возможных оптимизационных постановок этой упрощенной задачи для планового интервала $T = [\underline{t}, \bar{t}]$ состоит в нахождении максимума суммарного производства предметов потребления на интервале T :

$$\max_{\underline{t}} \int_{\underline{t}}^{\bar{t}} \left(\int_{a(t)}^t \beta(\tau) m(\tau) d\tau \right) dt$$

при условиях (10) — (12) неотрицательности функции $m(t)$ (все на интервале T) и ограничений $0 \leq \rho \leq 1$ для величины константы ρ .

Как видим, даже в упрощенной постановке задача приводит к системе условий, в которых наряду с интегральным уравнением необычного вида (с переменным нижним пределом) фигурирует дифференциально-разностное уравнение (13). Разумеется, что последнее уравнение можно заменить интегральным соотношением

$$\int_{a(t)}^t m(\tau) d\tau = nr = \text{const}, \quad \underline{t} \leq t \leq \bar{t}.$$

(Кибернетика. Вопросы теории и практики.—
М.: Наука, 1986)

Одной из наиболее важных научно-технических проблем нашего времени является проблема автоматизации не только физического, но и умственного труда человека.

Хотя сейчас, в чисто принципиальном плане, можно считать, что любой вид интеллектуального труда поддается автоматизации, в плане практическом далеко не безразлично, в каком порядке она будет осуществляться. Поскольку для достижения реальных практических результатов и автоматизации любого участка умственного труда нужно затратить немало усилий и преодолеть немало трудностей, эти усилия необходимо тратьте рационально, направляя их на решение наиболее актуальных и важных проблем. Такой проблемой является, несомненно, управление экономикой.

Уже при современном уровне развития материального производства рациональное (а тем более оптимальное) управление экономикой представляет собой задачу колоссальной трудности. В сфере учета и управления трудятся сейчас многие миллионы людей. По мере дальнейшего развития народного хозяйства задачи управления им будут еще более усложняться, и притом во все более убыстряющемся темпе.

Чтобы оценить степень сложности задач, возникающих при управлении экономикой, рассмотрим (в чрезвычайно упрощенном виде), например, задачу согласования плана материального производства с планом материально-технического снабжения.

Одно из существенных преимуществ планового социалистического хозяйства состоит в том, что система взаимных поставок между отдельными предприятиями строится на основе прямых, заранее планируемых связей и не нуждается в таком косвенном регуляторе, как рынок и рыночные цены. Благодаря этому производство может вестись при минимальном уровне омертвляемых товарных запасов, никогда не испытывая кризисов.

Возможность реализации указанного преимущества в полной мере зависит от уровня планирования. План должен быть составлен так, чтобы он предусматривал производство любого продукта точно в требуемом количестве, требуемой номенклатуре и в точно заданное время.

Предположим, что общее количество различных видов продуктов в самой детальной номенклатуре равно N , а общее количество предприятий, на которых производятся эти продукты, — P . Плановое задание должно определить для любого продукта i и для любого предприятия j количество x_{ij} продукта i , которое должно быть произведено на предприятии j за тот или иной фиксированный промежуток времени (скажем, за год).

Из общего числа NP неизвестных x_{ij} многие x_{ij} заведомо должны быть обращены в нуль исходя из специализации предприятий (нельзя производить подсолнечное масло на металлургическом заводе или тяжелые станки — на ткацкой фабрике). Число нетривиальных (априори, не равных нулю) неизвестных x_{ij} будет определяться произведением N_p , где p — среднее арифметическое от N чисел p_i , выражающих количество предприятий, способных производить один и тот же продукт ($i = 1, 2, \dots, N$).

Общее количество различных видов продуктов в достаточно детальной номенклатуре (учитывающей различия в размерах, типе, сортности и т. п.) исчисляется в современном хозяйстве многими сотнями тысяч наименований. Таким образом, суммарное число основных неизвестных плановых показателей x_{ij} будет порядка нескольких миллионов. Предположим, что продукт i употребляется при производстве некоторых других продуктов i_1, i_2, \dots, i_m [$m = m(i)$] в количествах $a(i_1), a(i_2), \dots, a(i_m)$ в расчете на одну условную единицу каждого из этих продуктов. Если к тому же задаю суммарное непроемленное потребление A_i продукта i (включая вывод его за пределы рассматриваемой системы), то должно быть обеспечено следующее соотношение (без учета накопления и ввода сырья):

$$\sum_{j=1}^p x_{ij} = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^p x_{i_k j} a(i_k) + A_i.$$

Выписывая подобное соотношение для всех продуктов i , мы получим систему уравнений, позволяющих осуществить необходимое согласование планов производства и материально-технического снабжения.

Если теперь задать величины A_i , характеризующие непроемленное потребление, а также коэффициенты $a(i)$, то задача сбалансирования материально-технического снабжения с производством сведется к решению выписанной системы линейных алгебраических уравнений. Эта система содержит, однако, миллионы (N_p) неизвестных и при обычных методах требует для своего решения нескольких квинтиллионов (10^{16}) арифметических операций. Правда, число необходимых операций может быть уменьшено за счет того, что в матрице коэффициентов рассматриваемой системы уравнений будет много нулей, а также, возможно, за счет применения более экономных методов решения (например, итерационных).

Не следует, однако, забывать, что мы сильно упростили подлежащую решению задачу. Действительно, и неспециалисту в области экономики ясно, что задачу согласования планов производства и материально-технического снабжения нужно решать в динамике, учитывая не только суммарное годовое производство любого продукта, но и распределение этого производства по отдельным месяцам и даже неделям. Иначе производство какого-нибудь продукта, необходимого в первом квартале, может оказаться запланированным на четвертый квартал и тем самым будут спутаны все плановые наметки. Во всяком реальном плане нужно учитывать также затраты на капитальное строительство, ограниченность ресурсов, динамику расширенного воспроизводства, транспортные расходы, соответствие между уровнем потребления и фондом зарплаты и многое другое.

Таким образом, несколько квинтиллионов арифметических операций, о которых шла речь выше, представляют собой не завышенную, а скорее даже заниженную оценку числа операций, необходимых для достаточно детализированных плановых расчетов в масштабе такой большой страны, как наша. Совершенно очевидно, что подобный объем рас-

четов не может быть выполнен вручную. Не могут сколько-нибудь существенно помочь здесь также настольно-клавишные вычислители, счетно-аналитические машины и любые другие механические вычислительные устройства. Такая задача по плечу лишь современным электронным цифровым машинам, причем не одной, а целой системе машин. Ведь при производительности одной машины 30 тыс. арифметических операций в секунду потребуется свыше миллиона машин, чтобы, работая на них в течение целого года, выполнить квинтиллион операций!

Число операций, необходимых для составления планов, можно, конечно, существенно уменьшить за счет резкого сокращения номенклатуры планируемых изделий. Однако при объединении родственных изделий в группы возникает опасность, что при сбалансированности потребностей в обобщенных показателях может обнаружиться нехватка тех или иных конкретных видов изделий. Суммарный объем производства труб, например, будет вполне достаточным, а труб какого-нибудь, определенного диаметра может при этом не хватать. Таким образом, возможности упрощения задачи планирования ограничиваются определенными пределами.

Возникшая трудность разрешима путем резкого увеличения производительности труда в системе плановых органов за счет оснащения их новейшей вычислительной техникой. Для этого необходимо создать единую государственную систему вычислительных центров для переработки плано-экономической информации. Основой для подобной системы может служить имеющаяся сеть машиносчетных станций при условии постепенного проведения ее коренного технического перевооружения.

Перед специалистами в области экономики, кибернетики и вычислительной математики стоит большая задача построения математических моделей управления экономикой, которые в наиболее полной степени использовали бы огромные преимущества, заложенные в социалистическом способе ведения хозяйства. Предстоит преодолеть немалые трудности в разработке эффективных методов решения задач большого объема способом объединения вычислительных машин в систему и т. п. Нужно привести в порядок нормативное хозяйство, создать научно обоснованную систему классификации материальных ресурсов, упорядочить систему учета и сбора первичных данных.

Было бы, однако, большой ошибкой думать, что до решения этих проблем нельзя приступать к созданию единой государственной автоматизированной системы переработки плано-экономической информации. Дело в том, что основные ячейки такой системы — плано-экономические вычислительные центры — еще до их объединения могут принести огромную пользу, решая частные плано-экономические задачи. В настоящее время имеется уже довольно много разработанных и испытанных на практике программ для решения различных задач экономического характера; повсеместное внедрение этих программ может дать большой народнохозяйственный эффект.

Прежде всего надо сослаться на опыт решения так называемых транспортных задач. Академия наук Украинской ССР, например, проводит фактические расчеты для составления оптимальных планов перевозок по железным дорогам, а также по водным и автомобильным путям. Разработанная институтом совместно с транспортными организациями методика оптимального планирования автомобильных перевозок внедрена в некоторых крупных городах Украины и уже дала немалую экономическую выгоду. Аналогичные работы с успехом проводились Вычислительным центром Академии наук СССР и рядом других научных коллективов.

В этом году Институт кибернетики совместно с Госпланом УССР осуществляет расчеты планов материально-технического снабжения по ряду дефицитных изделий. При этом впервые организовано взаимодействие между заводскими машиносчетными станциями и Вычислительным центром Академии наук УССР. Довольно быстрыми темпами начинают внедряться методы оптимального внутризаводского планирования.

Вопрос о внутризаводском планировании заслуживает особого внимания. Именно на предприятиях возникает исходная информация, необходимая для нормального функционирования централизованной системы планово-экономических вычислительных центров. В настоящее время назрела настоятельная необходимость в разработке и передаче в серийное производство нескольких унифицированных типов систем автоматизации внутризаводского учета и планирования. Подобные системы должны состоять из центральной электронной вычислительной машины, связанной со специальными устройствами для ввода информации в местах первичного учета. Над созданием одной из таких систем, предназначенной для Львовского телевизионного завода, работает в настоящее время Институт кибернетики.

Разумеется, наличие специальных вводных устройств не должно исключать организации сбора информации посредством перфокарт. С этой целью следует наладить массовый выпуск дешевых настольных перфораторов и произвести унификацию системы кодирования информации на перфокартах.

Циркуляция информации в централизованной системе планово-экономических вычислительных центров должна, как правило, осуществляться с помощью современных линий связи. Однако (особенно в начальном периоде работы системы) вполне допустим и прямой обмен перфокартами.

Централизованная система сбора и обработки информации должна быть достаточно гибкой, чтобы иметь возможность быстро приспособляться к изменению организационных форм управления экономикой, неизбежному по мере дальнейшего увеличения масштабов производства. Для этого входящие в систему вычислительные центры должны быть не только производственными, но и научно-исследовательскими организациями, способными решать задачи непрерывного совершенствования системы управления народным хозяйством.

Самая передовая в мире советская экономика должна иметь и непременно будет иметь наиболее совершенную, высокоэффективную автоматизированную систему учета и управления.

РАЗДЕЛ 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСУ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

(Проблемы научной организации управления
социалистической промышленностью. — М.:
Экономика, 1968)

Электронные вычислительные машины представляют собой могучее средство новышения производительности умственного труда в целом ряде областей человеческой деятельности. Общеизвестны успехи, которых добились советские ученые в применении ЭВМ для решения сложных научных и инженерно-конструкторских задач. За последние годы наметились существенные сдвиги в разработке и внедрении ЭВМ для управления технологическими процессами. Целый ряд научных коллективов приобрел известный опыт в решении на ЭВМ планово-экономических задач.

Задачи планирования — это, по существу, сложные многовариантные задачи, решение которых может быть успешно проведено только с помощью математических методов и ЭВМ. Последние охватывают при решении огромное количество данных, связанных воедино, казалось бы, самые сложные стороны экономической деятельности, в короткие сроки просчитывают огромное количество вариантов и выбирают наилучший или в крайнем случае близкий к наилучшему вариант, но этот вариант всегда оказывается намного более эффективным, чем тот, который выбирает человек.

Это понятно, ведь возможности человеческого мозга и вообще человеческих коллективов по переработке информации так же ограничены, как и физические возможности человека. Никто сейчас не станет требовать от человека или от нескольких человек собственными мускульными усилиями двигать железнодорожный состав. Вместе с тем решать задачу, например, прикрепления сотен поставщиков к тысячам потребителей требуется. И такие задачи мы пока что ставим коллективам плановых работников. Здесь есть одно существенное отличие: отдельный человек или несколько человек просто не сдвинут с места железнодорожный состав, но вот найти один вариант решения задачи прикрепления поставщиков к потребителям в приемлемые сроки несколько человек все-таки могут. Правда, этот вариант далеко не самый лучший. Опыт показывает, что в реальных задачах он на 10—15 % хуже оптимального или варианта, полученного на ЭВМ. А это и говорит о том, что за счет такого рода потерь (или, как у нас принято выражаться, «скрытых резервов») происходит далеко не самое рациональное использование материальных и трудовых ресурсов.

Выполнение всех необходимых расчетов для решения задачи рационального прикрепления поставщиков к потребителям, определение наиболее выгодных маршрутов перевозок массовых грузов при современных масштабах уже сегодня превосходит возможности человека. Иное дело — ЭВМ. Ведь даже довольно медленная по современным понятиям машина,

выполняющая «всего лишь» 20 тыс. арифметических операций в секунду, производит вычисления в миллион раз быстрее, чем человек. Используя свое преимущество в скорости, машины быстро находят наилучшие (так называемые оптимальные) планы перевозок. О получаемом эффекте свидетельствует, например, такой факт. Впервые оптимального плана перевозок лишь одного вида грузов (топливного мазута) в условиях Советского Союза позволяет экономить свыше 10 млн. руб. в год.

Эта задача решалась Институтом кибернетики АН УССР. Ряд задач транспортных перевозок, решенных Институтом кибернетики совместно с отделами Госплана УССР и рядом транспортных организаций, также приводит к значительной экономии.

Еще больший эффект получается в том случае, когда учитываются не только транспортные расходы, но и рациональное размещение производства, специализация предприятий. Характерной в этом отношении является задача оптимальной загрузки прокатных станов: при излишней специализации возрастают транспортные расходы, при недостаточной — производственные.

Задача оптимальной загрузки прокатных станов решалась нашим институтом совместно с Харьковским институтом ВНИИчермет и Союзглавметаллом. Поскольку в этом случае мы имеем дело с проблемой большой сложности, то экономический эффект еще более значителен.

Стало уже общепринятым мнением, что в сложных задачах планирования и управления, решаемых с помощью математических методов и ЭВМ, экономический эффект достигает примерно 10—15 %. Помимо перечисленных выше задач достаточно назвать задачи проектирования протяженных объектов (дорог, трубопроводов, линий электропередач), планирования и организации работы предприятий и отдельных участков, выбора программ предприятий, расчета потребностей в тракторах и использовании машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий, расчета оптимальных кормовых смесей. Множество задач, решаемых у нас в институте совместно с другими организациями, такими, как Министерство автомобильных и шоссежных дорог, Министерство электростанций УССР, завод «Арсенал» им. В. И. Ленина, Киевский мотоциклетный завод, Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства и другими убеждает нас в том, что чем более сложные задачи мы решаем, тем больший экономический эффект получаем. При этом подчеркнем, что сложными оказываются не только задачи, например, составления отдельных разделов государственного плана республики, но даже такие задачи, как определение смежных заданий производственных участков предприятий.

Нетрудно подсчитать, что если бы все задачи решались у нас оптимальными методами, если процент экономии от решения всех задач будет примерно таким же, как и от решенных (а есть все основания считать, что для глобальных задач он будет значительно большим), то наша страна получит объективные возможности значительно увеличить темпы экономического роста. Однако, чтобы достигнуть такого положения, необходимо еще очень много сделать. Понятно, переход на оптимальное планирование и управление потребует резкого увеличения вычислительных работ. Ориентировочные подсчеты, выполненные в центральном экономико-математическом Институте АН СССР и Институте кибернетики АН УССР, показывают, что для оптимального планирования и управления всем нашим народным хозяйством требуется выполнять ежегодно не менее 10^{16} арифметических операций над многозначными числами. Для

того чтобы ощутить всю грандиозность этой цифры, достаточно напомнить, что при обычных (не автоматизированных) методах счета 10 млн. человек смогут выполнить за год не более чем 10^{12} операций такого рода. Иначе говоря, для перехода на оптимальные методы планирования и управления пропускная способность нынешнего управленческого аппарата должна быть повышена не менее чем в 10 тыс. раз!

Ясно, что решение подобной задачи по плечу только автоматизированной системе, состоящей из нескольких тысяч быстродействующих электронных вычислительных машин. Однако было бы большой ошибкой думать, что дело сводится лишь к тому, чтобы произвести и установить необходимое количество вычислительных машин. Речь идет о создании автоматизированных систем управления, гибко соединяющих возможности электронной вычислительной техники и математики с работой планово-управленческого аппарата, экономической и социальной сторонами развития процессов производства и потребления. И, надо сказать, в такой системе электронная вычислительная машина представляет отнюдь не самую главную часть. Эти выводы подтверждаются, в частности, значительным опытом работы Госплана республики, проводимой совместно с Институтом кибернетики Академии наук УССР и другими учреждениями по организации решения планово-экономических задач на ЭВМ.

В последние годы у нас в стране и за рубежом стали широко применяться новые эффективные средства планирования и управления крупными разработками, создания сложных агрегатов, строительства капитальных сооружений — сетевые методы планирования и управления.

Одни из первых опытов применения сетевых методов планирования и управления у нас в стране были начаты в 1964 г. на Украине совместно Институтом кибернетики Академии наук УССР, Научно-исследовательским институтом строительного производства Госстроя УССР, трестом Южэнергостроя и комбинатом Лисичанскхимстрой. Этими организациями были составлены сетевые графики на строительство ряда объектов Бурштынской электростанции и строительство комплекса мочевины Лисичанского химкомбината, в которых определена вариантная увязка последовательности работ, возможных способов и сроков их выполнения.

На протяжении нескольких месяцев осуществлялся эксперимент по управлению этими стройками с помощью сетевых методов. Ежедневно со строек по телетайпу в Институт кибернетики АН УССР поступала информация о ходе реального выполнения работ, соответствующих позициям сетевого графика. Эта информация обрабатывалась на ЭВМ, в результате чего выявлялись «узкие места» в строительстве и резервы, использованные для развязки напряженных участков. В тот же день результаты многовариантных расчетов на ЭВМ передавались по телетайпу на стройки. Эти данные использовались руководителями строек, которые совместно со специалистами Института строительного производства и руководителями отдельных участков строительства оперативно разрабатывали мероприятия, обеспечивающие на очередную декаду наиболее рациональный ход строительства.

Такая система позволяет сосредоточить внимание строителей и организаций, обеспечивающих строительство материалами, механизмами и оборудованием, на конкретных, наиболее критических работах, от которых действительно зависит осуществление всего комплекса работ. Поскольку же информация о ходе работ подготавливается непосредственно исполнителями, эта система эффективно использует знания, опыт и осведомленность всего коллектива, осуществляющего строительство.

Практическое применение этого метода позволило строителям Лисичанского химкомбината и Бурштынской ГРЭС значительно уменьшить намечившееся отставание в строительстве и окончить строительство объектов, охваченных сетевыми методами, в заданные рекордные сроки.

Весьма эффективным оказалось внедрение организацией Мостострой № 1 совместно с Научно-исследовательским институтом сетевого планирования Госстроя УССР и Институтом кибернетики АН УССР сетевых методов на строительстве моста метрополитена через Днепр.

В настоящее время в республике внедряются системы сетевого планирования и управления на многих важных объектах промышленного строительства. Госстрой УССР провел в этом направлении большую организационную и методическую работу.

Сетевые методы планирования и управления внедряются не только на строительстве крупных сооружений. Имеются успешные опыты их применения в создании уникальных станков и оборудования, в планировании научных разработок, в проведении крупных ремонтов и оргтехмероприятий в кораблестроении.

Однако следует заведомо предупредить, что сетевые методы — это лишь одно из эффективных средств планирования и управления, лишь первые шаги на пути широкого внедрения математических методов и электронной вычислительной техники в экономику. Маркс говорил, что наука только тогда становится подлинно наукой, когда ей удается пользоваться математикой. Экономика в настоящее время переживает этап математизации. Безусловно, этим мы обязаны в первую очередь развитию кибернетики и электронной вычислительной техники.

Сетевые методы планирования и управления дают нам образец автоматизированной системы. Особенностью этой системы, определяющей простоту ее внедрения в практику, является то, что она может быть внедрена относительно простыми средствами. Для этого необходимо иметь в руководстве группу энтузиастов, наладить передачу в ЭВМ сравнительно просто записываемой информации и иметь серийно выпускаемую ЭВМ в одной из организаций, которая могла бы предоставить время для решения задачи анализа сетевых графиков. В то же время сетевые методы в их нынешнем виде, конечно, не охватывают всех многообразных задач управления народным хозяйством.

Сетевые методы сейчас претерпевают изменения в сторону своего усложнения и расширения применимости. Проведенные в последние годы разработки вплотную сомкнули сетевые методы с производственным календарным планированием. Разрабатываются методы решения задач составления сетевых графиков при ограниченных ресурсах, решаются так называемые задачи многосетевого планирования, когда требуется распределить несколько заказов на одном и том же оборудовании. Решение этих задач уже невозможно выполнить без ЭВМ, но, что еще более важно, информация, необходимая для решения этих задач, так огромна, что уже нужны не просто ЭВМ, а комплексные системы управления, где сетевые методы планирования и управления являют только небольшой частью, а в основном система занята учетом, сбором данных, решением различных финансово-бухгалтерских задач, задач материально-технического снабжения и т. д.

В отличие от научных и инженерно-конструкторских задач экономические задачи предъявляют большие требования не только к самым вычислительным машинам, но и к ряду дополнительных устройств, необходимых для подготовки первичных и окончательного оформления

заключительных документов. Без такого рода устройств, без учета потребностей всех звеньев системы (а не одной лишь ее вычислительной части) попытка использования электронной вычислительной машины для автоматизации управленческой работы не только не уменьшит, а даже увеличит управленческий персонал.

В самом деле, для работы в системе управления ЭВМ должна обеспечиваться необходимая информация, поступающая из системы первичного учета. Однако формы первичных учетных документов, обычно применяемые на производстве, не приспособлены для непосредственного ввода в машину. Машина должна иметь дело с информацией в специально подготовленном виде (на перфорированных картах, лентах и т. п.). Поэтому при использовании машины без радикального изменения системы первичного учета возникает необходимость в большом дополнительном штате перфораторщиков, переводящих первичные документы в форму, доступную для машины. Не говоря уже о дополнительном штате, это приводит к увеличению возможности ошибок и к задержке в цепях управления.

Можно, однако, так изменить форму первичного учета, чтобы полностью устранить необходимость последующей ручной переработки первичных документов. Мировая практика знает много различных способов решения этой задачи. Можно, например, принять в качестве единственного первичного документа перфокарту. С этой целью достаточно снабдить аппарат первичного учета дешевыми перфораторами. Употребляется и другая система, когда учетчик делает пометки специальным карандашом на перфокарте, а пробивка перфокарт осуществляется по этим пометкам автоматически на специальной машине.

Можно осуществлять дублирование первичного документа непосредственно в момент его изготовления. Такое дублирование может быть выполнено на специальных пишущих машинках (флексорайтерах), осуществляющих одновременно с печатью пробивку отверстий на ленте. Можно заменить пишущую машинку телетайпом, соединив его с вычислительной машиной так, чтобы одновременно с печатанием документа автоматически осуществлялся его ввод в вычислительную машину. Используются также первичные документы, напечатанные специальным стилизованным шрифтом, записи с помощью магнитных чернил на специальных бланках.

Аналогичная проблема возникает не только на входе, но и на выходе машины, поскольку результатом работы автоматизированной системы обработки данных в случае административно-экономического управления должны быть те или иные документы: ведомости, чеки, письма, отчеты и т. п.

Предположим, например, что мы осуществили автоматизацию расчетов заработной платы. Если при этом машина выдает лишь голую колонку цифр и не может отпечатать автоматически готовую ведомость на получение заработной платы, то факт автоматизации может быть практически сведен к нулю, поскольку неавтоматизированным остается один из наиболее трудоемких участков работы.

В нашей стране создан и успешно работает целый ряд систем управления производственными процессами в химии, металлургии и других отраслях промышленности. Создаются новые, более высокопроизводительные управляющие машины, дающие возможность иметь достаточно сложные и эффективные иерархические системы управления. В такого рода системах различаются машины нижнего и верхнего уровней. В качестве машин нижнего уровня выбираются относительно простые высоконадежные машины, основная задача которых — работа с объектом

управления в истинном масштабе времени. Каждая из них способна заменить несколько десятков и даже сотен автоматических регуляторов (простых и экспериментальных). Машина высшего уровня — это мощная и более сложной конструкции машина, снабженная системой мультипрограммирования, прерывания программ и мощной системой математического обеспечения. Обслуживая до нескольких десятков машин нижнего уровня, она осуществляет в основном оптимизированные расчеты, планирование и организацию работы всей системы в целом.

При ступенчатой, иерархической организации систем управления технологическими процессами создается естественный переход от этих систем к системам управления предприятиями в организационно-техническом и экономическом плане. Системы этого последнего вида являются одним из наиболее перспективных направлений использования ЭВМ в народном хозяйстве. Их перспективность обуславливается двумя обстоятельствами. Во-первых, как показывает опыт, системы организационно-технического управления предприятиями дают большой экономический эффект. Во-вторых, разнообразие форм организационно-технического управления гораздо меньше, чем разнообразие технологических процессов. Это обстоятельство позволяет с помощью относительно небольшого количества (порядка 20) типов систем управления осуществить полную автоматизацию управления (в организационно-техническом плане) на уровне отдельных предприятий и производственных объединений.

Институт кибернетики АН УССР совместно с рядом организаций уже создает автоматизированные системы планирования и управления на базе вычислительной техники. Закончены работы по созданию автоматизированной системы управления на Львовском телевизионном заводе (система «Львов»). Она основана на принципах, отличных от сетевых методов планирования и управления; предназначена для комплексного решения задач, определения оптимального режима работы предприятия, обеспечения рационального уровня незавершенного производства, расчета наилучших, с точки зрения общей себестоимости продукции и обеспечения ритмичности производства, партий изготовления деталей; решает задачи календарно-производственного планирования и оперативного регулирования производства, материально-технического снабжения и обеспечения рациональных уровней запасов материалов и покупных изделий, а также решает основные задачи бухгалтерского учета и анализа хозяйственной деятельности предприятия.

Для этого на Львовском телевизионном заводе установлена ЭВМ «Минск-2», доукомплектованная различными устройствами ввода и вывода информации, блоками обеспечения одновременного решения нескольких задач, а также другими устройствами, которые пока что нашей промышленностью серийно не выпускаются.

Система «Львов» разрабатывается как опытная, и на ее основе впоследствии могут быть созданы типовые системы управления предприятий.

При обеспечении условий ускоренного производства подобных систем за 8—10 лет можно было бы добиться такого положения, когда каждое крупное и среднее предприятие республики было бы охвачено автоматизированной системой управления. Однако этот процесс совершенствования технологии управления у нас в стране сдерживается чисто субъективными факторами.

Многочисленные конструкторские и производственные коллективы, занятые разработкой и изготовлением электронных вычислительных машин, фактически не несут никакой ответственности за эффективное исполь-

зоваппе выпущенной ими техники. В результате важнейшее дело построения на основе приобретаемых заказчиками вычислительных машин систем обработки данных пущено на самотек. Каждый потребитель кустарным порядком дооборудовывает имеющиеся у него вычислительные машины различного рода дополнительными устройствами, изобретает свои формы ведения первичного учета, составляет программы обработки данных в машине и т. д. Легко понять, что в таких условиях ни о каком планомерном внедрении и эффективном использовании вычислительной техники не может быть и речи.

Фактически безответственность заводов-изготовителей перед потребителями приводит к тому, что у серийно выпускаемых у нас вычислительных машин чрезвычайно низкое качество ряда важнейших блоков (магнитные ленты, устройства ввода/вывода), которые имеют определяющее значение с точки зрения возможности использования этих машин в системах автоматизации управленческого труда. Систематизация разрабатываемых в различных местах для однотипных машин программ фактически не производится, а влияние этих разработок на процесс дальнейшего совершенствования выпускаемых машин неоправданно затруднено.

Для исправления создавшегося положения необходимо продолжить создание на базе ряда существующих заводов и конструкторских бюро научно-производственных объединений (подобных тем, которые организованы в некоторых городах), осуществляющих разработку, изготовление, установку и запуск в эксплуатацию систем обработки данных для целей автоматизации управленческого труда и несущих полную ответственность перед потребителями за надежную работу установленных систем. Аналогичные объединения целесообразно, по-видимому, организовать также для выпуска АСУТП. Производственный план для таких объединений должен определяться не числом выпущенных вычислительных машин и другого вспомогательного оборудования, а числом запущенных в эффективную эксплуатацию систем обработки данных. Целесообразно иметь несколько объединений такого рода, специализированных по типам автоматизированных объектов (крупный завод, группа мелких предприятий, торговая сеть и т. п.). Работа всех этих объединений должна координироваться в направлении создания государственной сети вычислительных центров по переработке плано-экономической информации. Проект создания такого объединения на Украине уже подготовлен и передан в соответствующие инстанции.

Следует заметить, что создание научно-производственных объединений по разработке, изготовлению и эксплуатации систем обработки данных решает лишь одну, хотя и первоочередную, задачу на пути широкого развертывания автоматизации управленческого труда, быстрого и эффективного внедрения электронной вычислительной техники в сферу планирования и управления экономикой. Имеется еще ряд проблем как научно-методического, так и организационного характера, которые предстоит здесь решить. Наиболее важная из этих проблем — создание принципов построения единой общегосударственной системы сбора и переработки плано-экономической информации, обеспечивающей органическое слияние функций учета с функциями планирования и управления.

В нашей стране была создана достаточно эффективная для своего времени система общегосударственного учета, руководимая ЦСУ СССР. Эта система играет важную роль в жизни страны, вместе с тем нельзя не видеть, что ее возможности вступают в противоречие с возросшими запросами наших плановых и оперативных органов. Недостатки нынешней си-

стемы учета определяются прежде всего слабостью ее технической базы и вытекающей отсюда малой пропускной способностью системы и недостаточной оперативностью.

В нынешнем ее виде система ЦСУ оборудована в основном электро-механическими счетно-аналитическими машинами, обладающими крайне низкой по сравнению с электронными цифровыми машинами производительностью. В результате основная тяжесть работы неизбежно ложится на аппарат первичного учета. Работники предприятий и учреждений помимо обычных оперативных документов вынуждены отрывать время на составление различного рода сводок и форм отчетности. В этих условиях всякое увеличение первичной отчетности ложится тяжелым грузом на управленческий аппарат предприятий, отвлекая большое число людей от выполнения их прямых обязанностей по руководству производством.

Между тем быстрый рост нашего народного хозяйства и увеличение сложности задач управления требуют несравненно более подробной оперативной информации о положении дел на местах. Сводки ЦСУ, как правило, такой информации не дают. В результате каждый управленческий орган вынужден в какой-то мере создавать свою собственную информационную систему, параллельную системе ЦСУ. Ограничение письменной отчетности приводит к тому, что информацию начинают собирать с помощью телефонных разговоров, вызовов работников с мест и т. д. Подобные методы не решают задачу сбора информации, необходимой для оптимального планирования и управления.

Все, кто занимался вопросами оптимизации планирования и управления с помощью ЭВМ, знают, как трудно получить, например, объективные данные о нормативах расходования материалов в тех разрезах, которые необходимы для решения задач оптимизации. Не говоря уже о задачах оптимального планирования, всякий раз, когда перед плановыми и оперативными органами встает какая-нибудь новая проблема, они не могут, как правило, быстро получить необходимые им исходные данные.

Общезвестно также, что в результате отсутствия должной информации зачастую создаются мнимые дефициты в материально-техническом снабжении, когда необходимые материалы или оборудование, имеющееся в достаточном количестве и не используемое в тех или иных местах, отсутствует в нужном месте.

В качестве примера можно привести задачу рационального размещения предприятий по производству удобрений, которая не решена из-за отсутствия необходимых данных о нормах расходования удобрений в различных районах страны.

Все эти факты убедительно свидетельствуют о том, что существующая система учета нуждается в изменениях и совершенствованиях. На первый взгляд решение этой задачи потребует резкого увеличения потока первичной информации, а следовательно, и увеличения загрузки аппарата на местах, что, конечно, было бы совершенно неприемлемо. Однако, к счастью, положение далеко не так безнадежно, как представляется на первый взгляд. Действительно, базируясь лишь на одной счетно-перфорационной технике, обойти указанное препятствие практически невозможно. Однако положение решительным образом меняется, когда мы переходим к электронным машинам, организованным в современные системы обработки данных.

Одно из преимуществ ЭВМ по сравнению со счетно-перфорационными состоит в том, что они позволяют относительно просто организовать

экономное запоминание и хранение больших массивов информации. Разумеется, для этой цели машины должны снабжаться развитой сетью так называемых внешних запоминающих устройств и специальным хранилищем для магнитных лент, дисков и других носителей информации, допускающих относительно быструю выборку требуемых информационных блоков. Имея такие устройства, можно организовать одним из способов, о которых говорилось выше, накопление в машине информации, рождающейся в процессе текущей работы. Вся же обработка информации, ее группировка в соответствии с принятыми формами учета и изготовление необходимых учетных документов производится автоматически самой машиной.

Чтобы понять выгоду, получаемую при такой организации учета, рассмотрим учет кадров. В настоящее время, помимо обычного текущего учета изменений кадрового состава предприятия, периодически должны составляться те или иные сводные таблицы, являющиеся для системы государственного учета первичными документами. Эти документы составляются непроизводительным ручным способом. Ручной труд необходим и тогда, когда соответствующий первичный документ на машинно-счетной станции переводится на перфокарту.

Лишь после этого начинается собственно машинная обработка полученных перфокарт. При этом из-за ограниченных возможностей счетно-перфорационных машин эта обработка сводится в основном к объединению данных, содержащихся в первичных документах, в суммарные сводки по области, республике или по всей стране в целом. В случае необходимости получения сведений, не предусмотренных формами первичного учета, приходится каждый раз снова тревожить людей на местах, заставляя их заполнять новые учетные формы. Более того, даже те данные, которые можно было бы извлечь из имеющейся на первичных перфокартах информации, далеко не всегда удается получить без пробивки новых перфокарт. Виной здесь служат как ограниченные возможности перфорационных машин, так и трудности организации хранения (с возможностью быстрой выборки) больших массивов информации на перфокартах.

Представим теперь, что тем или иным способом (через перфокарты, телетайпы, записи стилизованными шрифтами и т. п.) мы организуем запись на магнитные ленты ЭВМ всех изменений в кадровом составе всякий раз, когда такие изменения происходят. Понятно, что фиксация всех таких изменений так или иначе входит в обязанности кадровика независимо от того, должен или не должен он сообщить те или иные сведения в систему общегосударственного учета. Как только работа организована таким образом, вычислительная машина будет всякий раз располагать всей той информацией, которой обладает кадровик. Любые разрезы, выборки, объединения, группировки по запросам любых вышестоящих органов могут теперь быть сделаны машиной автоматически.

Общий эффект получается таким, что готовность системы учета ответить на любой вопрос руководящих органов неизмеримо повышается и в то же время управленческий персонал на местах не отвлекается ни на минуту от своей обычной оперативной работы для выдачи тех или иных справок.

Современная техника позволяет, соединяя вычислительные машины линиями связи, осуществлять автоматический обмен информацией между ними. Нетрудно представить теперь себе государственную информационно-учетную систему, состоящую из вычислительных центров различных уровней, соединенных между собой каналами связи. Вычислительный

центр нижнего уровня накапливает всю информацию, рождающуюся в процессе оперативной работы обслуживаемого им крупного предприятия или группы мелких предприятий. Он связан с вычислительным центром вышестоящей организации, который автоматически отбирает, обобщает и накапливает информацию, касающуюся подведомственной ему группы предприятий. В свою очередь этот вычислительный центр связан с вычислительным центром высшей инстанции и т. д.

При наличии подобной организации учетно-информационной системы любой хозяйственный или государственный орган мог бы получить за несколько часов или даже минут любую требуемую справку о состоянии дел в промышленности, сельском хозяйстве, торговле и т. п. При этом соответствующие органы получили бы лишь ту информацию, которая им действительно требуется. И, что самое важное, получение любой требуемой информации не было бы связано с необходимостью отрывать от работы управленческий персонал и он мог бы быть сведен при этом к минимуму, поскольку отпала бы необходимость в составлении различного рода сводок во всех звеньях хозяйственного аппарата, отвлекающего сейчас значительные людские ресурсы.

Еще более важным является то, что подобная информационно-учетная система, основанная на использовании высокопроизводительных электронных цифровых машин, могла бы осуществлять не только учет и выдачу разного рода справок, но и производить оптимальное планирование и управление экономикой, находя по заданию соответствующих органов на основании накопленной в ней информации выбор наилучших вариантов развития нашего народного хозяйства. Подобные функции принципиально невозможны для информационно-учетной системы, основанной на использовании перфорационных (счетно-аналитических) машин, так как эти машины имеют низкую производительность и недостаточны универсальны.

Что же касается системы, основанной на ЭВМ, то для нее по ориентировочным подсчетам потребуется около 20 тыс. машин, основная масса которых (имеющих производительность в несколько десятков тысяч операций в секунду каждая) пойдет на оснащение низовых вычислительных центров. Напомним, что США располагает в настоящее время парком более чем 30 тыс. электронных вычислительных машин. Потребуется также несколько сот машин высокой производительности (миллион операций в секунду), которые должны быть сосредоточены в специальных опорных вычислительных центрах.

Преимущества и огромный экономический эффект подобной системы очевидны. Однако для ее фактического создания предстоит выполнить большой объем работы. При этом низовые звенья системы могут создаваться до известной степени самостоятельно и давать эффект независимо от ввода в действие всей системы в целом. Пробраз такого низового информационно-вычислительного центра создан на Львовском телевизионном заводе силами Института кибернетики АН УССР в рамках системы «Львов», о которой говорилось выше.

(Будущее науки.— 1971.— Вып. 4)

Дать характеристику всех направленных работ в области ЭВМ и систем управления в небольшой статье невозможно, поэтому я сосредоточу внимание на двух основных вопросах — развитии универсальных электронных вычислительных машин и применении их для автоматизации и обработки информации в некоторых важнейших областях промышленности и народного хозяйства.

Когда говорят о техническом прогрессе в области ЭВМ, то обычно выделяют их поколения. Трудно точно датировать смену поколений, потому что в разных странах этот процесс проходит по-разному. Однако сейчас все большее число ученых и конструкторов склоняется к мысли, что средний период обновления электронной вычислительной техники составляет пять лет. С учетом этого замечания можно ориентировочно разбить поколения ЭВМ по годам следующим образом: до 1955 г. — предистория электронной вычислительной техники; 1955—1960 гг. — время первого поколения ЭВМ; 1960—1965 гг. — второго поколения; 1965—1970 гг. — третьего поколения машин. Следовательно, сейчас совершается переход к четвертому поколению.

В чем состоят различия между этими поколениями?

В основе различия поколений ЭВМ лежит прежде всего их элементная база. Машины первого поколения в качестве элементной базы имели электронные лампы; второго — строились на базе полупроводниковой техники: транзисторах, диодах и т. д.; третьего — созданы на базе микроэлектроники, с относительно малой степенью интеграции. Четвертое поколение отличается существенно более высокой степенью интеграции. На нем я останавлиюсь подробнее, поскольку это направление современного научно-технического прогресса.

Что дает переход от транзисторов к микроэлектронике? Прежде всего уменьшение габаритов, что позволяет каждый раз увеличивать рабочую частоту и, следовательно, быстродействие ЭВМ. Увеличивается надежность, и в перспективе достигается дешевизна машин, поскольку интегральные схемы позволяют широко автоматизировать их изготовление.

Если говорить в общем об универсальных ЭВМ, то, несмотря на всю важность микроэлектроники, это отличие машин третьего поколения является не только не единственным, но, может быть, и не самым главным. Дело заключается в том, что современные машины состоят из многих блоков, а переход к микроэлектронике уменьшает габариты в основном лишь центральных процессоров.

Чем же отличаются машины третьего поколения в глобальном аспекте? Тут можно указать следующие основные отличия.

Прежде всего электронные машины третьего поколения оперируют с произвольной буквенно-цифровой информацией; фактически в них соединились два направления предыдущих поколений машин — машин для

делового, коммерческого применения (обработки алфавитной информации) и машины для научных применений (обработки числовой информации). Возникло специальное понятие — байт. Байт — это единица информации внутри машины, которая представляет собой лишь две десятичные цифры либо один алфавитный символ — букву того или иного алфавита, включая различные знаки и символы. В соответствии с этим изменилась система команд машины. Помимо традиционной арифметической команды появилось большое количество команд для оперирования с алфавитной информацией.

Второе чрезвычайно важное отличие — изменение структурной схемы машин. Все устройства машины первого поколения и частично второго работали последовательно.

Современные машины третьего поколения обладают возможностью параллельной работы устройств. Такая структурная схема отличается от традиционной прежде всего наличием каналов, управляемых периферийно-коммуникационным процессором. Благодаря этому машина может одновременно выполнять многие операции для очередной задачи с магнитной ленты или магнитного диска, выводить информацию для соответствующего устройства, осуществлять ввод информации, работу с удаленными потребителями через линию связи на пультах и т. д. Эта параллельная работа сильно повышает производительность, что особенно важно для построения автоматизированных систем.

Параллельная работа различных устройств машины обеспечивается переходом на мультипрограммный режим. Если работает одна программа, для которой есть все данные в оперативной памяти, то в это время вторая программа может, например, осуществлять ввод информации с удаленного пульта по линии связи. Одновременно в машине находится 16—32 программы, т. е. она работает с большим количеством задач.

Еще одна особенность заключается в так называемом разделении времени. Это означает, что имеются удаленные пульта (часть из них может быть рядом с машиной, а часть — в другом городе или даже в другой стране), с помощью которых человек по линии связи может осуществлять контакт с машиной. При этом возможна одновременная работа многих людей таким образом, что любому из них кажется, что он один загружает машину, хотя в таком положении находятся все пользующиеся ЭВМ.

Для осуществления параллельной работы устройств необходимо, чтобы помимо обычных программ машины была еще так называемая операционная система, которая обеспечивала бы работу всей сложной системы в комплексе, в связи с чем в машинах третьего поколения сильно повысилась роль математического обеспечения. В настоящее время в ряде машин стоимость математического обеспечения составляет более 50 % стоимости самой машины.

Существенную часть математического обеспечения составляют трансляторы. Внутренний язык машины довольно сложен для неподготовленных потребителей. Пока потребителями были главным образом математики, такое положение в основном устраивало, но когда машины стали применяться для таких процессов, как автоматизация проектирования, круг их применения значительно расширился. Внедрять электронно-вычислительную технику стало сложнее, поэтому разрабатываются языки, удобные для общения, так называемые «входные языки» машины, отличающиеся от языков обработки внутренней информации машины. Необходимо было разрабатывать трансляторы, которые переводят подаваемую информацию с внешнего на внутренний язык машины.

Языки ЭВМ второго поколения обеспечивали решение научных задач малой и средней сложности, но они совершенно непригодны для использования всех возможностей, предоставляемых машинами третьего поколения. Поэтому появились языки машины третьего поколения: «Симула-67», «ПЛ-1» и «Алгол-68». Они отличаются от традиционных языков машины второго поколения тем, что обладают средствами для описания параллельных процессов и в них заложены основы для саморазвития языков: их можно усложнять дальше, не меняя ядро транслятора, добавлять новые понятия. Кроме того, в них объединяются черты различных языков ЭВМ второго поколения, ориентированных на решение научных и коммерческих задач.

Очень важной особенностью машины третьего поколения является осуществление стандартного сопряжения центрального процесса с периферийным оборудованием. Раньше машины фактически сопрягались только с теми магнитными лентами и другим периферийным оборудованием, которое разрабатывалось специально для данной машины. Это примерно выглядит так, как если бы в сельскохозяйственном машиностроении выпускался трактор, работающий не с любым плугом, а только с плугом, специально для него разработанным.

Такое положение было в первом и втором поколениях машин. В настоящее время оно существенно изменилось. Дело в том, что входной канал имеет стандартные системы связи и кодирования информации и к нему можно присоединить любое периферийное устройство машины третьего и четвертого поколений. Это достигается тем, что в машинах имеется специальное устройство, управляющее группами периферийных устройств, которые преобразуют информацию в стандартную форму. В машинах четвертого поколения стандартизация будет доведена до такой степени, что к машине могут присоединяться любые устройства.

Остановимся теперь на новых периферийных устройствах и улучшении характеристик старых. При смене поколений примерно на порядок выросли характеристики традиционных устройств и появились некоторые новые: автоматы, читающие печатный текст, и экранные пульта. Я хочу о них сказать особо, потому что в машинах четвертого поколения им принадлежит будущее.

Что представляет собой экранный пульт? Это устройство имеет вид пишущей машинки с клавиатурой и экран типа телевизионного, на котором можно видеть вводимую или получаемую из машины информацию. Информацию можно в печатать на машинке, специальным световым карандашом можно вносить правку непосредственно на экране. На экран выводится графическая информация, оператор с помощью светового карандаша может править график, рисунок, чертеж и т. д.

С помощью экранных пультов осуществляют режим диалога. Надо сказать, что режим диалога — это сфера машины четвертого поколения. Но и в машинах третьего поколения имеются зачатки режима диалога.

Режим диалога предполагает решение таких задач, программа которых в момент начала решения полностью неизвестна. Для этого обеспечивается совместная работа человека, сидящего за пультом, и вычислительной машины. Человек видит, как осуществляется процесс в вычислительной машине, фиксирует те или иные промежуточные результаты, и по ходу дела меняет инструкции к машине, чтобы получить тот или иной желаемый результат.

Развитие системы диалога с машиной особенно важно в исследовательских задачах и в задачах автоматизации проектирования. Но этот

режим приходит в противоречие с принятой системой трансляции. Дело в том, что человек должен вводить информацию на входном языке, а машина работает на внутреннем. В момент диалога постоянно должен работать транслятор-переводчик, а трансляция и так занимает достаточно много времени в современных машинах. Поэтому все больше стали развиваться другие системы, прежде всего система интерпретации, при которой форма информации, вводимой в машину, не отличается от входного языка, а машина интерпретирует выражения входного языка в своих командах. При этом, правда, снижается скорость работы, но этот недостаток исправляется за счет такого изменения структуры машины, когда структурная интерпретация становится естественной. Описанное направление в настоящее время еще не получило большого развития, однако это уже определенные черты перехода к машинам четвертого поколения.

Далее, изменилось понятие производительности машины. Раньше она связывалась с количеством арифметических операций, выполняемых машиной за единицу времени. Эта характеристика остается важной и сейчас. Однако в связи с изменением системы обработки данных столь же важное значение приобретают другие характеристики машин. В самом деле, если вы решаете задачу, например, расчета трасс космических кораблей, то периферийные устройства играют небольшую роль, поскольку закладывается в машину и снимается с выхода сравнительно малое количество данных, а машина производит большое количество вычислений. Задача другого качества — перепись населения, требующая большого количества исходных данных и сравнительно малого числа операций. Здесь проблема ввода и вывода имеет большое значение, поэтому важны характеристики работы всех частей системы.

В настоящее время рекордная скорость работы ЭВМ — скорость выполнения математических операций в центральном процессоре — составляет несколько десятков миллионов операций в секунду, а емкость оперативной памяти — 16 миллионов байт. Ясно, что электронная часть современных машин очень мощная, но для того чтобы использовать такую скорость ее работы, приходится преодолевать медлительность периферийных устройств.

В чем же состоит основное направление технического прогресса в машинах четвертого поколения? Они будут строиться в основном на схемах большой интеграции, когда в еще большей степени будут уменьшены размеры машин и повышены скорость, надежность, а в перспективе обеспечена дешевизна ЭВМ.

Для машин пятого поколения элементная база просматривается менее уверенно, но, видимо, большую роль будет играть оптоэлектроника, использование когерентных источников излучения.

По прогнозам, которые в настоящее время имеются в мире, к концу следующего столетия появятся машины с миллиардом операций в секунду. Эта скорость будет повышаться за счет мультипроцессорной и параллельной работы.

Дальше просматриваются некоторые возможности осуществления параллельного преобразования информации, представляющейся в виде голограмм с помощью систем лазерных элементов, и соответствующие «вычислительные среды». Ожидается, что будут построены внешние запоминающие устройства типа магнитно-дисковых на 10^{14} байт информации. Это крупная библиотека на 100 миллионов томов, которая помещается в одной ЭВМ.

В структуре машин четвертого поколения предполагаются большие изменения. Машин общего назначения будут иметь специальные процессоры для управления, куда будет перемещена большая часть операционной системы, несколько параллельных процессоров для выполнения основных операций, коммуникационные процессоры с большим числом функций, чем в нынешних каналах, и, наконец, периферийные процессоры для решения более мелких задач.

Достигнутая машинами третьего поколения стандартизация сопрягающих устройств ввода и вывода с центральными процессорами в машинах четвертого поколения распространится и на систему математического обеспечения.

При этом будет все более возрастать роль автоматизации проектирования. Без нее невозможно будет осуществлять разработку сложных операционных систем, только намечаемых в настоящее время.

Очень большие сдвиги ожидаются в области автоматизации изготовления ЭВМ в связи с переходом на технологию больших интегральных систем (БИС).

Программное управление специальными устройствами на основе электронно-ионнолучевой технологии позволит сильно снизить стоимость БИС; некоторые прогнозируют, что к 1980 г. она может быть снижена настолько, что каждый ученик сможет иметь у себя на столе вычислительную машину. Появятся новые языки. В настоящее время в связи с задачей автоматизации проектирования все больше распространяются языки процессирования картинками и чертежами, требующие своего собственного подхода к структурной и программной интерпретации и трансляции. Появятся новые периферийные устройства. Кроме того, ожидается, что к 1976 г. будут созданы устройства вывода информации из машин голосом для специальных применений. В середине 70-х гг. широкое распространение получат экранные пульта, о которых уже упоминалось выше.

Наконец, в машинах четвертого поколения происходит процесс (начавшийся еще в машинах третьего поколения) сращивания машин и вычислительных центров с системой связи. Меняется и представление о системе связи. Связь будущего целиком должна предоставлять потребителю не только услуги передачи информации, но и ее хранения и обработки.

Что касается использования ЭВМ, то машины первого поколения применялись в основном для научных и только частично — для экономических расчетов; второго поколения — для управления различными процессами, прежде всего технологическими (управление домнами, прокатными станами, самолетами), для выполнения экономических расчетов; третьего поколения, помимо всего перечисленного, стали широко применяться для автоматизации процессов проектирования построения автоматизированных систем управления в технологии и в административной области. Появляются интегрированные системы, которые представляют собой объединенную систему: машины, управляющие технологией и экономикой предприятия.

Основным направлением технического прогресса в области применения ЭВМ является так называемый системный подход к управлению ими.

Что такое системный подход? Если говорить, скажем, об использовании машин второго поколения для решения определенной задачи, то поступают так: берут исходные данные, составляют программу, передают в вычислительный центр, получают ответ и т. д. Это — эпизодическое использование ЭВМ. При системном подходе имеет место автомати-

вирванный сбор информации, причем информация, необходимая для решения задач, накапливается прежде всего на магнитной ленте. Если мы каждый раз будем решать задачи так, чтобы использовать устройства ввода и вывода, то машина будет задыхаться от недостатка информации.

Поэтому при системном подходе накапливаются исходные данные для постоянного хранения на магнитных лентах, создается так называемая служба данных, или служба информационных массивов, а ввод и обновление этих данных автоматизированы с помощью специальных устройств. Это — первое отличие.

Второе отличие заключается в том, что вывод данных производится уже в готовом виде, в окончательной форме в виде чертежей, если это автоматизация проектирования, в виде проектов распоряжений, если это система управления заводом, каких-то проектов планов — одним словом, в виде готовых документов, оформленных так, что с них можно делать фотокопии и передавать непосредственно в типографию.

Наконец, при системном подходе требуется наличие специальной операционной системы. Как правило, здесь общая операционная система машины не подходит и нужна своя, чтобы последовательно проводить подготовку данных для системы рабочих программ, осуществляющих автоматизацию того или иного процесса.

Допустим, проектировщик жилого здания одной программой решить задачу не может. Раньше он использовал машину для оптимальной планировки, выводил данные, потом вводил их и делал снова расчеты; в этом случае ввод — узкое место машины — использовался нерационально. Теперь эти данные находятся все время в машине и передаются от одной программы к другой специальной операционной системой. Кроме того, эта же операционная система ответственна за организацию взаимодействия конструктора на пульте с этой электронной вычислительной машиной.

В каких направлениях в настоящее время осуществляется применение этого системного подхода? Он уже достаточно ясно проявился в машинах третьего и будет основным в машинах четвертого поколения.

Как осуществляется системный подход к проблеме автоматизации экспериментальных исследований? Имеются три основных направления автоматизации сбора информации. Первое основано на стандартизации носителей. Аппаратура фиксирует информацию, получаемую в результате эксперимента или испытания, на очень непохожих друг на друга носителях; это и диаграмма, и кинолента, и различные бумажные ленты, и т. д. Разработать данные для вводных устройств ЭВМ, которые бы достаточно эффективно читали всю эту информацию, не представляется возможным. Разумно здесь встречное движение, чтобы конструкторы приборов и конструкторы машины договорились, что имеется 5 или 10 основных видов фиксирования информации на носителях. А конструкторы периферийного оборудования для машины должны создать соответствующие высокопроизводительные устройства, позволяющие автоматически читать эту информацию и вводить ее в машину.

Второе направление автоматизации сбора информации основано на системе разделения времени. В лабораторию выдается какой-то канал от большой ЭВМ, установленной в другом месте, и через специальные аналого-цифровые преобразователи осуществляется подключение тех или иных измерительных приборов к передаче непосредственно в ЭВМ для решения не только крупных задач, но и первичной обработки (использование метода наименьших квадратов, нахождение корреляции и т. д.),

которая требует многих данных и не автоматизировалась ранее ввиду того, что не был автоматизирован ввод.

Наконец, третье направление — это органическое включение ЭВМ в сложные экспериментальные установки. Речь идет о таких установках, как ускорители, ядерные реакторы, исследовательские суда и т. д. В этом направлении уже кое-что сделано, но нужно сделать еще намного больше.

Предстоит разработать систему стандартизации и архивизации научных данных. Когда ставится тот или иной эксперимент, результаты обрабатываются в соответствии с имеющейся технологией обработки и под определенным углом зрения. Например, произвели взрывы и записали сейсмограммы. Такие сейсмограммы несут большую информацию, но обрабатываются они под определенным углом зрения, например для поисков нефти. В будущем будет разработан новый метод обработки сейсмограмм и встанут задачи определения других полезных ископаемых. Необходимо, чтобы первичные данные, определенным образом обработанные, хранились не на бумаге, а на магнитной ленте ЭВМ в цифровом виде с тем, чтобы можно было не повторять их ввод и вывод и сами дорогостоящие эксперименты, а использовать, когда это потребуется, ранее проведенные эксперименты и только обработать их иначе.

Очень важным вопросом является создание систем для автоматизации проектирования. Здесь системный подход отличается тем, что решаются не отдельные задачи, а весь комплекс и выдаются окончательные документы, осуществляется взаимодействие с конструктором.

Как работает конструктор, используя машину третьего поколения, при проектировании какого-то объекта? Условно рассмотрим жилой дом. В машину вводится система программ и операционная система, обеспечивающая разговор конструктора с машиной на понятном ему языке; система директив, направленная на обработку чертежной информации (например, повернуть чертеж, сделать разрез). Имеется также набор программ для подсчета той или иной функции на данном объекте, например общей полезной площади или стоимости квадратного метра.

Перед конструктором имеется пульт, на котором можно выяснить либо результат расчета стоимости квадратного метра, либо чертежную информацию (общий вид, план квартиры и т. д.). Конструктор может вмешаться и световым карандашом нарисовать стрелку, указав, что нужно подвинуть стенку на полтора метра вправо, и т. д. Когда весь цикл проектирования пройден, специальная система редактирующих программ по запросу конструктора осуществляет выдачу рабочей документации.

Направление развития справочно-информационных систем для машин четвертого и особенно пятого поколений можно охарактеризовать следующим образом. В связи с резким увеличением емкости периферийных запоминающих устройств ожидается, что на протяжении ближайшего десятилетия в целом ряде стран будут созданы национальные банки данных. Это система вычислительных центров, в которых накапливается определенная информация, и система пультов на рабочих местах конструкторов-потребителей, например, связанных по линиям связи с этими национальными банками данных. Конструктор может вызывать нужную ему информацию. Национальный банк в области данной технологии включает в себя, например, описание всех материалов и обеспечивает поиск их по заданным свойствам. На запрос конструктора, работающего за пультом, о материалах с требуемыми свойствами система осуществляет поиск информации в своей памяти и отвечает, какие материалы разработаны или разрабатываются и в какой лаборатории, какие уже выускаются

промышленностью, причем с указанием адреса, по которому можно сделать заказ.

По мнению английских специалистов, такого рода банки по науке и технике будут созданы в 1977 г., по медицинской диагностике — в 1977 г., по юриспруденции — к 1980 г. В некоторых странах это будет сделано еще быстрее.

Система программированного обучения, по предположениям, будет очень широко применяться уже к концу этого десятилетия.

Несколько слов о самой важной области применения — АСУ в промышленности и народном хозяйстве вообще.

Надо отличать системы технологического и организационно-административного управления; новое здесь — появление интегрированных систем, о которых упоминалось выше. Проектирование таких АСУ резко отличается от привычного проектирования, которое применяли, скажем, десять лет назад. В чем это отличие? Когда автоматический регулятор на машинах делался для автоматизации тех или иных технологических операций, памятью этого регулятора служил сам объект. Регулятор должен был только преобразовывать в соответствии с поступающей информацией данные, получаемые от датчиков, и выдавать их на исполнительный орган. Когда речь идет о таких сложных объектах, как различного рода административные и организационные системы, подобный способ уже невозможен. Необходимо осуществлять создание информационной модели объекта в памяти машины.

Делается это следующим образом: в системах разграничиваются два процесса — сбор данных для управления и решение самих задач управления. Разграничение это делается через так называемые информационные массивы. Допустим, в массивах министерства хранятся данные о ресурсах, которыми располагают заводы, конструкторские бюро и другие подразделения этого министерства. Эти данные обновляются в момент, когда создается соответствующая информация об обновлении, скажем, пишется новый паспорт какого-то оборудования, устанавливаемого или модернизируемого на том или ином заводе; в этот момент информация передается в соответствующую автоматизированную систему управления, хотя она будет использована, может быть, только через две недели или через год.

Специальная операционная система все время обновляет поступающими данными массивы информации, определяющей состояние объекта управления. Это очень сложная работа, поскольку необходимо стандартизировать прежде всего формы представления информации для того, чтобы отдельные единицы автоматизированных систем могли без вмешательства человека обмениваться информацией с магнитных лент либо в будущем прямо по каналам связи.

Имеется еще одно важное отличие АСУ: необходимо сбор информации производить таким образом, чтобы совмещалось приготовление первичного документа с подготовкой данных для ЭВМ. Для этого требуется специальная гамма периферийных устройств (скажем, специальные пишущие машины, которые одновременно с обычным текстом готовят его копию на перфоленте), чтобы не дублировать работу и вместе с тем обеспечить абсолютную точность информационных данных, вводимых в ЭВМ.

Следующий очень важный вопрос — принцип новых задач. Иногда еще бытует такая точка зрения, что стоит установить вычислительную машину и дать математическое обеспечение, как дела пойдут очень хорошо. Фактически же дело далеко не в этом. Практика показала, что если

машина устлавливается под задачи, решаемые сегодня, то это, как правило, большого эффекта не дает. Но если берутся совершенно новые задачи, которые не могли быть решены раньше, поскольку были ограничены возможности человеческого коллектива, то в этом случае от применения ЭВМ возможен большой эффект.

Поиск таких задач и одновременно изменение структуры управления, изменение функций человеческих коллективов, работающих с ЭВМ, — одна из важнейших задач при внедрении АСУ.

Остаповлюсь теперь на вопросе, связанном с увеличением эффективности в зависимости от размеров системы. Мировая практика показывает, что чем больше размер автоматизированной системы, тем больше ее экономическая эффективность.

Большой эффект может быть получен, когда автоматизируется сбор данных на предприятиях и имеется координирующий центр в учреждении, например в министерстве. Имеется возможность обмениваться информацией, и тогда получается хороший эффект. В крупных фирмах он составляет 50—60 % увеличения выпуска продукции и роста производительности труда.

Несколько слов об организации внедрения АСУ. Нужно создать индустрию не только электронных вычислительных машин, но и систем математического обеспечения для них. Индустриальные методы внедрения систем управления, систем автоматизации обработки данных, о которых говорилось выше, — это залог успеха.

Вторым условием успеха является единая техническая политика как в отношении математического обеспечения, так и в отношении сопрягаемости систем управления в различных звеньях.

Я не затронул здесь таких интересных моментов, как автоматизация математических доказательств, построение дедуктивных теорий с помощью ЭВМ, моделирование сложных систем, постановка математических экспериментов в таких областях, которые раньше считались далекими от математики (биология, лингвистика и т. п.). Однако о главных направлениях технического прогресса и применении ЭВМ в народном хозяйстве я не с аралом рассказать полнее. И самым основным среди них является использование ЭВМ для дальнейшего совершенствования управления.

(Кибернетика. Вопросы теории и практики.—
М.: Наука, 1986)

В соответствии с директивами XXIV съезда КПСС созданы и создаются сотни АСУ различных классов. Важное место среди них занимают автоматизированные системы управления предприятиями и объединениями, а также автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП). Многие из этих систем оказались весьма эффективными, однако далеко не весь полученный от их внедрения эффект находит сегодня прямое денежное выражение.

Как показал опыт, внедрение АСУ на предприятиях позволяет увеличить объем выпускаемой продукции на 3—7 %, сократить уровень запасов на 20—25 %, уменьшить нормативы оборотных средств на 16—18 %. На многих машиностроительных заводах внедрение АСУ позволило сократить в несколько раз сроки запуска в производство новых сложных изделий и резко (в 5—6 раз) уменьшить списываемые остатки материалов и комплектующих изделий после окончания выполнения сложных заказов в мелкосерийном и единичном производстве.

На многих машино- и приборостроительных предприятиях, внедривших АСУ, отмечается значительное ускорение темпов роста ряда технико-экономических показателей, и прежде всего производительности труда. Такое ускорение обуславливается рядом причин. Одна из них — увеличение действенности социалистического соревнования, основанного на сравнительно большей оперативности в точности учета, обеспечиваемой автоматизированными системами управления (например, оперативное доведение до рабочих результатов расчетов зарплаты при переходе на ежедневное начисление).

Другая не менее важная причина увеличения темпов роста технико-экономических показателей производства состоит в том, что АСУ позволяет оперативно производить детальный технико-экономический анализ всех факторов, влияющих на производительность труда, себестоимость продукции, ее качество и другие показатели и тем самым ставить конкретные цели перед администрацией и инженерно-техническим персоналом по совершенствованию организации и технологии производства. Кроме того, АСУ дает возможность руководству и инженерно-техническому персоналу избежать затрат времени на составление справок и отчетов, продвижение заказов по цехам, организации авралов и сосредоточиться на решении наиболее актуальных задач совершенствования технологии и управления производством.

Сегодня уже нередки случаи, когда внедрение АСУ позволило предприятиям увеличить годовые темпы роста производительности труда с 3—4 % до 12—14 %. Хотя эти темпы роста наряду с другими составляю-

⁷ Механизация и автоматизация управления.— 1975.— № 1.

щими эффекта, о которых шла речь выше, пока не учитываются принятой методикой расчета экономической эффективности АСУ, тем не менее она оказывается достаточно высокой. Общий экономический эффект от внедрения АСУ в 1971—1973 гг. составил 723 млн руб.

Если прикинуть во внимание лишь те АСУ, функционирование которых сводится не только к автоматизации решения простейших бухгалтерских учетных задач, но и к решению коренных задач планирования и управления, то сроки окупаемости затрат для таких систем не превышают двух лет. Иными словами, уже на современном этапе без учета многих составляющих эффективность вложения средств в АСУ в среднем в 3 раза выше, чем в основное производство. Например, внедрение отраслевой АСУ Мишприбора только в 1972 г. позволило получить дополнительную прибыль в сумме 13 млн. руб., в результате чего расходы на ее создание и эксплуатацию окупались менее чем за один год. За полтора года окупались расходы на создание АСУП в Ленинградском оптико-механическом объединении и ПТО «Электрон» (Львов) и т. д.

Однако наряду с указанными высокоэффективными системами за последние годы появилось немало АСУ с незначительной, нулевой, а иногда и отрицательной эффективностью. Действительный анализ показывает, что подобное положение имеет место там, где на самом деле никаких АСУ в том смысле, который вкладывается в это понятие современной наукой, создано не было. Подобные псевдоАСУ при пренебрежении к давно сформулированным принципам построения АСУ ориентируются не на коренное улучшение решения основных задач планирования и управления производством, а лишь на отдельные рутинные задачи, решаемые на ЭВМ в том же виде, в каком они решались ранее.

Имеются три основные причины появления подобных псевдоАСУ. Первая заключается в слабости технической базы. Дело в том, что до последнего времени можно было строить АСУ лишь на ЭВМ второго поколения (в основном «Минск-32»), выпускавшихся без магнитных дисков и с крайне слабым математическим обеспечением. Положение усугублялось почти полным отсутствием выпуска необходимой периферийной техники (регистраторов производства, дисплеев и др.), а также плохим качеством магнитной ленты и других машинных носителей информации.

В этих условиях создание АСУ, отвечающих современным стандартам, предъявляло особо высокие требования к квалификации их разработчиков. Следует сказать, что разработчики АСУ в США, Западной Европе и Японии считают вообще невозможным создание сколько-нибудь эффективных АСУ без мощной технической базы. Поэтому создание высокоэффективных отечественных АСУ можно рассматривать как своеобразный научный подвиг, свидетельствующий о весьма высокой квалификации и огромном труде аналитиков, системотехников и программистов.

Вторая причина появления псевдоАСУ заключается в том, что в условиях общего недостатка кадров разработчиков АСУ (имеющего место во всем мире) необходимо обеспечить должную организацию их работы. Если в восьмой пятилетке АСУ создавались в основном по индивидуальным проектам, то в девятой основной технической политике в области их создания должна была стать концентрация наиболее квалифицированных кадров при относительно небольшом количестве типовых проектов и организация массовых индустриальных форм их привязки и внедрения на конкретных объектах. Как показал опыт группы машиностроительных отраслей промышленности, такая политика в 4—5 раз увеличивает производительность труда в разработке и внедрении АСУ.

Задачи в области разработки и внедрения АСУ в девятой пятилетке возросли по сравнению с восьмой не менее чем в 8 раз, а число квалифицированных кадров в течение пяти лет было лишь удвоено. Выполнение заданий пятилетнего плана по АСУ без снижения среднего качества разработок в таких условиях могла обеспечить только политика концентрации квалифицированных кадров на типовых проектах и переход к индустриальным методам внедрения. К сожалению, она была проведена далеко не всюду. В результате число квалифицированных кадров, приходящихся на один проект, уменьшилось, что не могло не привести к снижению качества проектирования и к появлению некачественных проектов, т. е. подмене настоящих систем автоматизации псевдосистемами.

Третья причина появления псевдоАСУ состоит в формально-бюрократическом отношении руководителей ряда предприятий и министерств к вопросам создания и внедрения АСУ.

Появление псевдоАСУ особенно опасно тем, что бросает тень на идею автоматизации управления и приводит к возникновению волны вторичного скептицизма. Если первичный скептицизм (распространенный в 60-е гг.) основывался на полном познании возможностей ЭВМ, то вторичный (по крайней мере внешне), — на определенном знании и опыте, возникшем в результате появления псевдоАСУ.

Положение усугубляется тем, что до настоящего времени трудности, стоящие на пути создания действительно эффективных АСУ, в полной мере еще не оцениваются большинством наших хозяйственных руководителей. От их внимания, как правило, ускользает тот факт, что создание высокоэффективной АСУ для современного крупного предприятия представляет собой весьма сложную задачу. Поэтому трудно назвать нормальным положение, когда разработку АСУ находят возможным поручать на полуправительственных началах какой-либо лаборатории, институту, отягощенных к тому же многочисленной дополнительной тематикой.

Из сказанного следует вывод о полной бесперспективности технической политики, основанной на индивидуальном проектировании АСУ. Производимый в настоящее время переход на ЭВМ третьего поколения (ЕС ЭВМ) еще более облегчит задачу типизации АСУ. Если для ЭВМ второго поколения использовался в основном лишь один уровень типизации по группам родственных (например, машиностроительных) предприятий, то для АСУ всех классов (от цеха и склада до отрасли) представляется возможным типизировать большую часть технического, программного и значительную часть информационного обеспечения.

Уже сейчас возможности ЕС ЭВМ обеспечивают условия для создания достаточно широкого класса конфигураций технических средств, особенно устройств внешней памяти и стандартных устройств ввода-вывода для ВЦ общего назначения. Распространение этих возможностей на комплексирование центральных процессоров, включая миникомпьютеры и «нестандартные» (с точки зрения классической вычислительной техники) периферийные устройства (цеховые и складские регистраторы, кассовые аппараты и т. п.), позволит с минимальной затратой сил и средств создавать технические комплексы для АСУ в любых отраслях народного хозяйства (включая непромышленную сферу).

Разработанные и освоенные системы и пакеты программ для ЕС ЭВМ (над которыми трудились десятки тысяч специалистов в разных странах) также позволяют охватить большое число задач планирования и управления и облегчить труд программистов, занятых разработками АСУ. Продолжение работы над пакетами программ приведет к возможности

централизованного снабжения программами (и процедурами) управления всех разработчиков независимо от вида разрабатываемой АСУ. Такое снабжение предполагает соответствующую централизацию обучения всех разработчиков новым (ускоренным) методам создания АСУ. В связи с этим важнейшей первоочередной задачей является создание мощного учебно-методического центра. В таком центре прежде всего должна быть создана и развита техническая база, позволяющая быстро создавать прототипы технических комплексов для любых видов АСУ. Этот центр должен также концентрировать работу по созданию и освоению пакетов прикладных программ для широкого применения (включая не только обычные АСУ, но и автоматизацию испытаний, проектно-конструкторских работ и др.).

При наличии подобного центра и головных НИИАСУ во всех отраслях (или группах родственных отраслей) работа по созданию АСУ в республике может быть организована следующим образом. В головных НИИАСУ разрабатываются технические задания на АСУ различных типов. В соответствии с планом работ разработчиков АСУ из головных институтов направляют в учебно-методический центр (УМЦ), где для них создается необходимая конфигурация технических средств и комплектуется необходимый состав математического обеспечения. При этом в пакетах представления информации как внутри ЭВМ, так и на ее входах и выходах. Освоив определенную учебную программу по работе на рекомендуемой конфигурации технико-программных средств (сначала на некоторой условной информации), разработчики в дальнейшем концентрируют свое внимание на заполнении массивов реальной информацией, в том числе на создании (или применении) необходимых классификаторов.

Освоив работу с первым вариантом разрабатываемой системы на той или иной реальной информации, разработчики вместе с УМЦ организуют обучение кадров пользователей тех объектов (предприятий, магазинов, строительных трестов и т. д.), где будет внедряться система этого типа. Применительно к каждому объекту головной НИИ совместно с УМЦ уточняет конфигурацию технического комплекса и программного обеспечения, после чего оно централизованно (специальным монтажно-наладочным трестом) поставляется, монтируется и отлаживается. Одновременно заранее подготовленный персонал пользователей организует наполнение системы реальной информацией в соответствии с разработанными головными НИИ стандартами (классификаторами, формами документов и т. п.).

Поскольку создание эффективных АСУ, как правило, требует коренного изменения организационных форм управления, а в ряде случаев и введенных ранее экономических механизмов, в задачу головной НИИАСУ должны входить не только автоматизация обработки информации, но и проектирование (под руководством УМЦ) всей организации управления. Здесь речь идет о структуре и функциях различных звеньев органов управления, процедурах принятия решений и контроля исполнения, формах материального и морального поощрения и т. п.

Наряду с созданием отдельных функциональных звеньев автоматизированного управления в виде пилотных и отраслевых АСУ, а также общереспубликанских АСУ (АСПР, АСУ МТС и др.) важнейшее значение имеет единый замысел всех создаваемых АСУ, а также техническая и информационно-программная их стыковка. Эта задача должна быть решена на основе разработки и постоянного уточнения республиканской автоматизированной системы, а также с помощью рабочих форм координации в виде

совета главных конструкторов и его представителями по всех разрабатываемых АСУ.

Важное значение в ускорении темпов и увеличении эффективности автоматизации управления в народном хозяйстве будет иметь создание Республиканской сети вычислительных центров коллективного пользования (ВЦКП) и системы связанных с ними терминалов абонентских пунктов, установленных у пользователей. Решение этой задачи тесно связано с развитием общереспубликанской сети передачи данных. Помимо связи пользователей с ВЦКП эта сеть должна обеспечить прямой обмен информацией между АСУ различных ведомств и уровней управления (горизонтальные и вертикальные связи), что позволит улучшить качество управления во всех звеньях народного хозяйства.

Учитывая межведомственный характер подобных обменов и перспективу создания единого общереспубликанского распределенного банка данных, в следующей пятилетке наряду с развитием сети передачи данных предполагается создать межведомственную сеть территориальных информационно-диспетчерских пунктов (ИДП) с целью управления передачей данных и совместной работой ВЦ, принадлежащих различным ведомствам. Одной из первоочередных задач, которую могла бы решать сеть ИДП, является увеличение загрузки ВЦ и улучшение использования ЭВМ в республике. Проектирование сети ИДП и ВЦКП является важной задачей, которая может быть решена лишь мощной специализированной проектно-конструкторской организацией. Создание таких сетей потребует специальных централизованных ассигнований в рамках нового пятилетнего плана.

Важнейшей задачей в новой пятилетке будет оставаться задача автоматизации (с помощью ЭВМ) сложных технологических процессов. Научный задел, созданный в девятой пятилетке, позволит приступить к комплексной автоматизации проектно-конструкторских работ. Опыт показывает, что на этом пути можно добиться десятикратного сокращения сроков проектирования при одновременном значительном улучшении его качества. Много работы предстоит выполнить в связи с задачей комплексной автоматизации испытаний сложных объектов и экспериментальных научных исследований.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ (АКТОСП)

(Препринт 78-67. Изд-во ИК АН УССР, 1978)

ВВЕДЕНИЕ

Применение ЭВМ вызвало настоящую революцию в планировании, позволившую резко поднять его эффективность. Опыт показывает, что такая эффективность достигается прежде всего за счет коренного изменения традиционно сложившихся методов планирования.

Это:

комплексность и полная взаимосвязка планов всех уровней, вплоть до самых детальных;

достижение полной сбалансированности не только по укрупненным, но и по самым детальным показателям;

понимание того, что план только тогда может называться планом, когда он доводится до каждого рабочего места, позволяя отбросить бытовавший ранее принцип: «был бы план хорош в общем, а в деталях он сам как-нибудь утрясется»;

полная синхронизация планов работы на отдельных рабочих местах и технологических линиях с точностью (в зависимости от видов производств) от часов до секунд;

построение и непрерывная актуализация достоверной нормативной базы, включающей кроме текущих также прогрессивные нормативы с полным перечнем и технико-экономическим анализом мероприятий, необходимых для их реализации, базирование всей системы планирования на этих нормативах;

органическое единство планов различной периодичности (кратко-, средне- и долгосрочных), непрерывное пролонгирование сроков планов каждого вида;

соединение в единое целое программно-целевого и балансового методов планирования;

оптимизация использования ресурсов, правильная специализация и кооперация;

детальный непрерывный учет хода выполнения планов на основе максимально объективизированной информации (за счет автоматизации документооборота и специальных систем контроля);

объединение в единое целое системы оперативного управления производством с процессом непрерывного пролонгирования и (в случае нужды) оперативной корректировки планов;

обеспечение руководителей различного уровня достоверной, оперативной информацией, причем не только заранее регламентированной, но и любой другой, которая может потребоваться для принятия тех или иных решений и технико-экономического анализа в любых разрезах и в любой периодичности;

глубкость математического обеспечения системы, позволяющего вести оперативный диалог с управленческим аппаратом в перегламентированных или требующих эвристических приемов ситуациях;

четкая и детальная разработка функциональных обязанностей всех автеньев управленческого аппарата, механизмов контроля его работы и стимулирования.

Для достижения всех перечисленных требований необходимо прежде всего отрешиться от все еще широко бытующего взгляда на ЭВМ как на средство, позволяющее решать отдельные задачи, особенно если под ними понимаются преимущественно задачи вычислительного характера. В действительности же для достижения настоящего эффекта от использования ЭВМ в планировании и управлении их (даже вместе с программами для решения отдельных задач) следует рассматривать всего лишь как часть (причем, как правило, не самую сложную) комплексной человеко-машинной системы, коренным образом меняющей сложившиеся в домашнюю эпоху методы планирования и управления.

Основой такой системы должна служить *универсальная интегрированная человеко-машинная информационная база*. Термин «интегрированная» подчеркивает, что *все* задачи, которые решает система, должны основываться на единой информационной базе, постоянно хранимой на машинных носителях информации (магнитных лентах и магнитных дисках) и непрерывно обновляемой с помощью специально разработанной строго регламентированной человеко-машинной системы актуализации информации. При этом особые требования предъявляются не только к чисто технической, но и к целостной, *информационной надежности* этой системы. Под такой надежностью понимается полное соответствие информационной базы системы (с заданной наперед прочностью) в любой момент времени отображаемому ею объекту управления. Без надежной информационной базы работа любой ЭВМ по самым совершенным программам может превратиться в фикцию и самообман. Поскольку источником значительной части информации в экономических системах являются люди, то для обеспечения надежности информационной базы нужны не только чисто технические, но и серьезные организационные мероприятия.

Понятие *универсальности* информационной базы включает в себя требования не только к собственно информации, но и к *математическому обеспечению* системы. Оно означает возможность быстро (полностью внутри ЭВМ или системы ЭВМ), без сбора новой информации, извлечь из имеющейся первичную универсальную информационную базу, привести в надлежащий вид (укрупнить, очистить от лишних подробностей и т. п.) и организовать автоматическую (без участия человека) актуализацию любой вторичной информационной базы, способной работать с любыми экономическими моделями.

Метод создания универсальной информационной базы в масштабах всей страны впервые был разработан автором в предэскизном проекте Единой Государственной Сети Вычислительных Центров в 1962—1963 гг. (см. также «Введение в АСУ». — Киев, 1972). Основные идеи метода состоят в следующем. Во-первых, процесс автоматизации планирования и управления неизбежно затрагивает все уровни управления экономикой, вплоть до самого нижнего, — отдельных предприятий, цехов, производственных участков и даже отдельных рабочих мест. Во-вторых, для создания сколько-нибудь эффективных АСУ на нижнем уровне в их интегрированную информационную базу так или иначе приходится включать *практически всю самую подробную* информацию об объекте управления. Причем,

поскольку объектом управления является не только оборудование, но и люди, сюда включается, в частности, вся информация о новых технических, технологических, экономических, организационных идеях и проектах, имеющихся у работающих на данном объекте (цехе, предприятии, НИИ, КБ и т. п.) людей. В-третьих, математическое обеспечение, подготавливающее информацию для решения сколько-нибудь полного перечня задач планирования и управления на нижнем уровне для любой конкретной модели управления за счет его относительно небольшого (на 10—15 %) усложнения, может быть сделано универсальным, т. е. способным готовить информацию не только для любой модели на этом уровне, но и для всех мыслимых (как уже известных, так и пока неизвестных) моделей планирования и управления на всех других, более высоких, уровнях. Для этого математическое обеспечение АСУ необходимо дополнить программами, перекодирующими информацию на узковедомственные и межведомственные коды, унифицирующими заголовки информационных массивов, в частности снабжающими их информацией о ведомственной принадлежности источника информации, его территориальном расположении и т. п.

В-четвертых, чтобы не делать лишней работы, создание АСУ всех уровней должно проходить под информационно-методическим руководством специального общегосударственного органа, ответственного за создание единой системы социально-экономической информации, призванного осуществлять *информационное обеспечение* (т. е. формирование и организацию актуализации необходимых вторичных информационных баз) для всех органов, ответственных за различные звенья планирования и управления, которые существуют сейчас или могут быть созданы в будущем, какие бы социально-экономические модели они не использовали. При этом основная часть работы (не менее 90 % по трудоемкости и стоимости) по созданию единой системы социально-экономической информации осуществлялась бы разработчиками низовых систем, *создающими первичную универсальную информационную базу системы*. Для превращения же этой первичной информационной базы в Общегосударственную автоматизированную систему (ОГАС) соответствующий общегосударственный орган должен выполнить две задачи. Во-первых, организовать выработку и контроль исполнения требований, предъявляемых Общегосударственной системой к локальным АСУ, и, во-вторых, создать собственную сеть территориальных ВЦ с соответствующим математическим обеспечением и информационными каталогами всех первичных информационных массивов и связать их со всеми ведомственными АСУ в техническом и организационно-юридическом плане с тем, чтобы обеспечить фактическую возможность выполнения тех информационных функций системы, которые были указаны выше. Заметим попутно, что нынешняя статистическая информация войдет небольшой (не более 1 % по объему) частью в подобную общегосударственную систему. В случае, если бы за создание ОГАС взялось ЦСУ, это означало бы громадное увеличение его роли и значения в системе общегосударственных ведомств. Важно подчеркнуть, что первичная бумажная отчетность при этом не только не увеличится, но и может вовсе исчезнуть, поскольку все необходимые (и притом объективно достоверные) отчетные данные будут извлекаться автоматически из первичных информационных баз, которые так или иначе должны быть созданы для автоматизации управления на нижних уровнях.

Хотя перечисленные принципы создания действительно эффективных АСУ были в основном сформулированы еще 15 лет тому назад, и хотя весь отечественный и мировой опыт неоднократно подтверждал с тех пор их

правильность, однако и до настоящего времени у нас продолжает кое-где бытовать мнение об ЭВМ как о большом автоматическом арифмометре, способном быстро решать отдельные сложные задачи. Именно эта точка зрения привела и, к сожалению, еще продолжает приводить к созданию малоэффективных и даже вовсе неэффективных АСУ. Сторонники подобного «позадачного» подхода любят выставлять себя этакими реалистами-практиками, которым чужды всякие фантазии сторонников системного подхода к внедрению ЭВМ. Этим они нередко завоевывают себе сторонников среди некоторых недалекovidных заказчиков, чем (наряду с относительной легкостью реализации) и объясняется живучесть позадачного метода. Впрочем, жизнь рано или поздно берет свое, а принципы, изложенные выше, настолько неизбежны, что те, кто вначале были их решительными противниками, обычно кончают заявлениями типа: «а разве может быть иначе?» или даже «а мы всегда так думали».

Из теории систем хорошо известно, что при правильном их построении наибольший эффект получается на наиболее высоких уровнях. Поэтому особенно важно последовательно выдерживать системный подход при автоматизации планирования на уровне Госплана. Однако, к сожалению, именно здесь позадачный метод имеет наиболее прочные позиции. Помимо общих причин (относительная простота реализации и кажущаяся поначалу «реалистичность» подхода) здесь добавляются еще две важные причины. Во-первых, в этом случае предписываемая системным подходом универсальная информационная база требует перестройки форм планирования на всех уровнях, что, разумеется, сопряжено с преодолением больших трудностей как в научно-техническом, так и особенно в организационном плане. Во-вторых, исторически непрерывное нарастание трудностей планирования (за счет резкого усложнения экономики в результате научно-технического прогресса) в условиях запаздывания процесса автоматизации плановых расчетов неизбежно толкало Госплан в сторону уменьшения детализации планов, т. е. в сторону, прямо противоположную тому, что делает возможным и необходимым внедрение электронной вычислительной техники и в чем находится основной ключ ее эффективности.

Разумеется, укрупненные модели экономики имеют определенное значение для прослеживания установившихся тенденций развития экономики и получения некоторых качественных рекомендаций в направлении улучшения ее структуры⁸ (да и то лишь при условии достоверности используемой в моделях агрегированной информации). В то же время они совершенно не годятся для конкретных плановых решений, которые жизнь постоянно требует от наших высших плановых органов. Не может существовать помощь делу (во всяком случае принципиально улучшить планирование) и простое перекаldывание на ЭВМ сложившихся в доэлектронную эпоху процедур планирования.

В настоящей работе предпринята попытка описания комплексной автоматизированной системы планирования, основанной на идеях универсальной информационной базы, и такой ее модельной завязки на верхнем уровне, которая, как нам представляется, обеспечивает достаточную гибкость и адаптивность системы ко всем возможным ситуациям и требованиям к высшему уровню планирования. В основе этой модели лежит предложенная автором ранее система ДИСПЛАН, хотя, разумеется, она составляет лишь небольшую часть всей описываемой системы. Ввиду универсальной информационной базы предлагаемая система может быть замк-

⁸ Такие модели нашли применение в капиталистических странах именно для этих целей.

пута и на любые другие модели планирования, в частности она может обеспечить достоверной информацией любые известные в настоящее время агрегированные модели.

Несколько слов о возможной тактике внедрения системы. Хорошо известно, что создание универсальной интегрированной информационной базы является весьма трудоемким и длительным процессом. Завершаясь после своего окончания качественно новым «взрывным» эффектом улучшения планирования на всех уровнях, работа по созданию системы при обычном методе ее ведения (сначала вся информация, а потом все задачи системы сразу) может в течение значительного промежутка времени не давать непосредственной практической отдачи. Поэтому тактически наиболее правильным является разумное сочетание системного и позадачного методов: имея в качестве стратегической цели создание по-настоящему эффективной системы на интегрированной информационной базе, необходимо наметить такой путь создания этой базы, когда становилось бы возможным на уже созданных ее частях запускать в эксплуатацию отдельные задачи, которые затем без существенных переделок войдут в состав целостной системы.

Как показывает опыт, подобный путь создания интегрированных систем оказывается при умелом планировании разработок не только возможным, но и достаточно эффективным даже в своей «позадачной» части, не говоря уже о дополнительном «взрывном» выигрыше в конце разработки.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВНЕ ГОСПЛАНА

Для правильного понимания существа предлагаемой системы прежде всего необходимо подчеркнуть, что она отнюдь не сводится лишь к автоматизации плановых расчетов в Госплане, а охватывает весь комплекс движения нормативной и плановой информации в масштабах всей страны, вплоть до отдельных производственных участков и рабочих мест. Далее, в основу оценки степени напряженности планов, критерия эффективности работы всех звеньев народного хозяйства, а также системы ценообразования положено понятие *конкретно-нормативного чистого выпуска, обеспеченного спросом*. Не тратя времени на объяснение хорошо известного понятия нормативного чистого выпуска, отметим что принципиально новое, что вносит в это понятие введенная нами часть «конкретно». Под конкретно-нормативным чистым выпуском какого-либо экономического звена (участка, цеха, предприятия и т. п.) мы понимаем тот чистый выпуск, который это звено могло бы получить при использовании всех известных на данный момент в мировой практике организационно-технических средств *применительно к конкретным условиям данного звена* экономического механизма.

Хорошо известно, что именно такая конкретизация нормативов (с сохранением их максимально возможной прогрессивности) представляет собой практически наиболее трудную задачу. Ведь машиностроительные предприятия, использующие в принципе одну и ту же технологию и выпускающие одну и ту же продукцию, могут довольно сильно отличаться друг от друга по предельным нормативам (материальным и трудовым) в зависимости от индивидуальных характеристик и степени изношенности оборудования, от местоположения предприятия, трудностей набора рабочей силы и т. п. Тем более трудными представляются задачи конкрети-

зации прогрессивных нормативов применительно к транспортным, добывающим или сельскохозяйственным предприятиям. В результате рождаются «обтекаемые» единицы измерения, вроде гектаров мягкой пахоты, которые за внешней строго нормативной формой дают фактически полный простор волюнтаризму.

Создание системы внешних организаций или определения конкретных прогрессивных нормативов не решит вопроса. Во-первых, такая система была бы чрезмерно громоздкой и дорогой, а во-вторых, из-за лучшего знания конкретной ситуации на местах непосредственно работающими там людьми и их незаинтересованности в полном раскрытии нормативных и плановых возможностей. Создалась бы основа для бесконечных споров, в которых трудно было бы различить правых и виноватых. Необходима поэтому система получения достоверной информации о действительных нормативных и плановых возможностях *непосредственно от низовых экономических звеньев*, владеющих всей полнотой необходимой конкретной информации.

Вопрос о создании механизма извлечения такой информации (в явном или неявном виде) — вопрос номер один для любой экономической системы. Для относительно простых производств с малым числом взаимосвязей и длительными периодами выпуска одной и той же продукции таким механизмом (хотя и не лишенным известных недостатков) является классический рыночный механизм со свободной игрой цен и конкуренцией производителей. Однако для сложного современного производства даже в условиях капиталистической системы этот механизм оказывается сегодня практически непригодным. Ведь для эффективного действия классического рыночного механизма как регулятора цен и объективного оценщика эффективности работы производителей необходимо выполнение по крайней мере трех обязательных условий. Во-первых, это наличие большого числа (столь большого, чтобы действовал статистический закон больших чисел) независимых потребителей. Во-вторых, наличие достаточно большого (чтобы исключить возможность монопольного сговора и обеспечить проявление достаточно большого разнообразия инициативы и увеличение эффективности производства) числа конкурентоспособных (по величине находящихся в их распоряжении ресурсов) производителей. И, наконец, в-третьих, необходимо, чтобы период подготовки производства нового или модернизированного продукта (включая организацию всех необходимых для его производства внешних связей) был существенно меньше времени его существования на рынке в неизменном виде.

Для большинства видов продукции современного машиностроения и во многих других областях сегодня эти условия заведомо не выполняются. Но даже в случае их выполнения эффективность использования принципа конкуренции предприятий в фирм в условиях социализма неизбежно ограничивается необходимостью соблюдения двух важнейших его положений. Речь идет о справедливом распределении доходов (не допускающем наличия сверхвысоких вознаграждений) и об обязательном условии отсутствия безработицы.

Говоря языком теории управления, необходимость соблюдения этих положений уменьшает возможности оптимизации управления за счет заведомого ограничения возможной области изменения управляющих параметров. Тем самым становится ясно, что использование принципа борьбы за большую прибыль на основе конкуренции предприятий в условиях социализма может иметь в лучшем случае лишь вспомогательное, заведомо ограниченное значение.

Поэтому в описываемой системе применяется принципиально другой, новый механизм эффективного раскрытия производственных возможностей всех звеньев экономики. Он предполагает безусловное выполнение двух упомянутых выше базовых социалистических принципов и не подвержен проанализированным ранее ограничениям, присущим классическому рыночному механизму. В частности, он будет столь же эффективен, если число производителей и даже число потребителей сведется к одному.

Основополагающей идеей предполагаемого механизма является разделение управленческого (частично научно-производственного) персонала в каждом звене управления экономикой на три части, со строго регламентированными обязанностями и различными системами стимулирования. Заметим, что требуемая структура управления, правда, пока с другими, чем мы предлагаем, функциональными обязанностями и системами стимулирования, была принята недавно в ЦРБ. Следуя принятой там терминологии, будем называть предусматриваемые системой три основные части аппарата управления в каждом звене *разрабатывающим, исполнительским и контрольным* блоками. Четвертый, так называемый *обслуживающий*, блок не играет существенной роли в процессе планирования и потому в дальнейшем будет опущен из рассмотрения.

Главная задача разрабатывающего блока любого экономического звена в описываемой системе заключается в том, чтобы в регламентированном соответствующим образом планово-нормативных документах вскрывать предельные производственные возможности этого звена (в вариантном виде и, если необходимо, с конкретными условиями). Свою работу разрабатывающий блок должен строить на основе хорошо организованной информационной базы.

Первую часть этой базы составляет универсальная информационная модель данного звена, содержащаяся в автоматизированной системе управления звеном. Если она построена в соответствии с принципами, изложенными во введении в данную работу, то способна легко и быстро снабдить разрабатывающий блок *объективной* информацией о существующих в данный момент производственных возможностях и текущих фактических нормах (материальных и трудовых). На основании этой информации разрабатывающий блок должен вести в АСУ свою человеко-машинную систему детального технико-экономического анализа, оптимизации использования ресурсов, планирования организационно-технических мероприятий, которые можно осуществить своими (данного звена) средствами, а также планово-программных разработок для нужд всех видов планирования.

Вторую часть информационной базы составляет информация о текущих и планируемых нормах на аналогичных производствах в национальном масштабе. Такие сведения должны извлекаться из локальных АСУ и представляться в любой форме, требуемой потребителями в рамках единой системы социально-экономической информации ОГАС. В эту же систему из системы научно-технической информации должна поступать и представляться пользователям вся доступная зарубежная нормативная информация. Разрабатывающий блок использует ее для ориентировки в отношении собственного технико-экономического уровня и получения адресов возможных источников передового опыта.

Следующая часть информационной базы разрабатывающего блока — различного рода изобретения, рационализаторские предложения, новые технико-организационные мероприятия и т. п. Все их источники (как внутренние, так и зарубежные) должны замыкаться через национальную

патентно-лицензионную систему (с соответственно расширенными функциями) и через ОГАС становится достоянием разрабатывающих блоков. Сюда должна быть добавлена также информация о действующих и планируемых стандартах.

Следующий вид информации — информация об имеющихся предложениях на возможную поставку или потребление (продажу или покупку) различного вида продукции. Эти предложения поступают в национальную систему от всех разрабатывающих блоков производственных звеньев экономики или от внешнеэкономических организаций.

На основании анализа всей этой информации разрабатывающий блок должен готовить и передавать руководству своего звена, разрабатывающему блоку следующего (более высокого) уровня и национальной системе ОГАС информацию для кратко-, средне- и долгосрочного планирования по следующей общей схеме: наименование и шифр предлагаемой к производству продукции, ее цена и качественная характеристика, количество ее выпуска за плановый период с более детальной календарной разбивкой, кому предполагается (или уже договорено) поставить продукцию, количество, номенклатура, цена, требования к качеству и календарь затрат продукции, поставляемой извне, желательные (или уже определенные) поставщики, количество затрат трудо- и фондочасов (по различным видам технологических процессов в общем производственном цикле) на каждый вид продукции, сравнение планируемых нормативов с известными передовыми нормативами (отечественными и зарубежными), аргументация предельности (в конкретных условиях данного звена) принятых нормативов, минимально необходимые общепроизводственные (накладные) затраты в материальном (человеко-часы по видам профессий, киловатт-часы и т. п.) и денежном выражении с обоснованием их действительной необходимости для производства и, наконец, резервы (трудовые и материальные), которыми располагает руководство данного экономического звена (с выделением частей резерва, обусловленных объективными и субъективными факторами). О последнем следует сказать особо. Весь смысл системы, состоящий в стимулировании максимальной добросовестности в оценке действительно предельных возможностей любого данного звена экономики, будет сведен к нулю и даже превратится в минус, если предельные возможности будут немедленно и полностью реализовываться в фактических планах, утверждаемых для звена. Любой сбой в материально-техническом снабжении, случайная авария, внезапная эпидемия или отвлечение людей на другие работы (строительные, сельскохозяйственные и др.) сразу же обернутся не только невыполнением плана в данном звене, но цепной реакцией срывов выполнения планов во всех взаимосвязанных с ним звеньях. Эти срывы могут привести (и, как правило, в нынешних условиях обязательно приведут) к гораздо большим потерям, чем те затраты, которые необходимы для создания соответствующих резервов во всех звеньях экономики. Вначале эти резервы будут достаточно большими, но по мере действия системы и укрепления плановой дисциплины их можно будет постепенно сократить до действительно необходимого (вызываемого объективными, а не субъективными факторами) минимума.

Во всяком случае четкое отделение действительно важных для производства затрат от резервов, необходимых для мероприятий, приносимых дополнительными субъективными факторами, позволит производить достоверные расчеты действительной эффективности мероприятий самой различной природы — от совершенствования технологии до укрепления плановой дисциплины и упорядочения стиля работы (включая четкое

определение круга обязанностей каждого экономического звена). А без таких расчетов не может быть и речи об эффективном управлении.

Возвращаясь снова к информации, выдаваемой разрабатывающим блоком, добавим, что, руководствуясь утвержденными системами начисления зарплаты и определенными ранее нормативами материальных и трудовых затрат (включая необходимые общепроизводственные и объективно необходимые затраты на резервы), вычисляются (в денежном выражении) плановый конкретно-нормативный чистый продукт, плановая себестоимость и другие экономические показатели плана.

Отметим, что указанные плановые предложения должны представляться, как правило, в нескольких вариантах, быть детализированными по видам производств и обязательно *персонифицированными*. Последнее означает, что для каждого норматива, для каждой конкретной плановой разработки должны указываться имена ответственных за них работников разрабатывающего блока. Причем распределение обязанностей должно быть таким, чтобы ни один представитель разрабатывающего блока не был исключен из указанной обязательной персонификации.

Очень важно отметить также следующее: чтобы выдержать в плановых предложениях предельные нормативы по всем показателям, и особенно по использованию основных фондов, в них, помимо основной продукции должны быть предложения (быть может, без прямой адресации возможных потребителей) по производству дополнительной продукции (скажем, литья) для обеспечения полной загрузки всего оборудования. Поскольку при этом ресурсы предприятия могут оказаться несбалансированными, то предложения могут носить условный характер. Например: «можно взять дополнительные заказы по производству деталей такого-то вида с такими-то показателями при условии повышения численности рабочих таких-то специальностей на такие-то величины». Условия могут иметь, разумеется, и любой другой характер.

В системе распределения обязанностей должны быть регламентированы (и обязательно персонифицированы) правила, определяющие не только форму и сроки подготовки информации, но и ее движение, и, что особенно важно, *ответственность за принятие решений* (в пределах компетенции данного звена). Имея в виду противоречивость интересов разных блоков (и прежде всего исполнительского и разрабатывающего), целесообразно, по-видимому, чтобы при руководстве данного звена была специальная группа квалифицированных советников для разбора конфликтов и подготовки решений руководства. Эти советники разделяют с руководством звена ответственность за принятые решения, поэтому в дальнейшем изложении (особенно в описании организации стимулирования) будем относить их к руководству звена. Важно, чтобы в своей работе руководство имело прямое взаимодействие с АСУ звеном.

Детальная регламентация обязанностей персонала, а также порядка формирования, движения информации и процедур принятия решения каждого звена должны быть предметом тщательной инженерной проработки, а в системе АСУ должна быть предусмотрена подсистема непрерывного совершенствования организационной структуры и функциональных обязанностей каждой штатной единицы управленческого персонала. Тем не менее в реальной жизни будут всегда возникать вопросы, в частности об адресации условий, выдвигаемых разрабатывающим блоком, и лицам, ответственных за принятие решений по реализации этих условий. Условия должны сопровождаться рекомендациями по их адресации и принятию необходимых решений, а в обязанности только что упомянутой выше

подсистемы АСУ и руководства звена раз и навсегда должна быть включена обязанность по принятию решений в отношении этих рекомендаций и, если необходимо (например, если предложением вскрыт новый класс обязанностей, упущенных при первоначальной разработке подсистемы), то и о внесении тех или иных дополнений в эту подсистему.

При разрешении конфликтов, возникающих внутри звена, в ряде случаев может возникать необходимость в эксперименте. Например, может вызывать сомнение реальность некоторого норматива, предлагаемого разрабатывающим блоком. Тогда в составе звена (в данном примере в составе разрабатывающего блока) должны находиться средства для проведения такого эксперимента, например специальный экспериментальный цех службы подготовки производства или одной из НИИ (КБ). Именно это обстоятельство имелось в виду выше, когда упоминалось, что в состав блоков (в данном примере разрабатывающего) может включаться не только сугубо управленческий, но и научно-производственный персонал.

Описанные до сих пор формы подготовки информации разрабатывающим блоком относились главным образом к текущему (краткосрочному) планированию. В среднесрочном и долгосрочном планировании наряду с планами производства решающую роль играют планы модернизации, реконструкции и капитального строительства, направленные на расширение ресурсов данного звена (или на создание нового). Эти планы могут носить эпизодический (направленный на реализацию отдельных предложений относительно небольшого масштаба) или *программно-целевой* характер (для реализации комплекса предложений большого масштаба).

Для добывающих предприятий (шахты, разрезы, промыслы, лесоразработки и др.) даже обеспечение текущей работы требует непрерывной подготовки новых фронтов. Такую работу, если она не предусматривает расширения мощностей, а лишь их поддержание на заданном уровне, мы (подобно эксплуатационным расходам на стационарных предприятиях) будем относить к производству основной продукции. Планы же, о которых здесь идет речь, связаны лишь с *расширением* мощностей (по объему или по их возможностям).

Проекты подобных планов *развития* данного звена также представляются его разрабатывающим блоком на основании инженерных проектов, выполненных специальными проектными организациями, которые могут полностью или частично находиться за пределами данного звена.

Плановые предложения, представляемые разрабатывающим блоком, должны содержать характеристику (производственные возможности) вводимых новых ресурсов с разбивкой их на блоки (технологические линии), способные к самостоятельному выпуску какой-то продукции, для которой возможен сбыт, сроки и взаимозависимость их ввода (в нескольких вариантах в зависимости от обеспеченности ресурсами), предлагаемая их загрузка (с указанием характеристик продукции, возможных ее потребителей, материальных и трудовых затрат на ее производство, предполагаемой себестоимости и предлагаемой оптовой цены, а также наименования возможных или уже определенных поставщиков материалов и комплектующих изделий). Обязательной составной частью планового предложения являются характеристика материальных и трудовых затрат на весь проект в целом и на отдельные составляющие его (способные к самостоятельному функционированию) блоки, сравнение этих затрат с лучшими отечественными и зарубежными показателями, обоснование их необходимости в данном конкретном случае, а также имена предполагаемых или уже определенных подрядчиков, субподрядчиков и поставщиков оборудования.

Здесь необходимо сделать одно важное замечание. Дело в том, что даже при среднесрочном (пятилетнем) планировании, не говоря уже о долгосрочном, приходится считаться с фактом, что далеко не все инженерные проекты, из которых должна извлекаться описанная выше информация, будут завершены к моменту составления плана. Предлагается поэтому изменить подход к документированию различных этапов проектно-конструкторских работ. Вся необходимая для планирования информация (о технологических характеристиках проектируемого оборудования и целых заводов, а также о затратах на их изготовление, строительство и монтаж) должна присутствовать, пусть в первоначальном, оценочном виде, в документах *всех стадий* проектирования — от технического задания до окончательного рабочего проекта, последовательно уточняясь от стадии к стадии.¹

Всякое уточнение этой информации должно немедленно становиться достоянием разрабатывающего блока заказчика, а им в свою очередь немедленно реализовываться в виде соответствующих корректировок ранее сделанных плановых предложений. Для уменьшения числа таких корректировок в систему стимулирования сотрудников проектных институтов должна быть введена практика постепенного повышения (до определенного уровня) основной зарплаты тем проектировщикам, которые заранее дают правильные оценки (оправдывающиеся при фактической реализации проекта) необходимой для планирования нормативной информации. Причем за серьезные ошибки в этом отношении добавка должна полностью или частично сниматься, разумеется, с сохранением возможности ее постепенного восстановления при условии последующей добросовестной работы.

Для долгосрочных (перспективных) планов строительства, реконструкции, проектные работы по которым еще не начаты, а имеются лишь общие идеи об их необходимости или желательности, началу фактических проектных работ должен предшествовать этап *непрерывного*, с постоянным уточнением, прогнозирования соответствующих (необходимых для перспективного планирования) показателей, реально достижимых к соответствующему моменту времени в наших конкретных условиях. Такое же непрерывное прогнозирование соответствующих показателей должно выполняться также применительно к наиболее передовому мировому уровню.

Учитывая сложность и большую комплексность такого рода прогнозов, к участию в них, в виде постоянной обязанности, следует привлечь все лучшие научно-технические силы страны. Методика комплексного (взаимосвязанного по всем смежным вопросам) прогнозирования разработана под руководством автора в начале 70-х гг. и прошла успешные испытания в практике совместного с ГДР прогноза развития электронной вычислительной техники до 1990 г.

Важно подчеркнуть, что необходимость как можно более раннего извлечения нужной для планирования нормативной информации возникает не только в случае строительства и реконструкции. То же самое происходит, когда проектируется и готовится к выпуску на уже существующих предприятиях новая продукция. Первая информация о ней должна распространяться через национальную систему (ОГАС) в момент оформления идеи на создание этой продукции. Одновременно с машинной информацией до потребителей целесообразно доводить и обычную рекламную информацию с рисунками и более подробным описанием потре-

бительских характеристик продукции (с обязательным указанием ориентировочной цены).

Разрабатывающий блок, который готовит такую информацию, несет ответственность также за правильный выбор натуральных показателей, определяющих истинное потребительское назначение планируемой продукции. Например, при изготовлении автомобильных шин важно не столько количество штук, сколько суммарное количество километров пробега машин на выпущенных шинах. Оборудование должно характеризоваться не только своей производительностью, но и показателями, влияющими на качество производимой им продукции, а также эксплуатационными показателями (частота профилактик и ремонтов, их сложность, выраженная во времени и затратах, и т. п.).

Информация об идеях создания новых *потребительских* товаров должна через рекламную службу торговой сети, всевозможные выставки, ярмарки и т. п. оперативно доводиться до как можно большего числа потенциальных потребителей этих товаров. А разрабатывающие блоки различных звеньев системы торговли должны путем организации соответствующих опросов, предварительных заявок и др. получать и оформлять в плановые предложения информацию о количествах продукции любых дащих видов, которые наилучшим образом удовлетворяют будущий потребительский спрос.

Смысл предложения об организации широкого обмена информацией о будущем предполагаемом выпуске продукции с возможно большим упреждением по отношению к моменту выпуска вряд ли нуждается в обширных пояснениях. На создаваемом таким образом «рынке идей» будущие производители и потребители находят друг друга, имея максимально возможное время для того, чтобы в плановом порядке подготовиться и должным образом, а главное, своевременно оформить все сложные системы взаимосвязей, необходимые для выпуска большинства наименований современных видов продукции.

Найдя (через систему) будущих потребителей новой продукции, соответствующее экономическое звено, *еще не сделав сколько-нибудь заметных затрат на разработку проектов и подготовку производства*, имеет возможность договориться о приемлемой для потребителей цене, что, с одной стороны, дает должную ориентировку проектантам, а с другой, — уверенность в будущем сбыте и конкретный материал для составления долгосрочных планов. Разумеется, устанавливаемые подобным договорным образом будущие ориентировочные цены до момента начала фактических расчетов по ним должны пройти необходимое утверждение в Комитете цен. Кстати, в этом случае он будет иметь, как правило, достаточно времени для осуществления необходимого контроля за правильностью ценообразования, что для новой продукции обычно представляет нелегкую задачу.

Общее руководство и координацию действий для поиска и установления связей между будущими потребителями и поставщиками в национальной системе должны взять на себя органы Госнаба СССР. В случае, если они располагают соответствующими материальными возможностями (прежде всего складами и оборотными фондами), эти органы могут выступать на описанном «информационном» рынке в качестве договорных партнеров, т. е. они заключают договор на покупку той или иной продукции для ее складирования и последующей продажи (также на договорных основах) нуждающимся в ней экономическим звеньям.

В отношении возможных зарубежных партнеров (потребителей и по-

ставщиков) аналогичные координационные функции должно выполнять Министерство внешней торговли. При этом оно должно все время следить за внешнеторговым балансом по обеим категориям валют, используемых в настоящее время. Соответствующие договоры с зарубежными партнерами заключаются лишь через это министерство.

Что же касается технической базы национальной информационной системы для организации подобного «информационного» рынка, или «рынка идей», то она неоднократно описывалась автором (см., напр.: «Введение в АСУ». — Киев, 1972). Ее основу составляет Государственная сеть вычислительных центров, объединенных в единую систему каналами связи и специальным математическим обеспечением.

Огромное преимущество «рынка идей» — резкое увеличение возможностей запараллеливания подготовки производства по всем целям будущих технологических взаимосвязей. Для этого на «рынок» выпускаются условные идеи вида: «Объединение может через три года разработать и организовать выпуск в таких-то количествах новой машины с такими-то характеристиками и ориентировочной ценой, если к этому времени найдется поставщик такого-то количества нового материала с такими-то свойствами и с ценой, не превосходящей такую-то величину». Если соответствующий поставщик найдется и это обстоятельство будет оформлено планом, то конструктор машины получит юридическую и материальную основу для применения в проекте еще не существующего материала.

Сейчас, за редким исключением, подобные процессы выполняются последовательно: конструктор проектирует машину, ориентируясь на уже выпускаемые материалы, и в лучшем случае лишь через три года, когда будет создан новый материал, начнет проектировать новую машину. К тому же экономическое звено, ответственное (в принципе) за выпуск материалов этого класса, не зная возможностей будущего сбыта и не имея возможности своевременно произвести соответствующие экономические расчеты, может и не спешить с разработкой и тем более с организацией выпуска нового материала.

При сложных взаимосвязях выигрыш во времени при запараллеливании не только разработок, но и процессов подготовки будущих взаимосвязанных производств (включая, если надо, новое строительство) может быть огромным (в 5—6 и более раз).

Мы уделили много внимания вопросам взаимосвязки планов по горизонталям, т. е. между звеньями одного и того же уровня. Общая схема организации вертикальных связей при планировании в описываемой системе в основном совпадает с общепринятой: планирование производится в отраслевом и территориальном разрезах в результате движения плановой и нормативной информации снизу вверх и сверху вниз. При передаче плановых предложений снизу по мере их движения вверх происходит их укрупнение (агрегация) по номенклатуре, срокам, именам поставщиков и потребителей.

В отличие от принятого подхода процесс агрегации в системе предполагается гибким, находящимся все время под контролем Госплана. В зависимости от предполагаемой величины изменения пропорций в величинах производства той или иной продукции в каждом очередном туре плановых расчетов Госплан определяет перечень своей номенклатуры. Как правило, она достаточно агрегирована. Однако в случае, когда удельный вес какой-либо важной для народного хозяйства продукции (например, нового материала), значителен она может попасть на уровень Госплана без агрегирования ее с какой-либо другой продукцией.

Второе важное отличие заключается в том, что в таких комплексных производствах, как машиностроение, являющихся, по существу, объединением технологически весьма разнящихся и более или менее самостоятельных производств (литье, механическая обработка, сборка и т. д.), планы и ресурсы (мощности и трудовые ресурсы) агрегируются и доводятся до уровня Госплана в рамках этих отдельных производств (условных подотраслей). Это позволяет резко увеличить возможности управления специализацией предприятий и улучшить загрузку мощностей, ведь при рассмотрении производственных мощностей машиностроительного предприятия как единого целого его максимальная загрузка данной номенклатурой изделий лимитируется, как правило, одним узким местом (например, литейным производством), а остальные мощности могут оказаться (и часто фактически оказываются) сильно недогруженными.

Третье отличие заключается в том, что Госплан, оценивая поступающие к нему агрегированные плановые наметки по критериям национального масштаба, выступает в качестве своеобразного дирижера работы разрабатывающих блоков всех уровней: от Госплана в процессе разработок планов постоянно передается вниз и дезагрегируется по иерархической лестнице информация о том, какие ресурсы в национальном масштабе являются дефицитными, а какие — избыточными с соответствующим ранжированием степени дефицита и избыточности. Эта информация дает ориентировку разрабатывающим блокам о том, какие ресурсы надо экономить, ускорять темпы их расширения или заменить внешнеторговыми связями, а какие использовать в большей мере. При использовании быстрых связей АСУ по вертикали (в рамках национальной системы) осуществляется быстрый подъем до уровня Госплана (с соответствующей агрегацией) изменений в ранее заданных плановых наметках, направленных на выполнение выставляемых Госпланом требований. Госплан оценивает удельный вес различных предложений в улучшении плана в национальных показателях и передает эту информацию вниз для организации постоянной оценки вклада различных экономических звеньев в решение плановых проблем национального масштаба.

Несколько слов о процедурах подготовки и агрегации плановых решений. Для отраслевого разреза имеются три базовых уровня планирования (до Госплана), а именно: предприятие, объединение и министерство. На уровне предприятий плановые предложения включают в себя подробные разработки по отдельным производствам и цехам или производственным участкам (по формам, о которых говорилось выше)⁹. Разумеется, и это должно быть отражено в подготавливаемых материалах, большинство связей цехов замыкается внутри предприятия, хотя, как уже отмечалось выше, для обеспечения полной загрузки мощностей отдельные цеха могут иметь и внешние заказы. Заметим, еще, что независимо от того, внедрены ли на предприятиях фактический цеховой хозяйственный расчет, плановые расчеты обязательно должны включать в себя цеховые показатели себестоимости и условной отпускной цены по всем видам продукции (в том числе и внутризаводской номенклатуры), выпускаемой цехом.

Как правило, на уровне предприятий поставщики и потребители, равно как и подробная номенклатура, и календарное расписание, и размеры партий взаимных поставок, должны быть точно определены в *любой момент минимум на три-четыре квартала вперед*. С этой целью годовой

⁹ В дальнейшем для сокращения изложения все такие отдельные составные части предприятия (завода, шахты, промысла, лесоразработки и др.) будем называть цехами.

план в конце каждого очередного квартала продвигается на один квартал вперед. Таким образом, работа по планированию продолжается непрерывно в течение всего года и любого квартала. Аналогично плановые разработки по пятилетнему плану в конце каждого очередного года продвигаются на один год вперед, а по перспективному плану (для которого целесообразно установить период в 20 лет) продвижение осуществляется на пять лет в конце каждой пятилетки.

Указанные сроки точной увязки планов по всем связям и показателям минимум на три-четыре квартала вперед относятся в основном к производствам с коротким циклом. Что же касается производств с относительно длинными циклами (например, судостроение и, конечно, строительство), то здесь такие подробности в плановых разработках по каждому изделию желательны на полный цикл его изготовления.

Укрупнение (агрегация) плановых разработок на уровне объединения происходит, во-первых, за счет исключения из планов связей, замыкающихся внутри предприятий. Во-вторых, по устоявшимся внешним связям предприятий могут производиться (с учетом объявляемых Госпланом текущих правил агрегации) агрегация по номенклатуре взаимных поставок по внешним связям и соответствующее укрупнение календарных сроков. В-третьих, производится укрупнение учета ресурсов: не отдельные единицы оборудования, а группы однотипного оборудования; не индивидуальные данные о каждом работающем, а их разбивки по профессиям (за исключением персонала управления объединением). Но при этом агрегация, как уже отмечалось выше, должна выполняться не по принципу административного деления объединения на отдельные предприятия, а по видам производств.

При переходе на уровень министерства производится дальнейшая агрегация показателей. Важно отметить при этом одно существенное обстоятельство. Для повышения роли пятилетнего плана чрезвычайно важно, чтобы плановые разработки выпуска продукции на уровне министерств были в любой данный момент времени обеспечены точным указанием агрегированных потребителей этой продукции и агрегированных поставщиков, обеспечивающих материально-техническое снабжение, на четыре-пять лет вперед. Под агрегированными поставщиками и потребителями понимаются министерства (возможно, иногда объединения), территориальные организации (например, обл-, горторги), а также иностранные внешнеторговые организации и фирмы.

Как уже отмечалось, по истечении очередного года пятилетний план продвигается на один год вперед. Таким образом, в любой данный момент времени действует *расчетная пятилетка*, до конца которой остается не менее четырех лет. Ее разработка производится под руководством Госплана и под наблюдением директивных органов. Очередная расчетная пятилетка утверждается Госпланом каждый год. Ее не следует путать с директивной пятилеткой, утверждаемой партийными съездами и Верховным Советом по-прежнему раз в пять лет.

Территориальное планирование осуществляется по аналогичной, по все же несколько иной схеме. Основные уровни планирования: город или сельский район, область, экономический район в том или ином сочетании с республиканским уровнем (малые республики могут входить в один экономический район, а большие — подразделяться на несколько).

Одно из главных назначений территориального планирования — наиболее полное (с учетом имеющихся возможностей) удовлетворение потребностей населения в питании, одежде, хозяйственных и культурно-

бытовых товарах, в жилье, в коммунальных услугах, образовании, общественном транспорте, медицинском и курортно-санаторном обслуживании, спортивных сооружениях, сети бытовых и культурно-просветительных учреждений, сети связи, радиовещания и телевидения, местной печати, охране общественного порядка и т. п. Сюда же относятся различного рода местные программы развития территории: дороги, лесопарковые зоны и зоны отдыха, мелиоративные работы, укрепление берегов, лесонасаждения, охрана памятников культуры и окружающей среды и т. п.

Важной составной частью территориального планирования является планирование сельского хозяйства и местной промышленности (не в смысле нынешнего узкого понимания, а в смысле всей промышленности, находящейся под юрисдикцией соответствующих территориальных органов управления).

Для сельского хозяйства и для других отраслей, находящихся в сильной зависимости от труднопредсказуемых природных условий (например, рыболовство), предельные плановые предложения должны обязательно выдаваться в виде нескольких вариантов для различных возможных конкретных условий. Что же касается условий, связанных с обеспечением ресурсами (прежде всего минеральными удобрениями), то здесь для больших возможностей оптимизации планов целесообразно наряду с предлагаемыми конкретными плановыми вариантами давать научно обоснованные *нормативные зависимости* урожайности различных культур от различных факторов, в том числе от количества вносимых удобрений.

Поскольку начальные (желаемые) плановые разработки развития территории, особенно городов (включая жилищное и иное непромышленное строительство), являются, как правило, завышенными по отношению к имеющимся у государства ресурсам (и такое завышение желательно сохранить), важно, чтобы такие разработки носили блочный характер. Под этим понимается, что проект плана развития, скажем, города должен состоять не из отдельных разделов по отраслям (жилье, общественный транспорт и т. п.), а из комплексных блоков, в каждом из которых пропорционально объему вводимого жилья предусматривалось бы и все остальное (включая дороги, общественный транспорт и т. п.), необходимое для обеспечения населения. Необходима также технологическая схема (сетевой график) взаимозависимостей этих блоков с точки зрения последовательности создания.

Такая структура плановых разработок позволяет в процессе балансирования ресурсов, когда выявляется их недостаточность для реализации в данный плановый период всех намечавшихся мероприятий, осуществлять экономически и технически грамотно их поблочное отключение (точнее, отнесение на более поздние плановые периоды).

Вопрос о том, каким образом изучать и организовывать будущий потребительский спрос и отражать его в плановых разработках, был уже нами кратко освещен выше.

Важно также упомянуть об обязательности тесной связи отраслевого планирования с территориальным. Один вопрос здесь достаточно ясен (в основном он решается и сегодня). Речь идет об обязательном согласовании планов расширения старых и строительства новых предприятий с территориальными органами планирования и управления с целью своевременного их учета в планах развития территории, в частности в строительстве жилья, в обеспечении потребностей населения с учетом его роста, который является не только естественным, но и результатом предполагае-

мой миграции, вызванной развитием производства на местном подчинении на данной территории.

Кстати, такие локальные демографические прогнозы должны не только регулярно составляться в каждом низовом территориальном звене, но и агрегироваться вверх с последующей корректировкой в результате подведения баланса и сравнения его результатов с общенациональным и демографическим прогнозом.

Важным является вопрос о составлении материальных, денежных и «тоннажных» балансов по территории. В результате должны получиться данные по ввозу, вывозу, выработке и потреблению различной продукции на рассматриваемой территории. Поскольку на территории может быть размещено производство более высоких уровней подчинения (в частности, союзного), точная номенклатура продукции которой не входит в компетенцию местных органов планирования, то материальные балансы должны быть, по необходимости, даже на нижнем уровне, достаточно глубоко агрегированными (например, ввоз и вывоз продукции тяжелого машиностроения). Поэтому, по существу, чисто материальные балансы оказываются невозможными, так что в действительности под этим понимаются материально-денежные балансы.

В то же время важно и наличие сугубо денежного баланса, который дает единую основу для оценки вклада каждой территории в национальную экономику и степени ее «самокупаемости». Для нужд внешней торговли необходимо иметь еще валютные балансы в разных категориях валют. С этой целью органы территориального планирования должны иметь доступ (через национальную информационную систему) к информации о ценах на мировом рынке, которая должна вводиться в систему внешнеэкономических организациями.

Наконец, «тоннажный» баланс должен давать величины ввоза и вывоза с данной территории, выраженные в весовых единицах. Эти данные должны быть специфицированы по территориям того же уровня, т. е., скажем, для области показывать ее «тоннажный» обмен (с раскладкой по срокам) со всеми другими областями. Эти данные кладутся в основу планирования текущей работы и развития территориальных (более высоких уровней) и общесоюзной транспортных систем.

При отраслевом планировании на всех уровнях, вплоть до Госплана, в качестве критерия оптимизации планов целесообразно выбрать критерий максимального использования ресурсов (трудовых мощностей) для производства обеспеченной сбытом (причем предпочтительным) продукции. Термин «предпочтительный» означает, что при выборе вариантов загрузки продукцией одного и того же типа (например, обуви) предпочтение должно отдаваться производству той продукции, которая пользуется наибольшим спросом. С этой целью разрабатывающие блоки экономических звеньев разного уровня (в первую очередь нижнего) в своих заявках на материально-техническое снабжение должны указывать ранжировку взаимозаменяемой продукции по степени ее предпочтительности (с соответствующей градацией возможных цен, при которых эта ранжировка сохраняет силу).

Поскольку действующие в каждый данный момент времени цены не могут быть абсолютно совершенными, может оказаться, что план, оптимальный по предлагаемому критерию, не только не оптимален по действующей системе стимулирования, но даже просто невыгоден для данного экономического звена. Поскольку выбранный нами критерий является *объективно* правильным (ведь наилучшее использование ресурсов для выпуска

наиболее нужной продукции — цель любой экономической системы), то возникновение подобной ситуации есть сигнал о неправильности действующих цен. Поэтому при возникновении подобной ситуации в обязанности разрабатывающего блока поставщика (при участии разрабатывающих блоков потребителей) вменяется немедленное аргументированное обращение в Комитет цен об изменении соответствующих цен. С целью быстрого решения подобных вопросов в объединениях и на отдельных крупных предприятиях целесообразно иметь постоянных представителей Комитета цен. На них попутно можно было бы возложить функции непосредственного государственного контроля за правильной работой разрабатывающих и контрольных блоков соответствующих экономических звеньев.

Вообще было бы целесообразно, чтобы Комитетом цен устанавливалась не точная цена, а границы (поначалу достаточно узкие) возможного ее изменения. В пределах же этих границ цена на любые конкретные поставки могла бы устанавливаться самими взаимодействующими экономическими звеньями. Чтобы не уменьшать при этом стабильности государственного бюджета, заданный процент налога с оборота должен начисляться не от фактической, а от максимальной граничной цены.

Непременное условие правильного функционирования описываемой системы — достоверность исходной информации и добросовестное выполнение своих обязанностей всеми должностными лицами, и в первую очередь должностными лицами разрабатывающих блоков. Поэтому особое значение приобретает *система стимулирования сотрудников разрабатывающих блоков*. Поскольку главное, что от них требуется, это *добросовестность*, то именно это качество и нужно стимулировать в первую очередь. Поскольку поставить постоянных контролеров над каждым работником разрабатывающего блока практически невозможно и даже просто глупо с психологической точки зрения, то контроль может и должен осуществляться выборочно и не слишком часто, но зато вполне объективно и скрупулезно. Ответственность за организацию такого контроля ложится, естественно, на контрольные блоки экономических звеньев. Основная идея предлагаемого метода стимулирования работников разрабатывающих блоков состоит в том, что для любой штатной единицы устанавливаются два уровня зарплаты — минимальный A и *значительно больший* (скажем, в два раза) максимальный уровень $A + B$. Надбавка B к минимальной зарплате добавляется при условии добросовестной работы небольшими порциями в течение достаточно длительного времени, скажем пяти лет, пока не достигнет своего максимального значения, после чего сохраняется на этом уровне (даже при переводе на аналогичную работу в другое место). Если, однако, в какой-то момент времени проверка, организуемая контрольным блоком, установит факт недобросовестности не только сотрудника на момент проверки, но и в любой момент в прошлом, то по решению руководства экономического звена, выполняющего проверку, он лишается этой надбавки. Причем должно быть установлено, что это решение распространяется и на тех сотрудников, которые за это время переменили место работы.

Важно подчеркнуть при этом следующие обстоятельства. Во-первых, проверка должна не просто выявить факты недобросовестности, а и установить ответственных за это конкретных лиц. Возможность такой персонализации проверки обуславливается тем, что, как указывалось выше, все разделы плановых и нормативных разработок обязательно персонифицируются. При этом руководитель наказываемых сотрудников разрабаты-

вающего блока не несет *прямой* ответственности за их недобросовестность, если не будет установлен факт *его собственной недобросовестности* в выполнении своих обязанностей (регламентированных соответствующей подробной разработкой). Однако если факты недобросовестности его сотрудников неединичны, то ему может быть предъявлено обвинение в плохой работе с кадрами с соответствующим дестимулированием или даже снятием с работы. Во-вторых, проверка должна быть полной (чтобы можно было потом судить о добросовестности самого контроля), т. е. проверка всей информации, выданной для проверки сотрудником или группой сотрудников на протяжении определенного достаточно большого промежутка времени, скажем пяти лет. В-третьих, проверка должна быть объективной. С этой целью она должна руководствоваться прежде всего подробным перечнем обязанностей проверяемых лиц (детализированных специальной инженерной разработкой для каждого должностного лица). Затем нужно проанализировать информацию (в АСУ данного звена и в национальной системе), которая была в распоряжении проверяемого лица на тот момент, когда он готовит проверяемую информацию. Для этого в АСУ всех звеньев и в национальной системе должна быть организована соответствующая автоматизированная архивная служба, а все поступающие в АСУ и в национальную систему и попадающие впоследствии в этот архив данные должны снабжаться указаниями, *кто и когда* внес их в систему. В таком случае службе контроля нетрудно установить, скажем, такой факт: «в момент, когда должностным лицом *N* составлялась плановая разработка для участка *P*, в АСУ данного звена уже было зарегистрировано рационализаторское предложение рабочего *M*, которое *N* обязан был учесть, но не учел в своей разработке».

В случае, если таким чисто формальным путем истину установить не удастся, могут быть приняты дополнительные меры: приглашение компетентных специалистов извне, проведение эксперимента и др. Все эти возможности должны быть регламентированы в разработанном до мельчайших деталей документе о порядке организации проверок.

Выбор объектов проверок производится либо по поступающим в контрольный блок сигналам, либо, чтобы не обижать добросовестных работников и исключить распространение информации о предстоящей проверке, путем случайного выбора (как это делается в лотереях или в жеребьевках) в момент, непосредственно предшествующий проверке. Этот порядок исключает также возможность избавления кого-либо от проверок на почве знакомства или по другим причинам.

В качестве объектов проверок контрольного блока любого данного экономического звена могут выступать разрабатывающий, исполнительский и обслуживающий блоки (включая контрольный) и руководство любого подчиненного ему экономического звена. О результатах всех проверок контрольный блок данного звена должен информировать контрольный блок вышестоящего звена. Чтобы сделать руководство данного экономического звена заинтересованным в добросовестной работе всех своих блоков (в том числе контрольного), для него также вводится постепенно растущая надбавка к основной зарплате за добросовестность. Эта надбавка остается неизменной, если факты недобросовестности вскрываются контрольным блоком *данного* звена, и снимается (полностью или частично), если это сделает контрольный блок вышестоящего звена. Заметим также, что контрольный блок вышестоящего звена может вскрыть и недобросовестность руководства проверяемого звена, состоящую прежде всего в *несвоевременном принятии решений* и работе с кадрами.

Отметим, что порядок введения надбавок за добросовестность в исполнении детально регламентированных обязанностей желательно распространить также на исполнительский и обслуживающий блок, хотя разница в максимальном уровне зарплат здесь, по-видимому, должна быть меньше, чем у разрабатывающего и особенно контрольного блоков. Поскольку в настоящей работе речь идет о планировании, а не о процессе исполнения планов, функции исполнительского блока нами раскрываться не будут.

Что касается контрольного блока, то фактом недобросовестности здесь можно считать только несознательные ошибки и упущения. Что же касается фактов *сознательного* искажения истины любым работником контрольного блока, то они должны рассматриваться как преступление и караться как минимум увольнением с работы без права последующей работы в любых контрольных органах.

Помимо описанного вида стимулирования за добросовестность во всех блоках могут действовать и другие системы стимулирования. В частности, во всех блоках (и прежде всего, конечно, в разрабатывающем) должна действовать существующая и сейчас система премирования за оригинальные рационализаторские предложения, вышлат за изобретения и т. п. Следует подчеркнуть, что здесь речь идет именно о своих собственных *оригинальных технических* или *экономико-организационных* идеях. Максимально полно же использование в плановых разработках чужих идей является просто служебной обязанностью каждого работника разрабатывающих блоков и стимулируется в описанном выше порядке как один из элементов добросовестности.

Могут оказаться полезными, а возможно, даже необходимыми другие системы премий в разрабатывающем блоке, например премии за вклад в дополнительное улучшение плановых показателей в национальном масштабе, достигнутый в процессе (упомянутом выше и более подробно описанном в следующем разделе работы) оптимизации планов под руководством Госплана на основе общегосударственных критериев.

Возможно, следует особо премировать тех работников разрабатывающих блоков, которые находят и включают в плановые разработки будущих потребителей и поставщиков соответствующих экономических звеньев *за пределами* минимальных сроков, установленных их прямыми служебными обязанностями.

Для работников контрольных блоков могут устанавливаться премии за своевременное раскрытие фактов крупных злоупотреблений и недобросовестности, особенно применительно к контрольным блокам нижестоящих звеньев. Возможны и другие дополнительные системы материального поощрения.

Однако поскольку для работников разрабатывающего и особенно контрольного блоков добросовестность является (по крайней мере сегодня) главным качеством, которое нужно воспитать и непрерывно поддерживать, необходимо, чтобы остальные системы стимулирования были подчиненными по отношению к основной системе стимулирования — за добросовестность. Это относится не только к системе материального поощрения, но и ко всем остальным формам (благодарностям, наградам и т. п.).

Этот, подчеркиваемый нами, примат добросовестности относится, разумеется, к работникам аппарата, от которых зависит качественная подготовка и своевременное принятие решений (в данном случае плановых). Что же касается систем поощрения работников, главным элементом труда которых является творчество (ученые, конструкторы, разработчики

новых технологий и др.), то для них, разумеется, главным качеством, на которое должна быть направлена система стимулирования, будет прежде всего *инициатива*, в частности количество новых предложений, направленных на улучшение планов.

Поэтому система стимулирования разрабатывающих блоков должна быть гибкой (управляемой сверху), чтобы поддерживать необходимую сбалансированность *инициативы* и *добросовестности*. Ведь инициатива может принести пользу лишь в том случае, когда она своевременно и добросовестно оформляется в соответствующих решениях (прежде всего плановых). Простая же добросовестность без инициативы, без постоянного притока новых идей не может обеспечить больших успехов в развитии экономики.

В заключение этого раздела еще несколько слов о системе контроля. В естественной иерархии разрабатывающих и контрольных блоков экономических звеньев высшим звеном является Госплан СССР, где (как и в республиканских госпланах) должен быть оформлен контрольный блок с соответствующими функциями и правами. Кроме того, у директивных органов должна быть еще одна общегосударственная *экономическая контрольная служба*. Такой службой мог бы стать Государственный Комитет народного контроля, но для этого он должен существенно изменить характер своей работы, направив ее в первую очередь не на выявление отдельных злоупотреблений, а на контроль добросовестной работы всего описанного экономического механизма, и прежде всего контрольных блоков его высших звеньев.

Разумеется, задачи контрольных блоков описанного нами экономического механизма не сводятся лишь к тем функциям, о которых рассказано выше. Они должны осуществлять (как это делается и сейчас) финансовые и другие необходимые формы ревизий, контроль деятельности исполнительских блоков и др. Однако главными в их деятельности должны стать именно *контрольно-экономические* функции, ибо сегодня здесь (из-за скрытия резервов, искажения нормативов и несвоевременного принятия решений и др.) теряется неизмеримо больше, чем от прямых хищений, на борьбу с которыми направлены сейчас основные усилия наших контрольных органов. Кстати, при достижении достаточно высокого уровня добросовестности *каждого* работника управленческого аппарата возможность прямых злоупотреблений, к которым прибегает обычно лишь небольшая часть работников, будет если не сведена к нулю, то во всяком случае значительно уменьшена.

Принципиально важным является еще один момент. Работа наших контрольных органов всегда опирается на существующее хозяйственное законодательство. Однако при быстрых темпах развития экономики оно неизбежно отстает и объективно не может не отставать от требований времени. Сейчас это отставание приняло угрожающие, неоправданно большие размеры.

В нашей печати приводились и продолжают приводиться факты, когда чрезвычайно полезная не только в интересах того или иного ведомства, но и в интересах всего государства инициатива хозяйственников оказывается незаконной, поскольку законы, регламентирующие хозяйственную деятельность, были приняты в других условиях и сейчас безнадежно устарели.

Ясно, что подобные факты сдерживают развитие народного хозяйства, демотивируют инициативу и являются совершенно недопустимыми. Одной из причин подобного положения является то, что непропорционально

Большая часть современного хозяйственного законодательства направлена не на обеспечение конечных экономических результатов, а на создание возможно большего числа конкретных ограничений на пути к возможным (обычно мелким) злоупотреблениям. Поскольку же в общем законе предусмотреть все конкретные ситуации невозможно, то как раз и создаются условия, при которых объективно полезная хозяйственная инициатива может оказаться незаконной и наоборот.

Из сказанного достаточно ясно, что в экономической механизм обязательно должна быть включена *система непрерывного совершенствования действующего хозяйственного законодательства*. Ее основой должно стать постоянное движение законодательной инициативы снизу вверх с соответствующей агрегацией и регламентацией на каждом уровне.

Как уже говорилось, в АСУ каждого экономического звена должна иметься постоянно развиваемая и совершенствуемая подсистема, регламентирующая организационную структуру и функциональные обязанности всех подразделений отдельных штатных единиц управленческого аппарата данного звена. Совершенствование системы осуществляется за счет постоянной *системы* (т. е. в комплексе со всей уже созданной системой) проработки специальной службой в АСУ предложений, возникающих в результате работы всех блоков данного звена, и прежде всего *контрольного*. В таких предложениях заключается творческое начало работы контрольного блока, для стимулирования которого может быть создана специальная премиальная система.

Потоки подобных предложений вместе с их локальным системным оформлением во всех экономических звеньях (от цеха до Госплана) составляют нижние этажи упомянутого здания хозяйственно-законодательной инициативы. Верхние этажи должна составлять специальная общегосударственная хозяйственно-законодательная служба. Через национальную информационную систему (ОГАС) отдельные звенья этой службы должны постоянно изучать упомянутые выше организационно-структурные подсистемы АСУ экономических звеньев соответствующего уровня, и все то общее в них, что должно находиться под общегосударственным (или общереспубликанским) контролем, должно оформляться в проекты соответствующих законов и разделов хозяйственного права. Утверждение и периодическое переутверждение с соответствующими обновлениями готовящихся таким образом проектов осуществляется в обычном, принятом сейчас порядке с обязательным условием должной оперативности реагирования на изменение экономико-организационных условий.

Для обеспечения такой оперативности упомянутая выше общегосударственная хозяйственно-законодательная служба может иметь своих постоянных представителей в экономических звеньях, во всяком случае в экономических звеньях достаточно высокого уровня. Помимо своих основных функций — организации процесса непрерывного совершенствования хозяйственного законодательства — эти представители могут выполнять также дополнительные функции контроля за строгим соблюдением законов в соответствующих экономических звеньях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ СИСТЕМЫ В ГОСПЛАНЕ

Рассмотрим самый верхний уровень системы планирования (Госплан СССР), называя его просто Госпланом. Дело в том, что при условии составления *полного* баланса по территории и *фиксации* плана

иввоза и вывоза с территории продукции предприятий более высоких уровней подчинения (включая и ввоз продукции, необходимой для расширения и нового строительства таких предприятий) описываемая схема оказывается пригодной для систем территориального планирования любого уровня, в частности для Госпланов союзных республик.

Прежде чем переходить к более подробному описанию процедур плановых расчетов, сделаем несколько замечаний более общего характера. Во-первых, следует иметь в виду, что планирование на уровне Госплана охватывает не только экономику в строгом смысле этого слова, но и все социально-экономические звенья (например, материальное обеспечение развития культуры, охраны общественного порядка, системы образования и т. п.). Поэтому здесь вместо употребляющегося в предыдущем разделе понятия экономического звена будем использовать термин «социально-экономическое звено».

Во-вторых, из всех социально-экономических звеньев выделим те, которые вносят свои плановые разработки непосредственно в Госплан. Будем называть такие звенья *высшими*. К их числу (в случае Госплана СССР) относятся союзные и союзно-республиканские министерства и ведомства, Госпланы союзных республик и другие органы территориального планирования, работающие под непосредственным руководством Госплана СССР. В связи с развитием программно-целевого планирования представляется целесообразным для руководства разработкой и исполнением крупных программ национального масштаба создавать временные (на время существования программы) органы целевого, межведомственного управления со своими собственными разрабатывающим, исполнительским и контрольным блоками, а также планами и бюджетами (примером такого органа, существующего сейчас, является Олимпийский комитет).

Разрабатывающие блоки таких целевых органов управления составляют свои плановые разработки в тесном взаимодействии с разрабатывающими блоками органов отраслевого и территориального управления, участвующих в соответствующих программах, и вносят их непосредственно в Госплан. Для устранения дублирования разделы отраслевых и территориальных планов, включенные в такие программы, должны выделяться особо и снабжаться специальными идентификаторами соответствующих программ. Организационная структура, функциональные обязанности и управляющие процедуры для органов целевого управления (равным образом как и для всех других вновь организуемых органов) должны быть подробно разработаны и утверждены одновременно с созданием этих органов.

В-третьих, как уже отмечалось выше, предлагается (п в основном уже существует) подразделение планов на кратко-(годовые), средние-(пятилетние) и долгосрочные, или перспективные (двадцатилетние). Отличие состоит прежде всего в том, что по истечении каждого очередного квартала годичный план продвигается на один квартал вперед, пятилетний план продвигается на один год вперед по истечении каждого очередного года, а двадцатилетний план — на пять лет вперед по истечении каждой очередной пятилетки.

Годичный план (как основной, так и расчетный, продвинутый на один, два или три квартала) составляется на уровне Госплана с помесечной или в крайнем случае с поквартальной разбивкой, пятилетний — как минимум с годичной, а двадцатилетний — с пятилетней разбивкой.

В-четвертых, при проведении плановых расчетов Госплан для каждого основного планового периода (год, пять или двадцать лет) устанавли-

вает свой уровень агрегации номенклатуры продукции, а также трудовых ресурсов и основных фондов (помещения, оборудование, земля, скот и т. п.). Причем при каждом очередном продвижении плана уровни агрегации могут меняться. Они могут меняться, если необходимо, даже при каждом очередном туре расчетов для одного и того же планового периода. При расчетах пятилетнего и двадцатилетнего планов уровень агрегации для первого года пятилетки и соответственно для первой пятилетки двадцатипятилетнего плана выбирается таким же, как и для всего основного планового периода. При разбивке планов по внутренним периодам, кроме первого года в пятилетке и первой пятилетки в двадцатилетке, выбирается, как правило, тот же уровень агрегации, что и для основного планового периода.

В-пятых, планы каждого периода, представляемые в Госплан разрабатываемыми блоками высших социально-экономических звеньев, состоят из трех частей, которые будем называть соответственно планами *чистого* (внеэкономического) текущего *потребления*, текущего производства (с соответствующими планами текущего *производственного* потребления) и *развития* (с соответствующими планами его материально-технического обеспечения). Планы чистого потребления составляются в основном теми социально-экономическими звеньями, которые *непосредственно* обслуживают население (Министерство торговли, Министерство здравоохранения, Министерство просвещения, Комитет по делам кинематографии и др.), а также теми, кто обслуживает государственные внеэкономические нужды (Министерство обороны, Министерство иностранных дел, Министерство внутренних дел и др.). Основой для планов чистого текущего потребления, составляемых министерствами, непосредственно обслуживающими население, являются плановые разработки, проводимые соответствующими территориальными органами (облторгами, облоно, облздравотделами и т. п.). Эти планы представляются в Госплан непременно с территориальной разбивкой (по республикам и экономическим районам). Планы чистого потребления могут иметь и производственные министерства (расходы на содержание пионерских лагерей, оздоровительных учреждений, спортивных баз и баз отдыха и т. п.).

В свою очередь, планы текущего производства могут быть и у социально-экономических звеньев, относящихся к непроизводственной сфере. Например, в Министерстве торговли могут существовать предприятия по мойке и расфасовке овощей, в Министерстве высшего образования и в Академии наук — свои полиграфические предприятия, опытные производства, в Комитете по делам кинематографии — предприятия (студии) по производству кинофильмов и т. п.

К планам развития относятся планы капитального строительства и реконструкции как в производственной, так и в непроизводственной сфере. Сюда же будем относить планы технической подготовки производства новой продукции на имеющихся и вновь вводимых производственных мощностях (проектно-конструкторские и технологические разработки, включая изготовление опытных образцов). К планам развития будут относиться также крупные общегосударственные программы, находящиеся под отдельным целевым управлением.

В шестых, в Госплан поступают особые плановые разработки, не укладывающиеся в описанные три основные вида. Это — план внешней торговли, представляемый Министерством внешней торговли в результате его совместной работы с другими министерствами. Он состоит фактически из двух планов: планов торговли со странами социалистического лагеря

и со всеми другими странами (в обоих планах может быть, разумеется, разбивка по странам или по группам стран).

В соответствии с общими принципами, описанными в предыдущем разделе, годовые планы должны быть обеспечены договорами, а пятилетние — либо уже заключенными длительными договорами, либо определенной степенью подготовленности таких договоров. В проектах годового и пятилетнего планов внешней торговли должны быть определены объемы ввоза и вывоза (с разбивкой по подпериодам) в агрегированной номенклатуре, утвержденной на данные плановые периоды, и расчетные цены в двух категориях расчетных валют. Для долгосрочного плана готовятся предложения, не подкрепленные, как правило, конкретными договорами, но с соответствующим *прогнозом* цен на двух существующих ныне мировых рынках.

Аналогичным образом осуществляются плановые разработки-предложения по уровню государственных запасов различного вида продукции (включая золото и другие драгоценные металлы) по всем подпериодам трех основных плановых периодов.

В-седьмых, Госплан (совместно с ЦСУ) составляет на все периоды планирования (с разбивкой по подпериодам и по территориям экономических районов) демографический прогноз. Методика такого прогноза в настоящее время хорошо отработана и вряд ли нуждается в пояснениях.

Для нас важно отметить, что, получив от директивных органов целевую установку на предполагаемые изменения (по всем периодам планирования, территориям и группам трудящихся) длительности рабочей недели и отпускных периодов, а также уровня пенсионных возрастов и размера самих пенсий, Госплан выполняет расчеты по всем периодам и подпериодам общего количества будущих трудовых ресурсов всех видов, выражая их как в абсолютном количестве, так и в количестве рабочих человеко-часов (со скидкой на возможные потери из-за болезней и по другим причинам), которые могут быть отработаны в каждый из указанных периодов и подпериодов. Совместно с министерством финансов рассчитываются денежные расходы по выплате пенсий.

Кроме политики в отношении режима, труда и пенсий, Госплан получает и другие указания директивных органов, прежде всего о желательных уровнях потребления населением различных продуктов, обеспеченности жилищной площадью, и задания по обеспечению крупных культурно-социальных программ, программ охраны окружающей среды и т. п.¹⁰

Перейдем теперь к более подробному описанию информационных баз (плановых и нормативных разработок различного вида), создаваемых (и постоянно обновляемых) разрабатываемыми блоками высших социально-экономических звеньев для нужд Госплана.

Информационная база для планирования текущего чистого (внеэкономического) потребления для каждого (высшего) социально-экономического звена в Госплане должна прежде всего помимо обычного, уже описанного выше, разбивания по плановым периодам и подпериодам (а также, если нужно, по территориям экономических районов), как правило (кроме Министерства обороны, Министерства иностранных дел и некоторых других ведомств, требующих специальных систем планирования своей деятельности вне Госплана), разбиваться также по укрупненным (агрегирован-

¹⁰ Большинство других указаний директивных органов реализуются через соответствующие министерства и ведомства.

пым) технологиям, предназначенным для удовлетворения того или иного класса внеэкономических потребностей. Например, технология продажи (и централизованного обслуживания) телевизионных приемников, технология эксплуатации жилого фонда, технология обслуживания населения зрелищными мероприятиями (театры, кинотеатры и т. п.), технология обучения в средней школе, технология научных исследований, технология судопроизводства и т. д. и т. п.

В ряде случаев отделить технологию непосредственного обслуживания внеэкономического потребления от производственной технологии довольно трудно. Например, в системе общественного питания с чисто абстрактных позиций приготовление пиццы следует отнести к производственной технологии, а ее раздачу — к технологии непосредственного обслуживания населения. Если бы кухни ресторанов и столовых были централизованы и тем более организационно оформлены в другое ведомство, то такое разделение было бы правильным и с позиций реальной практики планирования. Однако поскольку в действительности имеет место обратное, практически целесообразно (как это и делается сейчас) рассматривать общественное питание как единый технологический процесс, подразделяя его, быть может, лишь по видам предприятий (столовые, рестораны, кафе и т. п.).

Как уже отмечалось, агрегированная номенклатура технологий удовлетворения текущих внеэкономических потребностей утверждается Госпланом для каждого очередного периода планирования. Им же утверждаются и единицы измерения (а также процедуры перевода одних единиц в другие) величины потребностей, удовлетворяемых каждой данной технологией. При этом желательно, чтобы в качестве основной единицы выбиралась такая, которая наиболее полно выражала бы количественный и качественный уровни удовлетворения потребности данного вида. Как известно, это весьма непростая задача. Например, если характеризовать (как это делается сейчас) степень удовлетворения потребностей в больничном обслуживании количеством мест в больницах, то вполне можно представить себе ситуацию, когда эти места есть, но не используются (скажем, ввиду нехватки персонала или частых ремонтов помещений). В этом смысле суммарное количество пациенто-дней или пациенто-часов, фактически отданных больницами, является лучшей единицей. Но и она еще не вполне удовлетворительна, ибо не отражает качества обслуживания. Чтобы отразить и этот факт, нужно ввести градацию качества больниц (принимая во внимание их обеспеченность оборудованием и другие факторы). Тогда можно либо выполнять отдельные расчеты по больницам различного качественного уровня, либо ввести в качестве единицы измерения взвешенные пациенто-часы, которые предусматривают умножение обычных пациенто-часов на некий коэффициент, характеризующий качественный уровень больницы.

Как видно из приведенного примера, задача выбора правильных единиц измерения является не такой простой. Для ее решения и постоянного обновления в меняющихся условиях, возможно, окажется целесообразным иметь при Госплане небольшой институт, который бы координировал и направлял работу выделенных отраслевых институтов по решению этой задачи. Очень полезным в таких ситуациях оказывается и наличие нескольких единиц измерения. В математическом обеспечении АСПР (автоматизированной системы плановых расчетов) Госплана и других социально-экономических звеньев в таком случае должны быть программы для быстрого перевода плановых показателей из одних единиц измерения в другие.

Если единица измерения выбрана, то ей задаются показатели развития соответствующей технологии в стране, обеспечиваемые данным социально-экономическим звеном. Далее, если услуга, предоставляемая данной технологией, платная (обед в ресторане, покупка телевизора и т. д.), то в соответствии с предполагаемыми пропорциями конкретных услуг в агрегированной технологии разрабатывающий блок каждого высшего социально-экономического звена определяет (с разбивкой по подпериодам *норматив розничной цены* за одну единицу услуг, предоставляемой данной технологией).

Далее таким же образом вычисляются агрегированные нормативы материальных затрат (в натуральном и денежном выражении) по каждой данной технологии. Нормативы затрат основных фондов (в фондо-часах) и трудовых ресурсов (в человеко-часах по различным категориям трудящихся) вычисляются тем же способом (по пропорциям относительного использования данных конкретных технологий в агрегированной технологии) в процессе движения информации снизу вверх по иерархии разрабатывающих блоков, как это описано в предыдущем разделе. Здесь необходимо сделать лишь одно важное уточнение.

Для того чтобы *явно связать* планы развития с планами текущей работы потребительских и производственных технологий, в представляемых в Госплан плановых разработках каждое высшее социально-экономическое звено обязано произвести *разукрупнение* каждой агрегированной технологии, утвержденной Госпланом в соответствии с предлагаемым планом развития этого звена. Все новые технологии, включенные в план развития, объединяются в близкие по своим нормативным показателям группы. Для каждой группы вычисляются свои агрегированные нормативы. Имея их, Госплан может проверить, как изменение планов ввода новых технологий влияет на нормативные показатели (по любому периоду и подпериоду планирования), на агрегированные (уже в исходной номенклатуре Госплана) нормативы текущей работы соответствующей технологии.

Далее в плановых разработках должны быть приведены данные для вычисления *предельных* (по чисто технологическим причинам) количества фондо-часов (по всем госплановским группам фондов), которые действительно могут быть отданы данной технологии за любой плановый период и подпериод. Эти данные берутся из планов развития, в которых указаны предполагаемые сроки ввода в эксплуатацию новых или реконструированных фондов (школ, больниц, магазинов, кинотеатров и т. п.), а также из планов временного исключения (на капитальные ремонты, реконструкции) или полного закрытия и списания устаревших основных фондов. Для каждого вида фондов должно быть указано предельное (определяемое назначением технологии и конкретными техническими характеристиками фондов) количество часов, который он может отработать в месяц или в год, а также разбивка этого времени на часть, которую фактически предполагается использовать в плане, и на резервы в руках руководителей всех социально-экономических звеньев, входящих в систему данного высшего социально-экономического звена ¹¹.

Аналогичные данные приводятся для трудовых ресурсов (по агрегированной номенклатуре Госплана). Здесь должна быть учтена прежде всего целевая работа, направленная на подготовку кадров как в рамках данного звена, так и в системах высшего, среднего специального и профес-

¹¹ О резервах более подробно говорится в предшествующем разделе работы,

сионально-технического образования (отраженная в планах развития). А кроме того, должны быть представлены плановые разработки предпологаемого неорганизованного набора и утечки кадров. Предложения по изменению структуры зарплат и другим мероприятиям, направленным на уменьшение утечки кадров, возникающие в процессе таких разработок, направляются в Госкомитет по труду и социальным вопросам для принятия соответствующих решений. Как и в случае основных фондов, рассчитанные предельные количества человеко-часов (по разным профессиям) по всем плановым периодам и подпериодам разделяются на такие, которые фактически предполагается использовать в плане и резерве. Вычисляются объемы выплат в виде зарплат по всем периодам и подпериодам. Заметим, что из приведенных данных легко вычисляется предполагаемая средняя сменность загрузки оборудования, а также (при известной средней продолжительности рабочего дня) обеспеченность производства рабочей силой. Программы для таких расчетов должны быть включены в математическое обеспечение АПРС Госплана и других высших социально-экономических звеньев. Для звеньев, которые не раскрывают перед Госпланом деталей своей внутренней технологии, плановая информация представляется в Госплан в упрощенном виде: необходимые поставки, количество занятых в звене людей и объемы выплаты наличных денег с разбивкой по периодам и подпериодам (для Министерства обороны еще планы призыва в армию и увольнения из нее трудящихся различных специальностей).

Информационная база для планов текущего производства строится, в принципе, точно так же, но, естественно, для производственных технологий. Каждая такая технология выпускает какие-то продукты и потребляет для их производства какие-то другие продукты. Например, одна из технологий в химической промышленности выпускает кальцинированную соду и соляную кислоту, потребляя при этом поваренную соль, соду, электроэнергию и некоторые другие продукты, необходимые для основного производства.

Как и в случае планов удовлетворения текущего внеэкономического потребления, устанавливаются единицы измерения для всей продукции в номенклатуре Госплана (включая денежные) с обязательной разработкой и включением в АСПР (в диалоговом режиме) соответствующих программ для быстрого перевода из одних единиц измерения в другие.

Как правило, в каждой конкретной экономической ситуации нетрудно определить, какие из продуктов, производимых данной технологией, являются основными, а такие — вспомогательными. Основным продуктом будет тот, удовлетворение спроса на который определяет необходимую интенсивность использования данной технологии. Это позволяет отождествить интенсивность использования технологии с темпом выпуска основной продукции, измеряемым какой-либо ее единицей измерения, отнесенной к единице времени.

Как и в случае технологий, рассмотренных выше, приводятся данные, достаточные (с учетом ввода и вывода из эксплуатации тех или иных технологий рассматриваемого вида) для вычисления нормативов затрат продуктов, времени работы основных фондов, рабочего времени, а также натуральных денежных затрат (на выплату зарплат) с разбивкой по всем плановым периодам и подпериодам¹³. Как и раньше, информация о вводе и исключении (временном или постоянном) тех или иных технологий берется из планов развития.

¹³ Заметим, что для перспективного (20-летнего) планирования расчеты, связанные с оборотом денег у населения, можно не производить.

Точно так же, как и в предыдущем случае, рассчитываются по периодам (с использованием плана развития) запасы фондо- и человеко-часов с разбивкой на действительно включаемые в план и резервы.

Сделаем два замечания относительно классификации технологий. Во-первых, в производствах, сильно зависящих от природных условий, например в земледелии, одна и та же технология (в смысле одного и того же комплекса машин, одной и той же возделываемой культуры), но применительно к разным природно-климатическим зонам и разным почвам может рассматриваться как различная технология. Второе замечание относится к уже упоминавшемуся в предыдущем разделе выделению из машиностроительного производства отдельных составляющих его технологий (литье, штамповка, сборка и др.). Это выделение целесообразно доводить до уровня Госплана.

Информационная база для планов развития подразделяется на информацию о крупных общегосударственных *программах, проектах и планах* отдельных крупных строек или реконструкций крупных действующих предприятий, отдельных особо крупных опытно-конструкторских разработок, отдельных крупных территориальных проектов (дороги, города и т. п.). Все остальные планы строительства (включающие в себя почти все непромышленное строительство, в частности строительство жилья), а также планы реконструкции и освоения производства новой продукции сводятся в более или менее крупные блоки, выражаемые суммарными объемами вводимых и переводимых на новые технологии мощностей. Подчеркиваем, что переход старого производства на выпуск новой продукции, значительно изменяющий нормативы, должен рассматриваться как смена технологии.

Помимо уже упоминавшейся информации о сроках начала и конца работы по подготовке перехода к новой технологии и о показателях, характеризующих именно эту технологию, в разработках плана реализации каждого элемента планов развития (строительства отдельных объектов или групп объектов и др.) разрабатываются обобщенные нормативные показатели технологии самой этой реализации (стройки, проектно-конструкторских работ и т. п.).

В эти нормативно-плановые показатели входят затраты материалов и оборудования, затраты труда (в человеко- и фондо-часах), *специального строительного оборудования*, необходимых для строительного монтажа и пуско-наладочных работ, отнесенные либо на одну крупную стройку (или даже на ее отдельные блоки), либо на одну, условную единицу, измеряющую объемы вводимых групп мелких объектов (например, на один квадратный метр жилой площади). Те же самые показатели задаются и для других видов планов развития (отличных от строительства). Как и ранее, задаются показатели, определяющие (с разбивкой по времени) выплаты затрат.

Для расчета раскладки затрат на те или иные составляющие элементы планов развития по периодам и подпериодам будем исходить из предположения о *равномерности* этих затрат по всему времени реализации этого элемента (для стройки — от ее начала до пуска в эксплуатацию). Если это предположение может сильно исказить расчеты, производится разложение плана реализации данного элемента на отдельные блоки (представленное в виде укрупненного сетевого графика). В таком случае планово-нормативная информация, описанная выше, задается для отдельных блоков, у которых условия равномерности затрат предполагаются выполненными.

Для достаточной точности расчетов сроки ввода мощностей в результате нового строительства или реконструкции должны указываться по возможности более точно. Желательная точность этих сроков для годовых планов — один день (в крайнем случае — пять), для пятилетки — пять дней (в крайнем случае — месяц), для двадцатилетки — месяц (в крайнем случае — полугодие или год).

Переходим теперь к описанию основных расчетов по балансировке и оптимизации планов в Госплане на основе критериев общегосударственного масштаба. Прежде всего заметим, что информационная база планов всех видов сводится, по существу, к описанию технологий текущего производства или услуг (сегодняшних и будущих) и технологии создания и переустройства этих технологий (также сегодняшних и будущих). Первая задача АСПР состоит в *динамической* (с учетом сроков новых технологий) агрегации этих технологий с целью получения средних по каждому плановому периоду и подпериоду значений нормативов для текущих технологий одного и того же вида, т. е. производящих один и тот же агрегированный (в номенклатуре Госплана) продукт или услугу. Речь здесь идет о нормативах всех видов, т. е. материальных, трудовых и затрат времени работы основных фондов.

Одновременно по всем плановым периодам и подпериодам вычисляется максимально возможное (исходя из чистого календаря) время работы основных фондов с учетом ввода и вывода мощностей. Для каждого вида основных фондов путем усреднения производственных показателей для отдельных конкретных видов основных фондов определяются коэффициенты их максимальной (технически и организационно необходимой) и фактически предполагаемой (с учетом резервов) загрузки. Для упрощения задачи можно ограничиться случаем, когда каждая технология характеризуется одним видом основных фондов.

Точно так же вычисляются максимальные и фактически предполагаемые для плана количества отдаваемого труда по каждому из плановых периодов и подпериодов.

Далее в номенклатуре Госплана вычисляется (также по периодам и подпериодам) материально-техническое снабжение, которое блок технологий текущего производства должен поставлять для блоков технологий услуг по удовлетворению текущих внеэкономических потребителей и технологий развития. К полученным векторам *внутренних поставок конечного продукта* прибавляются поставки по экспорту и вычитаются поставки по импорту. Таким же образом прибавление поставок, предназначенных для пополнения государственных запасов, и вычитается продукция, которая изымается из государственных запасов.

В результате получается (для каждого периода и подпериода T_i) вектор C_i конечных поставок. Из этого вектора можно для дальнейших расчетов безболезненно исключить все продукты, которые не являются основными ни в одной из технологий. Ибо из сказанного выше следует, что при полном удовлетворении спроса на основные продукты спрос на неосновные продукты будет удовлетворен автоматически.

В результате описанных выше процессов усреднения нормативов возникнут еще матрицы A_i ; B_i ; D_i . Каждый столбец в этих матрицах соответствует одной обобщенной технологии текущего производства. В матрице A_i в каждом столбце стоят со знаком плюс относительные доли (приходящиеся на одну единицу выпуска основного для данной технологии продукта) продуктов, выпускаемых данной технологией, и со знаком минус — соответствующие доли затрат продуктов в процессе. При этом продукты,

не являющиеся основными ни в одной технологии, из рассмотрения опускаются. Матрицы B_0 и D_1 показывают соответственно затраты времени основных фондов и трудовые затраты на одну единицу основной продукции в каждом процессе. Если используемые в технологии основные фонды и трудовые ресурсы не специализируются (т. е. если имеется один вид основных фондов и один вид профессии для каждой технологии), то эти матрицы сводятся к диагональным, что значительно упрощает вычисления.

Наконец, для каждого периода и подпериода получаются векторы b_i и d_i предполагаемых к использованию суммарных времени работы основных фондов и трудящихся разных профессий.

Теперь для каждого периода (а затем и для каждого подпериода соответствующего периода) производятся балансовые расчеты: по вектору C_i конечных поставок и матрице A_i вычисляется вектор $C_i^* = A_i^{-1}C_i$, *полного выпуска продукции* за i -й период (или подпериод). По нему легко вычисляются векторы *требуемых* времен работы основных фондов b_i^* и трудящихся разных профессий d_i^* по формулам $b_i^* = B_i C_i^*$, $d_i^* = D_i C_i^*$. Если имеют место неравенства $b_i^* < \bar{B}_i$ и $d_i^* < \bar{D}_i$, это означает, что планы в целом по стране по i -му периоду сбалансированы.

Заметим, что поскольку при вычислении всех перечисленных матриц и векторов технологии одного и того же вида, принадлежащие разным социально-экономическим звеньям (территориальным и отраслевым), агрегировались в одну общесоюзную технологию, то, вообще говоря, сбалансированность плана по стране в целом еще не означает его сбалансированности по отдельным территориям и ведомствам. То же самое имеет место и во времени: сбалансированность плана по какому-нибудь плановому периоду еще не означает его сбалансированности по всем подпериодам этого периода. Поэтому процесс балансовой увязки планов должен быть построен иерархически от периодов к подпериодам с последующим переходом к расчетам планов по ведомствам и территориям.

Для балансировки по территориям употребляется тот же прием, что и для общегосударственного плана, с тем лишь исключением, что планы экспорта и импорта и обмена с государственными резервами заменяются планами ввоза и вывоза с данной территории (включая обмен с частью государственных резервов, расположенных на данной территории). Дополнительно, используя данные о направлениях и обменах межтерриториальных обменов продукцией, рассчитываются планы перевозок и их обеспеченность (с учетом нового строительства и реконструкции) реальными транспортными возможностями.

Если изложенные в предыдущем разделе условия об обеспеченности годовых планов реально имеющимися договорами о взаимных поставках выполнены, то в принципе представленные плановые разработки должны обеспечить сходимость балансов по годовому плану с его разбивкой по месяцам (кварталам), ведомствам и территориям. Такой план, разумеется, мог бы сразу быть принят. То же самое, хотя с еще меньшей вероятностью (поскольку обязательства на взаимные поставки даются ведомствами *без детальной привязки внизу*), относится и к пятилетнему плану.

Однако на практике описанная в предыдущем разделе система будет не всегда (особенно на первых этапах) работать столь четко. Кроме того, чтобы не быть в положении простого сумматора представляемых разработок, Госплан может и должен даже при условии идеальной сбалансированности представляемых ему плановых разработок выполнить (в соответствии с указаниями директивных органов) определенную оптимизацию

планов, прежде всего для более быстрого и полного решения задач удовлетворения внеэкономических потребностей, в частности для роста удовлетворения прямых потребностей населения.

Поэтому представленные в Госплан (и обеспеченные реальными обязательствами) плановые разработки в отношении удовлетворения потребностей населения и общества в целом ужесточаются в смысле объемов и темпов развития технологий, предназначенных для этих целей. В отношении годового и даже пятилетнего планов такое ужесточение (в смысле увеличения темпов) может быть сделано и применительно к планам развития. Заметим, что волевые корректировки планов *текущего производства* не только в настоящем, но и в будущем описываемой системой не решаются.

Как бы там ни было, в результате ли нечеткой работы системы вне Госплана, либо в результате ужесточения планов конечных поставок, сделанного в самом Госплане, описанные выше системы расчетов могут привести к несбалансированности плана, т. е. к невыполнению неравенств $b_i \leq \bar{B}_i$ и $d_i \leq D_i$ для всех или некоторых плановых периодов. Заметим, что для перспективных планов, где процесс балансировки с соответствующим договорным оформлением вообще не предусматривается, подобная ситуация (поскольку желания обычно всегда превышают возможности) будет практически всегда иметь место с самого начала.

В этом случае создаются условия для организации работы по *оптимизации* планов без уменьшения заданий по конечному выпуску и поставкам. Эта работа организуется с использованием описанного выше комплекса моделей по принципам, разработанным и описанным автором в так называемой Диалоговой системе планирования (ДИСПЛАН). С этой целью в АСПР включаются программы, высчитывающие дефициты и избытки (основных фондов и трудовых ресурсов по рассматриваемому в данный момент плановому периоду или подпериоду в абсолютных и в относительных (в процентах к имеющемуся) показателях. Эти же программы упорядочивают дефицитные ресурсы по относительной степени их дефицитности (первым в списке будет наиболее дефицитный ресурс), а избыточные — по их относительной избыточности.

Полученные результаты распространяются по всей иерархической системе разрабатывающих блоков для подготовки *конкретных* предложений, направленных на экономию дефицитных ресурсов (в частности, за счет их замены в плане поставок на избыточные ресурсы), лучшее их использование, ускорение ввода мощностей, содержащих дефицитный ресурс (в частности, за счет замедления ввода мощностей с избыточными ресурсами), изменения в планах внешней торговли в направлении уменьшения экспорта или увеличения импорта продукции, производимой с помощью дефицитного ресурса (желательно с соответствующей компенсацией валютного баланса за счет продукции, производимой с помощью избыточных ресурсов). Разработанный автором метод позволяет даже при относительно большой номенклатуре продуктов и ресурсов (две тысячи и более) при получении любого такого предложения в виде точно определенной корректировки к описанной выше информационной базе и вводе его в ЭВМ даже средней производительности (порядка ста тысяч операций в секунду) в *течение нескольких минут* производить полную перебалансировку плана по данному периоду с получением *новых векторов* относительных дефицитов и избытков ресурсов.

Принципиально важно, что реакцию системы на любое поступающее предложение удалось свести к нескольким минутам (для известных ранее

методов оно измерялось многими часами и сутками даже при использовании ЭВМ более высокой производительности). Именно это дает возможность эффективно замкнуть на систему оптимизации планов в Госплане всю иерархию разрабатывающих блоков социально-экономических звеньев. Благодаря этому оптимизация превращается из процесса выдачи абстрактных рекомендаций («увеличить темп развития отрасли M », «уменьшить инвестиции в отрасли N ») в процесс оценки и принятия *конкретных плановых решений*, доведенных до низовых планов и проектов («ускорить ввод срока завода N на t дней за счет таких-то конкретных мероприятий», «увеличить выпуск автомашин марки A на величину k за счет уменьшения выпуска автомашин марки B на величину l », «из пяти разных проектов нового оборудования принять второй», «из четырех предложений иностранных фирм на поставку данной продукции принять третье» и т. п.). Построить подобный, *полностью конкретизированный* процесс оптимизации планов на общегосударственном уровне не позволяет ни одна другая известная ныне система экономических моделей.

Огромным преимуществом предполагаемого метода оптимизации является то, что он не просто *перерабатывает подготовленную заранее информацию, а целенаправленно организует процесс ее подготовки*. Для любой системы оптимизации, решения которой доводятся до столь подробной степени детализации, это обстоятельство *принципиально важно*, поскольку процесс подготовки информации для таких систем является *несравненно более сложным и трудоемким*, чем сам процесс оптимизации после должной агрегации собственной информации.

Наконец, еще одним важным преимуществом предлагаемой системы является гибкость в отношении возможных *критериев оптимизации*. В предложенном автором варианте Дисплана таким критерием является *уменьшение относительного дефицита наиболее дефицитного ресурса*, что позволяет фактически выполнять *многокритериальную оптимизацию*. Ведь после принятия предложений, направленных на уменьшение дефицита данного ресурса, ситуация может измениться. На первое место по относительному дефициту может выдвинуться другой ресурс, после чего процесс оптимизации переключается на него, и т. д. В случае, когда процесс поступления предложений, направленных на оптимизацию планов, прекращается, а план тем не менее остается несбалансированным (хотя и в меньшей степени, чем вначале), его окончательная балансировка может быть сделана за счет уменьшения степени ужесточения заданий по конечному внеэкономическому потреблению.

В случае оптимизации перспективных планов в таком процессе последним и решающим критерием является критерий уменьшения дефицита общих трудовых ресурсов (без разбивки по специальностям), поскольку при условии *достаточности трудовых ресурсов* за двадцать лет, путем принятия соответствующих планов развития, можно создать все необходимые мощности и подготовить необходимые кадры всех пугных специальностей, чтобы удовлетворить все разумно-амбициозные пожелания по росту уровня удовлетворения конечных внеэкономических потребностей.

Можно показать, что в случае заключительного пропорционального уменьшения потребления описанный многокритериальный процесс оптимизации экономически эквивалентен процессу максимизации общественной производительности труда при заданной структуре конечного выпуска продукции, удовлетворяющего заданной структуре конечного потребления, как внеэкономического, так и требуемого планами развития.

Однако внимательный читатель легко заметит, что на описанной информационной и программной базе легко ввести (за счет добавления новых программ) любые другие мыслимые сегодня критерии оптимизации. Причем новые программы по трудоемкости их создания составят лишь доли процента по отношению к уже описанному информационному и программному обеспечению АСПР лишь на уровне Госплана (не говоря уже о всей системе в целом).

Среди критериев можно упомянуть критерий максимального конечного продукта в денежном выражении. Причем денежное исчисление может производиться как в национальной валюте, так и в любой другой валютной системе. Последнее обстоятельство может иметь важное значение при использовании предлагаемой системы социалистическими странами в которых большая часть потребностей (как вне-, так и внутриэкономических) удовлетворяется через внешнюю торговлю.

Возвращаясь к предлагаемой нами многокритериальной оптимизации, заметим, что описанная выше информационная база позволяет строить балансы так, что каждый вид продукции может иметь свою собственную единицу измерения, т. е. в общем случае речь идет о *натурально-денежных балансах*. В случае необходимости (благодаря наличию в системе средств для быстрого перехода от одних единиц измерения к другим) их можно легко обратить в чисто денежную форму.

Для нас важно отметить два частных денежных баланса, которые легко могут быть получены в системе с помощью описанной выше информационной базы. Во-первых, в материалах, представляемых в Госплан разрабатываемыми блоками высших социально-экономических звеньев, имеются агрегированные по иерархии сведения о наличии налога с оборота, отчисления от прибылей предприятий и, если надо, налогов с зарплат и других доходов. Зная также денежное выражение государственных затрат в планах удовлетворения текущих внеэкономических потребностей и планах развития, нетрудно подсчитать баланс государственных доходов и расходов. Во-вторых, зная предстоящие суммы выплат населению (в виде зарплат, пенсий и т. п.) и планы социально-экономических звеньев, представляющих платные услуги населению, можно сделать баланс прихода и расхода наличных денег.

Поскольку оба указанных баланса составляют предмет деятельности Министерства финансов, а не Госплана, мы не будем детализировать их далее (в частности, описывать систему учета вкладов в сберкассы, продажи в кредит и др.). Для нас важно отметить, что, имея в своем распоряжении эти балансы, Госплан, в случае необходимости, может в процессе оптимизации планов ставить, в частности, задачи улучшения этих балансов. Заметим еще, что в условиях социализма подоходный налог фактически утратил свое значение: сократив на соответствующие суммы зарплат и добавив освободившиеся суммы к налогу с оборота (где он есть), мы сохраним неизменными балансы.

Еще одно замечание касается того, что, имея описанный выше натурально-денежный *общий* баланс, легко извлечь из него любые частные (например, топливно-энергетический).

Важное значение имеет также баланс рабочей силы. Как уже упоминалось выше, Госплан в любой данный момент располагает подробным общегосударственным демографическим прогнозом. Это позволяет ему на любой плановый период и подпериод знать общие запасы трудовых ресурсов, которыми обладает страна. Эти данные используются прежде всего для того, чтобы в процессе совместной работы с разрабатываемыми

блоками всех уровней корректировать их сметки с учетом возможности привлечения кадров с целью соблюдения баланса трудовых ресурсов в целом по стране и по отдельным экономическим районам.

Далее, в процессе оптимизации планов следует иметь в виду, что плановые разработки, присылаемые в Госплан, могут иметь дополнительные (объективные с точки зрения соответствующих разрабатывающих блоков) ограничения на использование основных фондов ввиду нехватки рабочей силы и наоборот. В результате может оказаться, что хотя более напряженные планы, разработанные в процессе оптимизации, в общегосударственном масштабе оказываются сбалансированными, они могут не быть сбалансированными в рамках тех или иных социально-экономических звеньев. Аналогичным образом могут обнаружиться дисбалансы в пропорциях подготовки кадров разных специальностей.

Для выправления обнаруженных дисбалансов должны разрабатываться и включаться в планы соответствующие мероприятия. Если для планов подготовки кадров эти мероприятия сводятся в основном к их целенаправленной корректировке, то ликвидация дисбалансов рабочей силы по территориям и технологиям представляет собой гораздо более трудное дело.

Для этого требуются соответствующие целенаправленные мероприятия в политике заработной платы и различных трудовых льгот, правильная ориентация органов пропаганды массовой информации и т. п. Не вдаваясь детально в характеристику таких мероприятий, заметим лишь, что предполагаемая система дает своевременную объективную информацию для определения их направленности.

Еще одно замечание в отношении планирования необходимого количества трудовых ресурсов. Если в планах текущего производства и в планах развития предельные трудовые нормативы должны обеспечивать действительно полную загрузку в течение всего рабочего дня, то этого нельзя делать в сфере обслуживания. Действительно, предположим, что для обслуживания покупателя в каком-то магазине требуется в среднем пять минут рабочего времени продавца. Если утвердить в качестве предельной нормы обслуживания 12 человек в час на одного продавца, то, как хорошо известно из теории массового обслуживания, ввиду случайности потока покупателей неизбежно возникнут очереди, и, следовательно, улучшится качество обслуживания. Поэтому разрабатывающие блоки в сфере обслуживания должны иметь процедуры подсчета предельных нормативов, основанные на теории массового обслуживания с заданным наперед качеством.

Как уже отмечалось выше, описываемая система делает процесс планирования *непрерывным*. Чтобы сделать это утверждение более наглядным, предположим, что в какой-то момент утверждены все три вида планов: годичный, пятилетний и двадцатилетний. Сразу же после такого утверждения начинается работа по разработке и оптимизации пролонгированного на один квартал нового годичного плана, пролонгированного на один год пятилетнего плана и на пять лет — двадцатилетнего. Первая работа кончается через один квартал утверждением (на уровне Госплана и ниже) пролонгированного расчетного годового плана, после чего сразу же начинается работа по пролонгированию его на новый квартал. По аналогии новая расчетная пятилетка заканчивается разработкой и утверждается на всех необходимых уровнях через год, а двадцатилетка — через пять лет.

Важно подчеркнуть, что в таком непрерывном пролонгировании процессу детальной разработки и оптимизации подвергаются в основном пла-

ны для вновь добавляемых плановых подпериодов. Остальная же часть соответствующего планового периода снабжена планами, разработанными и оптимизированными ранее. Поэтому они подвергаются пересмотру и дополнительной оптимизации в случае, если в этом действительно возникает необходимость. В то же время, поскольку планы всех видов и вся необходимая информация постоянно находятся в памяти ЭВМ, в случае возникновения объективной необходимости могут быть оперативно пересчитаны и должным образом скорректированы все эти планы. Разумеется, к этой мере следует прибегать лишь в том случае, когда в процессе оперативного управления выполнением плана предусмотренных им резервов не хватает для компенсации неизбежных случайных отклонений от плана, которые происходят в различных социально-экономических звеньях. Необходимость серьезной коррекции планов могут вызвать различные причины: неожиданное возникновение принципиально новой технологии, неожиданное резкое изменение конъюнктуры на мировом рынке, стихийное бедствие крупного масштаба и т. п.

В описанном выше процессе балансирования в оптимизации планов должна соблюдаться некоторая последовательность. Сначала выявляются ошибки и неувязки в представленных в Госплан плановых разработках, о чем информируются контрольный блок Госплана и контрольные блоки соответствующих высших социально-экономических звеньев. Далее выявляются существенные различия в предельных нормативах на однотипные технологии в различных социально-экономических блоках. Эта информация также передается в контрольные блоки для организации проверок добросовестности поступившей информации. Напомним, что важна именно добросовестность информации. Неоправданно завышенные, заведомо невыполнимые плановые и нормативные показатели столь же вредны, сколь и сознательно заниженные.

Затем производится описанная выше балансировка трудовых ресурсов и разработка плановых мероприятий для улучшения распределения рабочей силы, что дает, как правило, дополнительный прирост производственных возможностей. Этот этап чередуется в цикле с последующими этапами, которые включают предложения по улучшению специализации и кооперации, выбору из конкурирующих друг с другом вариантов планов развития, изменениям в сроках начала и окончания тех или иных элементов планов развития, изменениям в планах внешней торговли и, наконец (в последнюю очередь), предложения по уменьшению резервов, оставляемых себе социально-экономическими звеньями. Причем начинать надо с «поджимания» тех звеньев, уровень резервов в которых (с учетом специфики звеньев) наиболее велик. Мы не перечисляем здесь многих других возможных предложений, например широкомасштабное применение вновь поступившего рационализаторского предложения, позволяющего экономить труд, материалы, электроэнергию и т. п. Такие предложения поступают и рассматриваются по мере их возникновения и соответствующего оформления.

Несколько замечаний в отношении использованной модели. Читатель, знакомый с макроэкономическими моделями, уже заметил, без сомнения, что *формально* мы использовали линейную статическую модель типа затраты — выпуск для технологий с совместным выпуском. В то же время внимательный читатель не мог не заметить, что *фактически*, благодаря особым процедурам использования модели, она является *динамической моделью*, причем более высокого класса, чем традиционные макроэкономические модели.

Это обеспечивается прежде всего разбивкой по подпериодам, использованием динамически меняющихся во времени нормативов. Но это не априорная динамика (выражаемая обычно самыми простыми зависимостями), а динамика, адекватно отражающая реальные конкретные экономические процессы (ввод новых мощностей с совершенно конкретными, полученными из инженерных проектов нормативными характеристиками, переход на выпуск новой продукции и т. д.). Динамичность модели подчеркивается и наличием в ней специального блока развития, процедуры работы которого и его связи с другими блоками разработаны гораздо более детально (особенно если учесть работу системы вне Госплана), чем в любой из известных макроэкономических моделей.

Важным фактом является и то, что предполагаемая модель служит для подготовки *реального* плана, не менее (а если потребуется, то и более) подробного, чем планы, разрабатываемые Госпланом сегодня. В то же время все известные ныне макроэкономические модели, особенно динамические, пригодны в лучшем случае для *предплановых ориентировок* и *общих* (в основном качественных) рекомендаций к разработке настоящего плана.

Впрочем, для целей общей ориентировки в направлениях оптимизации настоящего «большого» плана подобные модели могут сослужить полезную службу и в нашей системе. Описанная выше информационная база системы способна обеспечить доброкачественной информацией любую мыслимую высокоагрегированную (относительно малоразмерную) макроэкономическую модель.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНОВЫХ РАСЧЕТОВ

Мой доклад посвящен двум основным вопросам. Сначала я хочу осветить некоторые принципиальные, на мой взгляд, положения, которые связаны с созданием автоматизированной системы плановых расчетов. Во второй части я собираюсь рассказать о новых результатах, полученных мною недавно в теории линейных макроэкономических моделей и некоторых нелинейных методов оптимизации.

В первой части доклада я хотел бы остановиться на трех вопросах. Первый и, по-видимому, самый главный вопрос — это нормативная база. Ясно, что никакая работа по оптимизации не может дать хороших результатов, если в ее основе лежат дутые нормативы.

В настоящее время можно с уверенностью сказать, что хорошей нормативной базы для решения оптимизационных задач у нас не имеется. В первую очередь это касается перспективного планирования. Главным недостатком является то, что для подсчета перспективных нормативов мы в лучшем случае продолжаем использовать методы экстраполяции временных рядов. А в практическом планировании зачастую не делают даже этого, заменяя экстраполяцию нормативов прямой экстраполяцией основных плановых показателей по выпуску продукции.

При экстраполяции нормативов мы фактически становимся на позицию планирования будущего, исходя даже не из нынешних тенденций в научно-техническом прогрессе, а из тенденций, имевших место 10 и даже более лет назад. В самом деле, пусть у конструкторов и технологов возникла мысль о возможности коренных изменений в той или иной отрасли народного хозяйства. На то, чтобы воплотить эти идеи в реально работающее оборудование и конструкции выпускаемых изделий, заведомо уйдет не менее пяти лет. Еще столько же времени (если не больше) уйдет на то, чтобы эти достижения настолько серьезно изменили лицо отрасли, что это проявится в соответствующем изменении среднеотраслевых нормативов. А это как раз и означает, что тенденции развития научно-технического прогресса, родившиеся в НИИ и КБ, находят отражение в статистике производства с задержкой на две пятилетки.

Указанный недостаток усугубляется тем, что в эпоху научно-технической революции, с одной стороны, резко возрастают темпы научно-технического прогресса, а с другой, — сильно возрастает вероятность принципиальных качественных сдвигов, не сводящихся к простой сумме мелких количественных изменений. В то время, когда наша страна отставала в научно-техническом плане от развитых капиталистических стран, мы могли учитывать подобные неожиданные качественные повороты на основании опыта этих стран. При выходе же на передовые рубежи научно-технического прогресса эта возможность исключается.

Разумеется, в сильно укрупненных моделях даже значительные качественные сдвиги подвергаются заметному усреднению и сглаживанию.

Однако, как показывает мировой опыт, развитие практики планирования идет не по линии укрупнения, а по линии все большей детализации используемых моделей. Это вызывается как реальными потребностями планирования, так и непрерывно растущими возможностями вычислительной техники. Ведь только достаточно детализованные модели могут привести к составлению реального плана, в то время как укрупненные в лучшем случае могут служить лишь для достаточно грубых качественных оценок основных тенденций развития экономики.

Анализ сложившегося положения показывает, что эффективная нормативная база, особенно для целей перспективного и долгосрочного планирования, может быть создана лишь на основе постоянного прогнозирования первичных нормативов для новой техники и технологии, создаваемой в НИИ и КБ, и хорошо организованной системы агрегации таких нормативов. В какой-то мере эту задачу призваны помочь решить подготавливающиеся сейчас прогнозы развития науки и техники до 1990 г. Однако в нынешней практике прогнозирования имеется ряд существенных недостатков, которые мешают использовать прогнозы в качестве базы для математических моделей перспективного и долгосрочного планирования.

Первым недостатком является неполнота прогноза. Оценки технических параметров будущих изделий (например, электронных вычислительных машин) не сопровождаются, как правило, оценкой нормативов для их производства и эксплуатации. Это и понятно, поскольку прогнозы делаются в большинстве случаев учеными, а не технологами. Отсутствие же оценок технологических нормативов лишает возможности использовать результаты прогноза научно-технического прогресса для количественных экономических прогнозов.

Второй недостаток — это разовость прогноза, которая, в свою очередь, приводит к двум отрицательным последствиям. Первое заключается в том, что при разовом прогнозе мы лишаемся возможности учесть все мысли, появившиеся у наших ученых, конструкторов, технологов после завершения работы над прогнозом. Более того, ответственность авторов прогноза создает известные предпосылки для их будущего консерватизма (и даже прямого противодействия) в отношении последующих новых идей, не учтенных ими в прогнозе. Налицо серьезное противоречие между разовостью прогноза и непрерывностью процесса развития научно-технической мысли.

Другая отрицательная черта разовости прогноза — это фактическое отсутствие возможности для повышения квалификации прогнозистов. Дело в том, что прогнозирование науки и техники — это работа, существенно отличная от работы по развитию науки и техники. Она требует специальной квалификации и опыта. Отнюдь не обязательно, чтобы хороший ученый являлся в то же время и хорошим прогнозистом даже в своей узкой области науки. Достаточно вспомнить, что, например, Резерфорд — один из самых блестящих физиков-атомщиков, много сделавший в современной ядерной энергетике, упорно отрицал саму возможность практического использования энергии атома. А многие наши видные специалисты в области вычислительной техники в начале 50-х гг. отрицали возможность автоматизации даже простейших творческих процессов.

В результате ситуация при разовом прогнозе напоминает суботник на строительстве, когда его участники привлекаются не к подсобным работам (как это обычно и делается), а, например, к кладке стен или к отделке помещений. Повышать квалификацию прогнозистов, превращать их из неумелых новичков в опытных строителей прогнозного изделия можно

только при превращении прогнозной работы в непрерывную. Разумеется, при этом методика прогнозирования должна способствовать тому, чтобы время, затраченное учеными на прогнозную работу, не выходило за разумные пределы и составляло органическую часть их основной деятельности.

Третий недостаток современной практики прогнозирования — это отсутствие комплексности прогноза, ведомственная разобщенность прогнозистов.

Прогноз в каждой отрасли составляется при весьма неполном знании о возможностях других отраслей, в том числе таких, развитие которых предоставляет развитие данной отрасли. В результате в прогнозе упускаются многие возможности, особенно связанные с принципиальными взаимообусловленными изменениями в целом ряде отраслей. Легко понять, например, что при том уровне ведомственной разобщенности прогнозистов, который имеет место сегодня, прогноз развития энергетики на 1955 г., выполненный в 1935—1940 гг. (и даже в более поздний срок), не содержал бы и намека на возможность практического использования атомной энергетики.

Ведомственная разобщенность прогнозистов приводит к тому, что прогнозы (особенно дальние) оказываются более пессимистическими по сравнению с реальными возможностями научно-технического прогресса. Пессимистичность прогнозов, в свою очередь, дезориентирует плановиков, направляя их по пути эволюционного развития каждой отрасли в отрыве от возможностей, открывающихся в других отраслях. В результате рождается отставание, и преодолеть его особенно трудно в силу комплексного характера.

Из сказанного ясно, что полнота, непрерывность и комплексность прогноза должны являться неотъемлемыми частями всякой системы прогнозирования — основы для перспективного и долгосрочного планирования. Несколько лет тому назад нами была разработана и успешно применена на практике система прогнозирования, удовлетворяющая всем этим условиям. Основой системы являются экспертные оценки, на которые могут накладываться любые зависимости строго функционального или вероятностного характера, включая и методы экстраполяции.

Полнота прогноза в этой, как, впрочем, и в любой другой системе, основанной на экспертных оценках, может быть обеспечена за счет полноты системы вопросов, ставящихся перед экспертами. Особенностью нашей системы (обеспечивающей ее комплексность) является возможность объединения мнений большого числа экспертов. Причем речь идет не о простом суммировании оценок, а об их действительном комплексировании: мнения технологов на стадии опроса могут быть отделены от мнений ученых и конструкторов и объединяться лишь на стадии комплексного анализа полученного исходного материала. Анализ производится таким образом, что весь исходный материал постоянно находится в памяти ЭВМ. Наличие специальной операционной системы и языка диалога позволяет быстро заменять те или иные составные части исходной информации, что создает возможность сделать прогноз непрерывным.

Наиболее трудным является требование комплексности прогноза. В нашей методике его удовлетворение обеспечивается тем, что от экспертов не требуется безусловных оценок типа: «К 1990 г. следует ожидать появления промышленных термоядерных реакторов с такими-то параметрами». Как правило, их оценки являются условными. «Промышленные термоядерные реакторы с заданными параметрами могут быть созданы через пять лет после того, как будут получены такие-то достижения в других

областях». Специальная система программ обеспечивает получение из множества подобных условных оценок (весьма различных, а иногда и прямо противоречащих друг другу) не только безусловные (вероятностные) оценки для времени решения тех или иных научно-технических вопросов, но и возможные пути их решения. В системе предусматривается также возможность целенаправленного управления процессом непрерывной экспертизы и непрерывного контроля роста квалификации экспертов. Методика предусматривает также возможность непрерывного перевода хорошо разработанных частей прогноза в перспективные и долгосрочные планы.

Проблема нормативов встает и при текущем планировании. Наши плановики хорошо знают, что те усредненные нормативы, которыми пользуются в Госплане при составлении годовых планов, содержат в скрытом виде все резервы, имеющиеся в народном хозяйстве. Разница в десятки процентов между нормативами, достигаемыми в условиях уже внедренной технологии, и теми, по которым фактически производится планирование, в наших условиях, к сожалению, далеко не редкость.

Существенное различие между технически обоснованными и среднестатистическими нормами плохо само по себе. Но еще хуже, что точная величина этого различия, как правило, неизвестна плановым органам. В результате плановые задания на изменение того или иного норматива, скажем, уменьшение трудозатрат, распределяются по отраслям без учета имеющихся в отраслях действительных резервов.

Ликвидировать все перечисленные недостатки в рамках системы усредненных госплановских нормативов невозможно. Система ведения нормативного хозяйства не может ограничиваться рамками Госплана. Она должна исходить из непрерывного слежения за первичными нормативами, как текущими — непосредственно на предприятиях, так и нормативами ближайшей перспективы, отражающими возможности готовящихся или уже готовых, но еще не внедренных разработок (отечественных и зарубежных). Для того чтобы первичные нормативы были объективными, необходима разработка специальной системы экономических и административных мер, включая специальный межведомственный контроль нормативов.

В отраслевых автоматизированных системах управления должна быть создана подсистема агрегации первичных нормативов до уровня нормативов, необходимых для детального планирования межзаводских связей (объединение при этом рассматривается как один завод). Вторая система агрегации должна быть основана на взаимодействии ГВЦ Госплана с ГВЦ министерств и ведомств. Эта система должна быть гибкой: ГВЦ министерств на основе подробных межзаводских нормативов должны быстро вычислять и передавать в ГВЦ Госплана по его требованию агрегированные нормативы для любых группировок.

Проведенный нами анализ показывает, что при наличии лишь жестких, заранее определенных группировок на уровне Госплана (как это имеет место сегодня) резко снижаются возможности повышения эффективности планирования в АСПР. При этом, сохраняя заданную размерность моделей в АСПР, можно быстро менять обчислимые плановые показатели за счет укрупнения единых группировок и разукрупнения других, доходя, в случае необходимости, до самых мелких позиций (например, до автомобилей данной марки или до того или иного сорта размера проката). Методы подобной агрегации и дезагрегации нормативов были недавно нами разработаны и начата подготовка для их внедрения в группе машиностроительных министерств.

Разумеется, говоря о системе организации нормативной базы, я имею в виду не только текущие (действующие сегодня) нормативы, но и нормативы как ближайшей, так и дальней перспективы.

Второй принципиальный вопрос, который мне хочется затронуть, — о доведении плановых решений до их логического конца, а именно до оперативно-календарного планирования работы отдельных предприятий и производственных участков и их *взаимных связей*. С высот макроэкономики эти вопросы зачастую представляются мелкими, которые должны как-то решаться и утрясаться сами собой работниками низового управленческого аппарата. Между тем именно эти задачи являются наиболее трудоемкими и нуждаются в автоматизации. По нашим оценкам, примерная трудоемкость задач планирования и управления на уровне предприятий и их связей между собой составляет 99,98 — 99,99 % общей трудоемкости задач планирования и управления экономикой. И лишь 0,01 — 0,02 % приходится на долю уровня Госплан — министерства.

Если задачи автоматизации оперативно-календарного планирования и доведения заданий непосредственно до рабочих мест еще как-то решаются в передовых АСУП, то задача управления связями между предприятиями находится в гораздо более худшем положении. Правда, ГВЦ некоторых министерств начали решать часть задач управления *внутриминистерскими* связями своих предприятий. Госснаб СССР и его территориальные органы решают задачи прикрепления потребителей к поставщикам. Однако все это — лишь капля в море.

Задача управления связями между предприятиями — это прежде всего задача строгой *синхронизации* работы всех предприятий, работающих друг на друга. Решение органами Госснаба этой задачи с точностью до квартала не может удовлетворять наше народное хозяйство и уже сегодня приводит к большим потерям. Механизм возникновения этих потерь очень прост: предположим, что две стройки получили *инванд* на один и тот же сорторазмер проката на первый квартал. Предположим далее, что этот металл нужен первой стройке в январе, а второй — в марте. Однако в силу большей расторопности своих снабженцев вторая стройка «выбила» для себя поставку проката в январе, а первая — лишь в марте. На первой стройке в январе — феврале возникает дефицит металла, который является в действительности мнимым, поскольку соответствующий металл в стране есть, но только неправильно запаряжен. Если первая стройка была стройкой, скажем, нового прокатного стана, то в результате задержки ее окончания, вызванной мнимым дефицитом, возникает уже истинный дефицит металла.

В настоящее время уже нередки случаи, когда в АСУП «вылизываются» доли процента резервов увеличения эффективности работы предприятий, а в то же самое время десятки процентов эффективности теряются из-за отсутствия синхронизации поставок от смежников. Задача синхронизации работы предприятий в масштабе всей страны является весьма трудоемкой. По нашим оценкам (очень грубым и явно заниженным), в 1968—1969 гг. для решения этой задачи требовалось выполнять не менее 10^{15} арифметических операций в год, для чего требуется круглосуточная работа двух-трех тысяч ЭВМ типа «Минск-32». А ведь помимо задач синхронизации требуется решать задачи их оптимизации, коррекции и т. д. К тому же рост уровня специализации и увеличение средней сложности изделий в условиях научно-технической революции вызывают непрерывное и быстрое увеличение сложности этих задач. Нетрудно понять, что полное решение всех таких задач не под силу никакому отдельному ведомству.

Они могут эффективно решаться только в результате *совместной работы* вычислительных центров (АСУПов) поставщиков и потребителей в непосредственном контакте с плано-производственным аппаратом соответствующих предприятий и объединений.

Организация подобного взаимодействия вычислительных центров предприятий и объединений *независимо от их ведомственной принадлежности* требует специальных технических средств и диспетчерской власти по отношению к ведомственным ВЦ. Соответствующие средства и власть могут и *должны быть* сосредоточены в руках единого союзного или союзно-республиканского ведомства. Технические средства этого ведомства вместе с вычислительными центрами всех остальных ведомств должны составить общегосударственную систему сбора и обработки экономической информации для нужд учета, планирования и управления, создание которой определено директивами XXIV съезда КПСС. По имеющимся оценкам, такая система только за счет синхронизации и оптимизации связей между предприятиями позволит не менее чем вдвое увеличить темпы развития нашей экономики.

Третий принципиальный вопрос касается собственно работы Госплана и АСПР. На основании имеющегося у нас опыта можно с полной уверенностью заявить, что никакая система экономико-математических моделей *без тесного взаимодействия в реальном масштабе времени с практическими работниками Госплана* не способна эффективно решать задачи планирования. Подчеркну, что речь идет не просто о необходимости создания человеко-машинной системы планирования (с этим сегодня, пожалуй, согласны все), а именно о системе, работающей в реальном масштабе времени.

Понятие реального масштаба времени обычно применяется по отношению к управлению технологическими процессами, и там смысл этого термина совершенно понятен. Что же представляет собой реальный масштаб времени применительно к задачам планирования в макроэкономике? В нашем понимании это такая организация человеко-машинной системы, при которой ответы машины не задерживают естественный ход человеческой мысли, не требуют переключения человека на другую работу, пока производятся машинные расчеты в связи с его очередным заданием.

Особо нуждаются в режиме реального времени различного рода оптимизационные расчеты. Авторы оптимизационных моделей обычно предполагают, что область, где ищется оптимальное решение, задана *перед началом* решения задачи. В ряде случаев, когда ограничения, определяющие область решения, сравнительно немногочисленны и, самое главное, не подвержены быстрым изменениям, такое предположение является вполне оправданным. Примером могут служить транспортные задачи или задача распределения производственной программы между различными единицами оборудования.

Совсем другое дело, когда ограничения в решении оптимизационной задачи являются результатом творческого процесса, как это имеет место в большинстве макроэкономических задач. Пусть, например, решается задача о нахождении оптимального набора технологий в статической линейной макроэкономической модели. Процесс нахождения новых технологий является процессом творческим и потому непрерывным: он не обязан кончатся и действительно не кончается к моменту начала решения оптимизационной задачи. К тому же надо иметь в виду необходимость экономии человеческого труда по подготовке и вводу в машину нормативов (технологических коэффициентов), задающих новые технологии, а также

огромные трудности решения самой оптимизационной задачи, если в машину с самого начала будут введены все мыслимые технологии.

Как известно, в линейных моделях область, в которой ищется решение, представляет собой многомерный многогранник, а точка оптимума (или одна из таких точек) расположена в одной из его вершин. Известно также, что эта точка не изменится при достаточно широких вариациях ограничений в далеких от нее участках области, не включающих в себя грани, проходящих через данную точку. Иными словами, после нахождения решения выясняется, что значительная часть работы по точному описанию области оптимизации была фактически ненужной.

Учитывая все сказанное, нетрудно прийти к выводу, что экономные методы оптимизации в задачах подобного рода должны исходить первоначально из достаточно грубого описания области и уточнять это описание в тех частях, где это необходимо, после получения решения очередной упрощенной задачи. Методы, в которых указанный процесс приводит в конечном счете в точку истинного оптимума при полностью уточненном описании области, приближаясь к ней на каждом шаге, условимся называть методами *последовательной оптимизации*.

Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами в задачах с большим числом подверженных человеческому управлению ограничений. Прежде всего такими методами можно решать задачи со столь большим числом ограничений, что классические методы оказываются для них непригодными. Правда, при этом нет гарантии, что мы успеем полностью закончить процесс. Однако даже простое приближение к оптимуму может оказаться достаточно полезным на практике.

Второе преимущество методов последовательной оптимизации состоит в экономии человеческого труда и, самое главное, в направлении человеческой мысли на решение именно тех проблем, которые помогут совершить очередное продвижение к оптимуму. Наконец, эти методы в наилучшей степени отвечают непрерывному характеру человеческого творчества, позволяя перейти к *непрерывному планированию*. Непрерывное же планирование стирает грань между планированием и оперативным управлением, ибо последнее есть не что иное, как быстрая коррекция ранее составленных планов в соответствии с меняющимися условиями.

Разумеется, все описанные преимущества в полной мере будут иметь место только в том случае, когда каждый шаг по проверке (с точки зрения критерия оптимизации) каждого очередного предложения по улучшению плана будет выполняться достаточно быстро, чтобы автор предложения не потерял интереса к диалогу с машиной к моменту оценки предложенного им варианта. Было бы, конечно, хорошо, чтобы такой ответ давался мгновенно, однако для сколько-нибудь сложных задач нереально говорить даже о секундных задержках.

Чтобы определить практическую границу разумной скорости ответа системы, посмотрим, каким обрзом рождаются предложения о путях улучшения плана при обычных (немашинных) методах планирования. Прежде всего в результате расчетов выявляются узкие места, мешающие дальнейшему улучшению плана. Допустим, что таким является производство черных металлов. После выявления узких мест творческая мысль плановых работников направляется на их расширку. В результате собственных раздумий или контактов со специалистами работники Госплана формируют те или иные предложения, направленные на увеличение производства металла, уменьшение его расхода и т. п. Если предложение рождается в беседе со специалистом, то ответ системы должен поступить до конца этой

беседы. В других случаях время задержки ответа должно быть того же порядка (или меньше) по сравнению со временем ввода данных (при ручном наборе с удаленного пульта) о предлагаемом изменении.

Во всех случаях время задержки ответа системы в 12—15 мин следует считать достаточно удовлетворительным с практической точки зрения. Если же оно исчисляется часами и тем более сутками, то происходит переключение человека на другую работу, в результате теряется интерес к ответу системы и к продолжению диалога с ней по затронутому вопросу. Таким образом, организация работы системы, в которой оценка поступающих предложений происходит за 12—15 мин, удовлетворяет нашему определению работы в истинном масштабе времени.

Поскольку на поиск и обдумывание предложений у плановых работников могут уходить многие часы и даже дни, то при указанной скорости ответа система может обслуживать достаточно большое число пользователей. При этом время, затраченное на обдумывание и предварительную отбраковку поступающих предложений, никоим образом нельзя считать затраченным напрасно. Есть серьезные основания считать, что процесс последовательной оптимизации, направляемый человеческой интуицией и опытом, способен быстрее найти *точное* решение оптимизационной задачи по сравнению с классическими методами оптимизации.

В заключение я хочу рассказать о недавно разработанном мною методе последовательной оптимизации в системе годового и пятилетнего планирования, а также о некоторых связанных с ним теоретических результатах. Хотя метод имеет дело с линейной моделью типа затраты — выпуск, он фактически решает нелинейную задачу оптимизации. Метод предназначен для работы в реальном масштабе времени, поскольку при 1200 плановых позициях время задержки ответа системы на поступающие предложения даже при использовании такой маломощной машины, как «Мишк-32» (с вписью информации на ленты) составляет 15—18 мин.

Итак, мы имеем дело с линейной моделью вида $C = AX$, где A — матрица нормативов прямых затрат; C — вектор конечного выпуска (конечного продукта); X — вектор полного выпуска. Обозначая через A^* матрицу $(E - A)^{-1}$ полных затрат, получим, как обычно, решение системы в виде $X = A^*C$. Обозначим через $b = \|b_i\|$ ($i = 1, 2, \dots, m$) вектор наличных запасов ресурсов на рассматриваемый плановый период.

Под ресурсами мы будем понимать производственные мощности (основные фонды) и трудовые ресурсы, разбитые на те или иные группы. Имея в виду задачу наилучшего использования основных фондов, целесообразно выделять специализированное оборудование (например, доменную печь), пригодное для производства лишь одного вида продукции (в пределах плановых показателей), и универсальное (например, металлорежущие станки или грузовые автомобили), которые могут использоваться при производстве различной продукции. Аналогичный смысл имеет также выделение отдельных групп трудовых ресурсов. Это обстоятельство следует особо подчеркнуть, поскольку в нынешней практике планирования зачастую рассчитывают производственные мощности как единое целое, не выделяя специализированной и универсальной частей. Впрочем, при желании (хотя это и уменьшает возможности оптимизации) можно оценивать мощности по производству каждого продукта плановой номенклатуры как единое целое (в этом случае $m = n$).

Измерение ресурсов будем производить не просто их количеством, выраженным в тех или иных единицах, а количеством, умноженным на ожидаемое время их использования в течение рассматриваемого планового

периода. Так что правильнее было бы говорить не о ресурсах, а о ресурсо-часах, ресурсо-днях и т. п. Подобный способ измерения позволяет легко включать в рассмотрение ресурсы, действующие лишь в течение некоторой части планового периода, например ресурсы, возникающие в результате окончания строительства в течение планового периода.

Через $B = \|b_{ij}\|$ обозначим $(m \times n)$ -матрицу нормативов *прямых затрат ресурсов*. Элемент b_{ij} этой матрицы означает количество i -го ресурса (точнее, ресурсо-часов, ресурсо-дней и т. п.) для производства j -го продукта, затрачиваемое в j -й отрасли. Заметим, что каждый ресурс, равным образом как и каждый продукт, может иметь свою собственную единицу измерения (рубли, тонны, метры, станко-часы, человеко-дни и т. п.).

План C^* — план выпуска, обеспечивающий выпуск конечного продукта C . Как уже отмечалось выше, $C^* = A^*C$. Вектор $b = BC^*$ будет представлять собой вектор *полных затрат ресурсов* в течение заданного планового периода для обеспечения плана выпуска C^* . По аналогии с матрицей A^* нормативом полных затрат продуктов можно ввести матрицу $B^* = BA^*$ нормативов *полных затрат* ресурсов. В таком случае $b = B^*C$.

План C^* будет *сбалансированным*, если вектор полных затрат ресурсов b^* (покомпонентно) меньше или равен вектору b наличных запасов ресурсов: $b^* \leq b$.

Последнее неравенство, представляющее собой n скалярных неравенств, можно рассматривать как ограничения в задаче оптимизации. Если речь идет о задаче оптимизации состава конечного продукта C , то подобная постановка задачи оптимизации наиболее естественна. В действительности, однако, Госплан имеет дело с гораздо более сложной задачей оптимизации. Дело в том, что имеется много возможностей менять не только компоненты вектора C , но и элементы матриц A и B . Изменения первого вида мы будем называть *потребительскими*, а второго и третьего — *технологическими*.

Технологические изменения обычно возникают в виде принятия (с целью улучшения плана) группы *элементарных* технологических предложений. Каждое из таких предложений заключается или во введении новой технологии производства (включая возможное изменение конструкции) какого-либо продукта, входящего, скажем, в j -ю плановую группировку (обобщенный продукт), или в изменении относительных долей продуктов в j -й группе, или, наконец, в изменении состава предприятий, производящих продукты j -й группы.

Во всех случаях результатом принятия соответствующих элементарных предложений будут изменения j -х столбцов матриц A и B . Задача *оценки* соответствующего предложения заключается в перерасчете плана с *новыми матрицами* A и B , вычислении значения критерия, по которому производится оптимизация, и сравнении нового значения критерия со старым. Критерии обычно задаются в виде относительно простых (большой частью линейных) функций от компонент вектора C^* полного выпуска, вектора C конечного выпуска или вектора b^* полных затрат ресурсов. Поэтому их вычисление не представляет особого труда и может не учитываться в общей сумме затрат машинного времени.

Точно так же не представляет особого труда при навесной матрице A^* находить изменения ΔC^* вектора полного выпуска при любых изменениях ΔC вектора конечного выпуска. Вычисления приращения ΔC^* по формуле $\Delta C^* = A^* \Delta C$ требует около $2n^2$ арифметических операций, что при числе плановых позиций $n = 1200$ составляет не более 3 млн арифметических

операций. Для выполнения такого числа операций центральному процессору ЭВМ «Минск-32» потребуется порядка 3 мин, а с учетом необходимости обращения к магнитной ленте (где хранится матрица A^*) — порядка 8—10 мин.

Еще более просто обстоит дело в случае элементарного приращения ΔB матрицы B нормативов прямых затрат ресурсов. Поскольку такое приращение затрагивает лишь один столбец матрицы B , то вычисление приращения Δb^* вектора b^* по формуле $\Delta b^* = \Delta B C^*$ потребует всего лишь m умножений и может поэтому не приниматься в расчет при вычислении общих затрат машинного времени.

Наиболее сложен случай элементарного приращения матрицы A , поскольку это приращение вызывает необходимость заново решить уравнение $x = Ax + C$ для нахождения нового плана полного выпуска. Если использовать для решения этого уравнения обычные методы, то потребуются сутки работы центрального процессора ЭВМ «Минск-32», а с учетом необходимости обращения к магнитным лентам затраты времени будут значительно большими. Правда, в практических задачах матрица A достаточно разрежена, т. е. имеет большое число нулей. Применение методов, использующих это обстоятельство, позволяет уменьшить затраты машинного времени, однако они все еще остаются достаточно большими. Не следует забывать также, что разреженность матрицы A имеет тенденцию уменьшаться со временем в силу усложнения системы связей между отдельными отраслями экономики в результате научно-технического прогресса.

Суть предлагаемого весьма экономичного метода решения поставленной задачи состоит в использовании весьма простой, но, по-видимому, неизвестной ранее формулы, связывающей приращение $\Delta_i A^*$ матрицы A^* с элементарным, т. е. одностробцовым, приращением $\Delta_i A$ матрицы A . Индекс i в приращении $\Delta_i A$ означает, что нулевые приращения имеют лишь элементы i -го столбца матрицы A .

Формула, о которой идет речь, может быть записана в виде:

$$\Delta_i A^* = \frac{1}{1 - \alpha_i} A^* \Delta_i A A^*,$$

где через α_i обозначен элемент матрицы $D_i = A^* \Delta_i A$, стоящий на пересечении i -го столбца и i -й строки. При записи этой формулы в виде $\Delta_i A^* = \left(A^* \left(\frac{1}{1 - \alpha_i} \Delta_i A \right) \right) A^*$ легко проверить, что вычисления с ее помощью требуют порядка $3n^2$ арифметических операций. При числе плановых позиций $n = 1200$ это составляет около 4,5 операций.

Важно отметить также, что предлагаемая формула хорошо приспособлена для работы с информацией, расположенной на магнитных лентах. Вычисления могут быть осуществлены за два прогона ленты, на которой записана матрица A^* (одностробцовые матрицы $\Delta_i A$ и $A^* \frac{1}{1 - \alpha_i} \Delta_i A$ при этом могут храниться в оперативной памяти). В результате полное решение задачи об оценке элементарного технологического предложения, изменяющего матрицу A , при числе плановых позиций $n = 1200$ может быть выполнено на машине «Минск-32» за 15—20 мин. В результате оценка элементарных предложений любого вида может с использованием предлагаемого метода производиться практически в реальном масштабе времени даже при условии использования столь малоомощной машины, которой является «Минск-32».

Хотя предлагаемый метод может работать с любым критерием оптимизации, на наш взгляд (особенно на первых порах), его целесообразно использовать в виде, максимально приближенном к традиционной практике планирования, когда задачей оптимизации плана является экономия критического ресурса. В этом случае для первоначально заданного вектора C конечного выпуска условие сбалансированности плана, т. е. неравенство $b^* \leq b$, не выполняется. Иными словами, план выходит за пределы допустимой области.

Имеется тривиальный способ удовлетворять условие сбалансированности плана, умножая план C конечного выпуска на скалярный положительный множитель $\lambda < 1$. Этот множитель всегда можно выбрать таким образом, чтобы неравенство хотя бы одной пары компонент b_i^*, b_i векторов b^* и b обращалось в равенство $b_i^* = b_i$. Соответствующий ресурс C и будет критическим. Критических ресурсов может быть и несколько, однако на практике этот случай маловероятен, и мы его поэтому исключим из рассмотрения.

Процедура планирования в соответствии с предлагаемым методом состоит в следующем. Прежде всего формируется *напряженное* задание по конечному продукту C . Оно составляется, как обычно, из различных компонент (пародное потребление, оборона, капитальное строительство и т. д.). Важно подчеркнуть, что все крупные стройки, находящиеся под прямым контролем Госплана, входят в вектор C как отдельные составляющие. Это позволяет впоследствии, на этапе оптимизации, рассматривать предложения, направленные на изменение сроков окончания тех или иных строек, а тем самым на значения векторов C и b . Далее, в пределах заданных размерностей n и m плана формируются плановые показатели, и в результате взаимодействия с ГВЦ министерств подсчитываются нормативы прямых затрат продуктов и ресурсов, т. е. матрицы A и B . Попутно происходит новый подсчет вектора b . Затем в ГВЦ Госплана в чисто машинном режиме (затрачивая столько времени, сколько нужно) находятся первоначальные значения матрицы A^* , вектора C^* полного выпуска, вектора b^* полных затрат ресурсов и находится (в результате сравнения векторов b^* и b) критический ресурс.

Затем наступает этап оптимизации. Если план конечного выпуска C был достаточно напряженным, то критический ресурс (а возможно, и некоторые другие) окажется в дефиците. Считая дефицит критического ресурса главным местом плана, Госплан направляет усилия сотрудников своих отраслевых отделов на сбор и оформление предложений, направленных на расшивку этого узкого места. Сводный отдел Госплана организует последовательную проверку поступающих предложений на описанной выше модели, принимая те из них, которые приводят к уменьшению дефицита критического ресурса, и отвергая остальные.

Процесс продолжается до тех пор, пока критическим станет другой ресурс, после чего усилия направляются на уменьшение его дефицита. Процесс оптимизации заканчивается либо тогда, когда нет новых неопробованных предложений по улучшению плана, либо когда для процесса дальнейшей оптимизации не хватает времени. Если при этом какие-то ресурсы все еще оказываются в дефиците, производится окончательная балансировка плана за счет сокращения заданий по конечному продукту. Разумеется, здесь также возможен перебор многих вариантов такого сокращения.

По мере поступления новых, заслуживающих внимания предложений (уже после утверждения плана), может производиться их оценка и, если

будет признано необходимым, соответствующие коррекции плана. Поскольку такие коррекции (вызывающие полную перебалансировку плана) выполняются в течение 15—20 мин, то создается реальная возможность оперативного управления экономикой на основе непрерывной и, что самое важное, полностью сбалансированной корректировки планов.

Остается ответить еще на один важный вопрос. В предлагаемой методике поступающие элементарные предложения оцениваются последовательно, поодиночке. Не может ли случиться, что среди имеющихся элементарных предложений ни одно, взятое отдельно, не улучшает значения критерия, а какая-то их комбинация приводит к его резкому улучшению. Если рассматривать вопрос абстрактно, независимо от его экономического содержания, то нетрудно построить примеры, когда такое положение будет действительно иметь место. В случае же выполнения дополнительных условий, которые справедливы для задач, возникающих из реальных экономических постановок, автором доказана следующая теорема о последовательной оптимизации.

Пусть A — вполне продуктивная матрица, а вектор полного выпуска C^* — неотрицателен, и пусть эти условия сохраняются при любых изменениях, составленных из имеющихся элементарных изменений. Тогда, если какая-либо комбинация элементарных изменений приводит к экономии критического ресурса, среди входящих в эту комбинацию элементарных изменений хотя бы одно, взятое само по себе, также приводит к экономии критического ресурса.

Эта теорема показывает, что предлагаемый метод действительно является методом последовательной оптимизации в том смысле, какой был придан этому термину выше. В самом деле, из теоремы следует, во-первых, что, принимая очередное полезное элементарное предложение, мы улучшаем значение оптимизационного критерия (в данном случае — расход критического ресурса). Во-вторых, что в случае наличия конечного числа элементарных предложений по улучшению плана процесс последовательной оптимизации через конечное число шагов приведет к абсолютному оптимуму, т. е., иными словами, к выбору наилучшей комбинации элементарных предложений.

Заметим, что, вообще говоря, теорема не гарантирует того, что элементарное предложение, отвергнутое на каком-либо шаге, не станет полезным на последующих. Так что в принципе для достижения абсолютного оптимума необходимо после каждого очередного шага, улучшившего план, опробовать все имеющиеся элементарные предложения, в том числе возможно, и такие, которые аннулируют некоторые элементарные предложения, принятые на предыдущих шагах оптимизации. Однако процесс подобного перебора должен продолжаться до нахождения первого полезного элементарного предложения, которое, в силу доказанной теоремы, следует принимать как очередной шаг в достижении абсолютного оптимума. Поскольку же отбор предложений для проверки осуществляется не машиной, а людьми, то есть серьезные основания надеяться, что доля отвергаемых предложений (особенно на начальных этапах оптимизации) будет невелика. Иными словами, можно надеяться, что человеческая интуиция и опыт помогут существенно сократить перебор, обеспечивая выбор очередного полезного элементарного предложения уже при первых попытках.

Полученные результаты, помимо их непосредственной практической направленности, представляют определенный интерес и для общей теории макроэкономических моделей. Так из развитых нами здесь методов выте-

кают простые и весьма естественные (с точки зрения их экономического смысла) доказательства некоторых известных теорем из теории линейных макроэкономических моделей, например известной теоремы Самуэльсона о замещении.

Заметим, что постановка задачи об упрощении решения системы линейных алгебраических уравнений при условии наличия информации о решении некоторой близкой к ней системы представляет самостоятельный, чисто математический интерес. В математике хорошо известна постановка задачи, когда близость двух систем уравнений заключается в том, что их соответствующие коэффициенты отличаются друг от друга на малую величину. При этом могут изменяться (хотя и мало) все коэффициенты. Новая постановка задачи состоит в том, что большим изменениям подвергается относительно небольшое число коэффициентов.

(Алгоритмы и организация решения экономических задач.— М.: Статистика.— 1975.— Вып. 6.— С. 5—14)

В создании Общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС) имеется два основных аспекта: технико-информационно-программный; функциональный, связанный с разделением на отдельные подсистемы модели этой большой, охватывающей все проблемы автоматизации управления экономикой системы.

Создание отдельных функциональных подсистем, входящих в состав ОГАС, а именно: автоматизированных систем плановых расчетов (АСПР); государственной статистики (АСГС); управления материально-техническим снабжением (АСУМТС); управления научно-техническим прогрессом (АСУНТ); отраслевых систем, — по нашему мнению, не может полностью решить задачу автоматизации управления экономикой в стране. ОГАС — не механическая сумма составляющих ее подсистем, а их организационное объединение с большим количеством стыковых, межведомственных задач.

В связи с этим следует обратить внимание на одно важное обстоятельство. Автоматизация управления в начальный период развивалась в нашей стране в соответствии с существующим отраслевым принципом управления и соответственно базировалась на традиционных вертикальных связях. Так же строились связи и между автоматизированными системами: АСУ предприятий связывались с АСУ отрасли, министерствами или с их главными вычислительными центрами, которые, в свою очередь, устанавливали связи с вычислительными центрами Госплана СССР и других общегосударственных органов управления.

Такие связи, безусловно, необходимы, но недостаточны для решения многих задач управления. Наряду с вертикальными необходимо использование горизонтальных связей между предприятиями различных ведомств, различными министерствами, т. е. между экономическими ячейками, находящимися на одном иерархическом уровне, но принадлежащими разным ведомствам.

Задачи, базирующиеся на горизонтальных связях, в настоящее время по ряду причин практически не решаются. В результате народное хозяйство несет большие потери, снижающие, по подсчетам специалистов, в полтора—два раза темпы роста экономики.

Однако административные органы, призванные решать эти задачи, например задачи материально-технического снабжения, не могут полностью решить проблему горизонтальных связей. По нашим расчетам, объем таких задач составляет десятки процентов от общего объема всех задач управления и решение их каким-либо одним ведомством невозможно. Кроме того, это, как правило, человеко-машинные задачи. Они требуют неформального знания положения на местах и поэтому должны решаться в первую очередь самими предприятиями, т. е. в данном случае необходима разумная степень децентрализации.

Среди этих задач на первое место выдвигается синхронизация работы отдельных предприятий в области материально-технического снабжения, иначе говоря, синхронизация работы поставщиков и потребителей. Сейчас органы материально-технического снабжения решают эту задачу с точностью до одного квартала, с помощью автоматизации этот срок при существующих связях можно сократить до месяца, а использование хорошо налаженных горизонтальных связей позволит решать такие задачи с точностью до дней, часов и даже минут, если это потребуются. Уже в настоящее время имеются примеры решения подобных задач с точностью до минут. Так, с точностью до 5 мин согласована работа некоторых московских домостроительных комбинатов со сборочными площадками и автотранспортом.

В мировой практике в области машино- и приборостроения является общепринятым согласование взаимных поставок с точностью до 10 мин. И в этом нет ничего удивительного. При согласовании же с точностью до одного месяца возникают так называемые мнимые дефициты. В течение этого срока занаряженные продукты, материалы, комплектующие изделия часто направляются не туда, где они в первую очередь нужны. В результате в одном месте возникает дефицит, в другом — преждевременное получение соответствующей комплектации. А это чревато серьезными последствиями: мнимые дефициты имеют тенденцию переходить в истинные. Так, если строительство не получило вовремя (не в начале, а в конце месяца) необходимых материалов, то срываются сроки, ввод производственных мощностей и возникает уже истинный дефицит в тех продуктах и изделиях, которые эти мощности должны выпускать. Именно это и вызывает сейчас наибольшие потери в народном хозяйстве.

Такие задачи должны найти свое решение в ОГАС.

Рассмотрим технико-информационно-программную базу ОГАС. Технической ее базой должны стать Государственная сеть вычислительных центров (ГСВЦ) и автоматизированная система связи страны. Как строится и будет строиться ГСВЦ? Существуют три основных типа вычислительных центров, на которых создаются ГСВЦ.

Первый тип — ведомственные ВЦ индивидуального пользования, принадлежащие предприятиям, министерствам или другим органам управления, например территориальным органам управления — облисполкомам или горисполкомам, министерствам (республиканским или союзным), общегосударственным органам — Госплану СССР или Государственному комитету по материально-техническому снабжению и т. д. Вычислительные центры этого типа, в свою очередь, делятся на два подтипа: на ВЦ, принадлежащие предприятиям, и ВЦ органов управления.

Второй тип — ведомственные и кустовые ВЦ коллективного пользования, основанные на территориально-ведомственном принципе. Они обслуживают группу мелких предприятий какого-либо ведомства, расположенных в определенном районе, для которых строительство самостоятельных вычислительных центров нецелесообразно.

К третьему типу относятся государственные вычислительные центры коллективного пользования — ВЦКП. Они должны принадлежать государственному органу, ориентированному на выполнение информационно-вычислительных задач, и обслуживать как мелких, так и крупных пользователей независимо от их ведомственной принадлежности. Сеть ВЦКП станет основой автоматизированной информационно-вычислительной службы страны. Как показали расчеты, необходимо около 200 таких ВЦ, т. е. приблизительно столько, сколько существует административных единиц

(областей, автономных республик и др.). Практически в каждом областном центре должен быть создан один ВЦКП. В зависимости от условий и необходимости некоторые области могут иметь больше одного ВЦКП. С помощью системы связи Общегосударственной системы передачи данных (ОГСПД) эти ВЦКП будут связаны с абонентами, которыми могут быть различные предприятия и органы управления, не имеющие своих ВЦ.

Каждый пользователь должен иметь специальный абонентский пункт, оснащенный оборудованием в зависимости от состава и количества решаемых задач, информационных потоков. Простейший абонентский пункт будет иметь обыкновенный телетайп и обслуживаться дежурным оператором, наиболее сложный будет состоять из мини-компьютера и различного рода периферийных устройств. По существу, он будет своеобразным мини-вычислительным центром, выполняющим простейшие вычислительные и информационные задачи абонентов. Решение более сложных задач будет осуществляться в ВЦКП.

Если рассматривать ГСВЦ как простое техническое средство для обслуживания потребителей на удаленных пунктах прежде всего с удаленных терминалов, то режимами его работы будут разделение времени, пакетная обработка и пр. в зависимости от характера запросов. В настоящее время такого рода системы уже имеются за рубежом. Это чисто коммерческие предприятия, обслуживающие вычислительными мощностями различных потребителей. В нашей стране ГСВЦ предназначены прежде всего для построения ОГАС.

ОГАС отличается от ГСВЦ большой группой вопросов, требующих своего решения, прежде всего созданием информационной базы системы. Вычислительные центры или соответствующая сеть ВЦ коллективного пользования за рубежом носит коммерческий характер. Они осуществляют простую продажу машинного времени. Создание информационной базы для них — дело самих потребителей.

В нашей стране сеть ВЦ служит задаче оптимального управления экономикой в народном хозяйстве. Уже имеется вполне определенный поток задач, для которых необходим соответствующий объем информации. Поэтому следует проектировать не только саму технику, не только программы, обеспечивающие работы в режиме продажи машинного времени для этой системы, но и процедуры управления, соответствующие программную и информационную базы. Этим прежде всего и отличается ОГАС от простой сети ВЦ.

Однако при создании информационной базы ОГАС возникают две основные трудности, мешающие использовать классический метод проектирования этой системы. Первая трудность состоит в следующем. Структура и функции управления экономикой в этой большой системе должны быть гибкими. В соответствии с классическими методами проектирования больших систем сначала устанавливаются цели, ради которых создается система, и процедуры управления. Затем определяются виды и объем информации. И только после этого организуются информационные потоки и соответствующий набор технических средств. Создание же информационной базы для такой системы, как ОГАС, — очень длительный процесс. Зарубежная практика показывает, что создание информационной базы для системы, по сложности составляющей примерно 2—3 % ОГАС, занимало семь-восемь лет, а для ОГАС она будет создаваться лет двенадцать-пятнадцать. Разумеется, за это время как структура управления, так и функции органов управления могут изменяться, так как постоянно происходит процесс совершенствования управления, и вся работа может стать неэф-

фективной, если в процессе проектирования не предусмотреть такой эволюции.

Вторая трудность заключается в том, что ОГАС, помимо регулярных потоков информации, будет получать и различные случайные запросы на информацию со стороны абонентов. Поэтому система должна строиться с учетом постоянного расширения и иметь резервы для этого.

Рассмотрим вопрос о создании информационного массива. Если провести их подробный анализ, то окажется, что основные трудности возникают при создании первичных информационных массивов, отображающих первичную экономическую информацию, находящуюся на предприятиях, в КБ и т. д.

Эта информация не зависит от структуры управления экономикой. Она объективно отображает реальные технологические процессы, которые развиваются и определяют изменение структуры органов управления. Поэтому, по нашему мнению, основу информационной базы ОГАС, т. е. первичные информационные массивы, надо создавать параллельно и независимо от функциональных задач, которые будут решать органы управления, и, следовательно, от вторичных информационных массивов, которых эти задачи потребуют.

Первичные информационные массивы следует привязывать к объективной экономической информации на местах. Система обращения к ним должна быть гибкой, т. е. необходимо создание специального математического обеспечения, которое позволит быстро извлекать любую информацию из этих первичных массивов и формировать при необходимости любые вторичные. Эти первичные массивы могут быть расположены как в вычислительных центрах предприятий, так и в кустовых ВЦ или ВЦ коллективного пользования, обслуживающих предприятия.

Что представляют собой первичные информационные массивы? Это массивы, которые описывают основные фонды на предприятиях, включая здания, помещения, различное технологическое оборудование, а также трудовые ресурсы (нормативные, плановые, различные технологические массивы — технологические карты и т. д.).

Первичные информационные массивы необходимы для решения задач управления на предприятиях, поэтому их создание адекватно долгосрочным капиталовложениям. Если будут созданы такие массивы, а также системы постоянного их обновления, в любое время отображающие реальное состояние дел на предприятии, то на этой основе можно будет строить более эффективные системы управления предприятиями и уже сегодня получать определенный выигрыш. Но для этого надо унифицировать документацию, соответствующие информационные массивы, определить показатели, включаемые в них, и т. п.

Проведение работ по унификации массивов означает, что при создании АСУП должны быть предусмотрены работы по унификации и переводу уникальных массивов по требованию государственной системы в унифицированную стандартную форму.

Важнейшая составная часть АСУП — ее математическое обеспечение, включающее специальный информационный язык и систему программ и позволяющее из первичных информационных массивов на вычислительных установках предприятий, ведомств или на ВЦКП произвести подготовку и выдачу массивов требуемых структур: из массивов с большим количеством показателей выбрать и сформировать новый массив с двумя-тремя показателями или, например, выяснить, сколько в нашей стране станков с заданными характеристиками и т. д. Такая система аналогична

системе «ИНФОР», созданной в Институте кибернетики АН УССР и вводимой в настоящее время на предприятиях девяти машиностроительных министерств. Аналогичные системы должны быть обязательными для всех АСУП.

Однако для того чтобы полностью решать все задачи управления, недостаточно иметь только информацию в низовых звеньях и соответствующие программы. Поскольку эта информация принадлежит разным ведомствам, а ведомственные ВЦ заняты решением своих собственных задач, то для организации потоков информации в государственном масштабе необходимо централизованное межведомственное управление всеми информационными массивами и ВЦ, а не управление экономикой. В рамках ОГАС нужно прежде всего создать систему управления своим собственным информационно-программным хозяйством.

Для того чтобы из первичных массивов, находящихся на ВЦ предприятий, сформировать вторичный, необходимо:

- знать, имеется ли эта информация в нужной форме на данном предприятии. Если рассматривать систему как развивающуюся, то на одних предприятиях массивы уже могут быть созданы, а на других еще нет;

- установить, есть ли на данных ВЦ соответствующие программы, с помощью которых они могут выполнить требуемую работу;

- знать, имеются ли необходимые технические средства для этого выполнения;

- определить, есть ли время, свободное от решения задач управления предприятием.

Все эти сведения необходимо иметь в специальной системе управления ВЦ, без которой немыслима ОГАС. Предполагается, что соответствующие функции такой системы управления будут сосредоточены в специальной сети информационно-диспетчерских пунктов (ИДП), которые целесообразно совместить с ВЦКП (поскольку в них будет сосредоточена значительная часть экономической информации по стране).

ИДП — это своеобразный информационно-управляющий ВЦ, который располагает вычислительными мощностями и при необходимости дополнительно использует вычислительные мощности ВЦКП. Прежде всего задача ИДП состоит в ведении автоматизированного каталога всей информации, имеющейся на обслуживаемой им территории. Этот ИДП должен иметь автоматизированную связь со всеми ВЦ, расположенными на отведенной ему территории, независимо от их ведомственной принадлежности.

Кроме каталога информационных массивов, содержащего сведения об информационно-массивах на определенном предприятии, на ИДП должен быть каталог программ, содержащий сведения о программах на определенном предприятии, их характеристиках, технических средствах, необходимых для реализации программ, и пр.

Необходимо также, чтобы на ИДП постоянно была информация о ВЦ, его оборудовании, планах загрузки ВЦ и выполнении работ с низким приоритетом, которые можно приостановить в случае срочных межведомственных заказов. ИДП должны быть связаны между собой каналами связи и обслуживаться специальной службой управления информацией в стране.

Вся эта система должна быть построена по союзно-республиканскому принципу, т. е. и в Москве, и в столицах союзных республик будут находиться головные ИДП. В этом плане республиканская автоматизированная система является просто составной частью ОГАС, по своему построению ничем от нее не отличающаяся.

Создание такой службы управления информацией позволяет совершенно по-новому решать задачи как государственные, так и справочно-информационные по различным заказам. Таковыми могут быть заявки предприятий на выполнение определенного небольшого заказа без обращения по инстанциям и к плановым органам и т. д., а также заказ и самого верхнего уровня управления на информацию о загрузке того или иного вида оборудования или об имеющихся в настоящее время запасах того или иного вида материалов по всей стране или на определенной территории и т. д.

Если такая система будет создана, то все первичные экономические ячейки, все органы управления, предприятия, КБ и т. д. будут входить в нее через собственные ВЦ или ВЦКП. Они будут абонентами этой системы. Там же, где своих собственных ВЦ не окажется, например в поселковых Советах, будут организованы специальные абонентские пункты, с помощью обычного телетайпа связанные с ближайшим ВЦКП и соответствующим ИДП. Любой запрос на информацию поступает прежде всего на ИДП: от государственных органов управления — в соответствующий головной ИДП, от низовых организаций — в ближайший территориально ИДП, где в первую очередь должны быть предусмотрены процедуры автоматической юридической проверки права доступа данного абонента к соответствующей информации.

Необходимо отметить, что это — совершенно новая задача, которая не решалась до сих пор в рамках соответствующих информационно-справочных систем.

После того как в системе будут накоплены заявки, автоматически определяется их приоритет, уточняется загрузка вычислительных центров, на которых они будут выполняться, и составляется расписание их выполнения. Затем ИДП дает указания ВЦ, когда и какие заявки на получение той или иной информации следует выполнять. При этом для упрощения работы с каналами связи в ИДП должны создаваться выборочные дубликаты информационных массивов, к которым наиболее часто приходится обращаться. Причем эти «вторичные» информационные массивы будут уже переменными.

Следующий не менее важный вопрос — сжатие информации. По-видимому, самым эффективным сжатием являются варианты проектов решений по данному вопросу. По существу, традиционные системы управления, имеющиеся сейчас в экономике, работают именно по такому принципу.

Для эффективного управления информацией по конкретной проблеме должна быть создана временная конфигурация вычислительных центров и организована их совместная работа над проблемой. Организовать работы ВЦ, принадлежащих различным ведомствам и работающих по разным планам, должна сеть ИДП в ОГАС. В этом и заключается ее главная межведомственная роль. Аналогично можно организовать конфигурации ВЦ для решения низовых задач, например для согласования расписаний поставок, синхронизации работы поставщиков и потребителей. С этой целью связь ВЦ предприятий между собой и выполнение этой работы осуществляются под диспетчерским управлением сети ИДП.

Здесь возможны два случая.

Первый случай — решаемые задачи требуют сравнительно небольшого объема передаваемой друг другу информации, не требуют больших вычислительных мощностей и могут быть выполнены низовыми ВЦ. В этом случае конфигурация ВЦ основывается на принципах телеграфной связи:

один изовой ВЦ пересылает результаты решения задачи в виде телеграммы в другой.

Для второго случая характерны задачи (кстати сказать, наиболее важные для получения ощутимого экономического эффекта) с огромными информационными потоками, которые при любых разумных требованиях к развитию систем связи не могут быть удовлетворены ее местными каналами, так как предприятия в основном будут подсоединяться к своим ИДП по среднескоростным каналам связи.

В этом случае возможен следующий режим решения задачи. Для решения межведомственных задач на ВЦКП и ИДП выделяется необходимое время. Затем на соответствующий ИДП из ВЦ, расположенных на территории, подведомственной этому ИДП, доставляются магнитные ленты, диски, программы, после чего начинается решение задачи с использованием огромных вычислительных мощностей, сосредоточенных на ВЦКП и ИДП (и с огромными пропускными способностями каналов связи между ними).

Проведенный анализ показывает, что для решения целого ряда важнейших задач управления необходимо, чтобы все 200 главных ВЦ страны вместе с ВЦКП и ИДП работали как один вычислительный комплекс. Это означает, что соответствующая машина, находящаяся, например, в Киеве, должна читать информацию на магнитных дисках в Хабаровске и записывать на магнитную ленту информацию из Москвы. При таком обмене информацией будут решаться самые сложные задачи управления межведомственного характера, необходимые для того, чтобы в полтора — два раза ускорить темпы развития нашей экономики.

Указанный режим использования ВЦКП предьявляет еще одно требование к технической базе ОГАС — ГСВЦ: программную совместимость с вычислительными мощностями абонентов. Если эта проблема будет решена, то информационно-диспетчерская служба сможет выполнять и другие функции, например аварийное резервирование. Так, если какие-либо вычислительные мощности на предприятии по некоторым причинам выйдут из строя, то наиболее ответственные для этого предприятия задачи временно может решать ВЦКП или ИДП.

Если на предприятии возникает перегрузка ВЦ, то оно может временно воспользоваться ВЦКП, передавая ему часть информации и решая с его помощью свои задачи. Следует отметить, что эта сеть должна обладать юридическим правом перераспределения нагрузок, т. е. в том случае, если ВЦКП перегружен, а где-то на территории страны имеется ведомственный ВЦ, в данный момент недогруженный, то соответствующая служба должна иметь право перераспределять нагрузку, естественно, с последующими взаимными финансовыми расчетами за использование машинного времени, что осуществляется в настоящее время для системы электростанций.

Остановимся на этапах создания ИДП. Первый этап — это создание ИДП, осуществляющих диспетчерское обслуживание ВЦ с использованием обычной телефонной связи, а также передачей нагрузки с одного ВЦ на другой, но не по каналам связи, как будет в будущем, а путем пересылки из очереди потребителей на другие ВЦ, где будут в это время свободные мощности. На первом этапе должно быть начато создание каталогов программ и каталогов информации в пределах области.

Вторым этапом явится автоматизация диспетчерирования. В соответствующих ИДП появятся специальные управляющие машины, на которых будут решаться задачи оптимизации распределения нагрузок. Необходимо будет решить задачу автоматизации информационного поиска, т. е. авто-

матризации каталогов, для чего на ИДП будут созданы информационно-вычислительные мощности.

Следующий этап — объединение ИДП в одну систему с единым управлением и соответствующими каналами связи. И, наконец, завершающий — создание операционной системы всей сети, которая позволит решить задачу создания временных конфигураций вычислительных центров.

Как уже отмечалось, в функциональном аспекте ОГАС представляет собой не простую сумму, а органическое объединение всех ее подсистем. Но при создании такой системы возникает тот же вопрос, что и при создании информационной базы. Если вначале решать централизованно весь комплекс вопросов, связанных с планированием управления, а после этого выдавать задание на проектирование отдельных подсистем, то пройдет очень много времени и задачи вновь изменятся. Во избежание этого структура управления разработками функциональных звеньев ОГАС должна быть гибкой, адаптирующейся к реальным условиям. Для этого прежде всего необходимо провести организационные работы: создать Совет главных конструкторов всех звеньев ОГАС или РАСУ (республиканской автоматизированной системы).

Главные конструкторы разработок АСНР, АСГС, АСУМТС, а также автоматизированных отраслевых и территориальных (областных и городских) систем управления народным хозяйством должны быть объединены в специальный Совет главных конструкторов.

Кроме того, должна быть также создана система головных институтов, находящихся в распоряжении председателя Совета, главного конструктора и научного руководителя разработок ОГАС. Эти головные институты должны прежде всего решать различные межведомственные задачи.

Совет главных конструкторов все решения по межведомственной стыковке принимает после специальной подготовки и научной проработки. Для этого должна быть специальная система представителей головной организации во всех институтах, занимающихся разработкой функциональных звеньев ОГАС (РАСУ).

Осуществление всех изложенных принципов и методов разработки ОГАС (РАСУ) позволит выполнить в течение десяти—пятнадцати лет грандиозную задачу создания научной и материально-технической базы автоматизации управления народным хозяйством на современной основе.

В [1] был предложен новый подход к решению задачи оптимизации межотраслевых балансов. Поскольку при изложении этого подхода основное внимание уделялось чисто математическому аспекту, многие другие важные аспекты проблемы были затронуты лишь вскользь или не затронуты вообще. В результате у многих читателей создалось однобокое (а порой и превратное) представление о предложенной модели. Бытует, в частности, мнение, что ДИСПЛАН — чисто статическая модель, предназначенная в основном для краткосрочного планирования. Некоторые читатели не заметили даже того, что ДИСПЛАН является инструментом не только балансировки, но и глубокой оптимизации планов.

Роль ДИСПЛАНа как ядра новой технологии всего планирования (а не только межотраслевых балансов) в [1] совсем не затронута. Этот пробел частично восполнен в [2] и [3], однако ряд аспектов проблемы нуждается в более четком и подробном изложении (особенно учитывая ограниченный тираж работы [3]).

Дисплановская технология предназначена в первую очередь для долго- и краткосрочного планирования в масштабах страны (или группы стран), а также на любой выделенной территории. Оптимизация планов строится с учетом социалистического принципа максимального удовлетворения материальных и духовных потребностей населения на данной территории.

Замена оптимизационного критерия на критерий, не использующий величину непроизводственного потребления (максимизация прибыли, темпов роста и т.п.), позволяет применить дисплановскую технологию для планирования чисто производственных объектов (отраслей, объединений и т.п.).

Дальнейшее изложение дисплановской технологии планирования построено нами с учетом основной территориально-отраслевой, а не чисто отраслевой интерпретации.

Технологический цикл планирования в системе ДИСПЛАН начинается с выбора основного временного интервала планирования T (периода планирования) и его разбиения на промежуточные подынтервалы t_1, t_2, \dots, t_n . Далее устанавливается агрегирующая номенклатура продукции на данный плановый период для высшего уровня планирования — сводного плана. Максимальный объем такой номенклатуры, обозначаемый далее числом n , определяется прежде всего мощностью имеющейся в нашем распоряжении вычислительной техники и удобствами проведения диалога. Последнее условие удовлетворяется, если время операций типа умножения вектора на матрицу (размерности n) будет выполняться в пределах нескольких (обычно не более 5—10) мин. Для ЭВМ с быстродействием порядка миллиона операций в секунду по Гибсону максимальный объем номенклатуры имеет порядок около 10 тыс.

Заметим, что дисплановская технология дает реальный сводный план, а не предварительные наброски, используемые при составлении плана, как это имеет место в оптимизационных макроэкономических моделях традиционного вида.

Для каждой позиции выделенной номенклатуры фиксируется определенная единица измерения (рубли, тонны, кубометры и т. д.). Заметим, что, как это имеет место в реальном планировании, дисплановская технология предполагает возможность использования разных видов продукции на всех стадиях планирования (включая и межотраслевой баланс). Для быстрого перевода плановых показателей из одних единиц в другие в состав информационно-математического обеспечения ДИСПЛАНа включаются соответствующие таблицы и пакет программ.

Как уже отмечалось, ДИСПЛАН является не статической, а динамической моделью. Однако в отличие от классических динамических моделей, развертывающих экономику последовательно, период за периодом, в ДИСПЛАНе используется принципиально иной подход — проекция динамики в статику. По существу, с проекцией динамики в статику имеет дело всякая численная реализация любой динамической модели. Но в классическом случае такая проекция делается в мелкие временные шаги Δt начиная от $t = 0$ и до $t = T - \Delta t$, где T — выбранный период планирования.

В отличие от этого в ДИСПЛАНе проекция (с соответствующей оптимизацией плана) делается сразу на весь период планирования T . И лишь после этого полученный план разбивается и корректируется (также с оптимизацией) по отдельным подпериодам (скажем, по годам пятилетки). Благодаря такому подходу значительно сокращается число шагов в процессе оптимизации и, самое главное, становится возможным системный подход к оптимизации реальных планов со всей необходимой глубиной детализации (вплоть до отдельных предприятий и цехов).

Основным инструментом проекции динамики в статику является многоуровневая система агрегации нормативов, начинающаяся на уровне предприятий и проектных институтов и заканчивающаяся на уровне сводного плана по данной территории (на любой требуемый плановый период T).

В ДИСПЛАНе различаются три основных вида первичных нормативов: прямые затраты продукции, прямые затраты времени работы основных фондов (фондо-часы) и прямые трудовые затраты (человеко-часы). Два последних вида нормативов бывает удобным объединить под общим названием ресурсо-часов. Наряду с агрегированной номенклатурой продукции, о которой говорилось выше, для данного планового периода фиксируется также агрегированная номенклатура ресурсов, т.е. различных видов основных фондов и трудовых ресурсов. Общее число агрегированных ресурсов m обычно (хотя и необязательно) имеет тот же порядок, что и число агрегированных видов продукции n .

Для агрегированных видов основных фондов фиксируются единицы измерения (рубли, штуки и т. п.). Как и для продукции, предусматривается возможность быстрого перерасчета из одних единиц в другие. Трудовые ресурсы измеряются одним показателем — числом работников тех или иных специальностей.

Агрегация нормативов представляет собой унифицированный процесс, выполняемый последовательно на всех уровнях иерархии планирования. Для любого вида нормативов прямых затрат a_{ij} соответствующий агрегированный норматив $a_{ij}^{(T)}$ для планового периода вычисляется по

формуле

$$a_{I,J}^{(T)} \leq \frac{\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_j^{(T)} a_{ij}}{\sum_{j \in J} x_j^{(T)}}. \quad (1)$$

Здесь J пробегает все технологии выпуска различных видов специфицированной продукции, входящих в агрегированную позицию J , а i — все виды специфицированной продукции, входящие в агрегированную позицию I . Через $x_j^{(T)}$ обозначен общий объем специфицированной продукции, выпускаемой с помощью j -й технологии, который планируется на период T .

Формула (1) обладает замечательной особенностью, а именно: пользуясь ею, можно производить поэтапную агрегацию в соответствии со сложившейся иерархией планирования, а не выполнять ее сразу по всем специфицированным позициям и технологиям. Для этого достаточно в дополнение к частично агрегированному нормативу $a_{I,J}^{(T)}$, передавать на следующий уровень иерархии также планируемый объем (на период T) соответствующего агрегированного выпуска $x_{J_i}^{(T)} = \sum_{j \in J_i} x_j^{(T)}$. На следующем уровне агрегации величины $a_{I,J}^{(T)}$ и $x_{J_i}^{(T)}$ заменяют в формуле (1) соответственно величины a_{ij} и $x_j^{(T)}$. На уровне сводного плана в результате последнего этапа агрегации получаем планируемые суммарные выпуски $x_{J_i}^{(T)}$ (для периода T) и соответствующие нормативы агрегированной номенклатуры.

Разумеется, при агрегации единицы измерения продукции и ресурсов внутри каждой агрегируемой позиции должны быть одинаковыми. Если это не имеет места, то предварительно должны быть выполнены соответствующие перерасчеты агрегируемых нормативов и объемов выпуска.

В результате описанного процесса получаются две матрицы $A^{(T)} = |a_{IJ}^{(T)}|$ и $B^{(T)} = |b_{IJ}^{(T)}|$ усредненных прямых затрат продукции и ресурсочасов, а также вектор $x^{(T)} = |x_j^{(T)}|$ полного выпуска продукции для данного планового периода. В процессе усреднения (агрегации) нормативов учитывалось реально планируемая (начиная с нижнего уровня иерархии) динамика технического прогресса и ввода мощностей в течение всего периода T , связанная, разумеется, с соответствующими инвестициями. Однако хотя результат инвестиций и нашел необходимое отражение в полученных данных, этого пока нельзя сказать об обеспечении этих инвестиций.

Соответствующие данные получаются в результате прямого суммирования (с соответствующей агрегацией показателей) прямых затрат ресурсочасов, затрачиваемых на строительные-монтажные и проектно-конструкторские работы (включая обеспечивающие НИРы), а также прямых затрат продукции (в частности, комплектации строков), обеспечивающих эти работы. Все затраты, разумеется, относятся к заданному периоду T . В условиях плановой подготовки кадров в процессе такого суммирования должны быть учтены также затраты, обеспечивающие этот процесс.

Иерархический процесс агрегации материального обеспечения инвестиций удобно представлять в виде последовательной агрегации сетевых графиков (в общем случае — многоцелевых) строков и той части научно-технического прогресса (включая подготовку кадров), которая выведена на программно-целевое управление. При этом на уровне сводного плана

должны остаться укрупненные сетевые графики с соответствующим обеспечением крупнейших строек и важнейших целевых программ. Что же касается окончательной суммарной проекции затрат на данный плановый период T , то она делается уже внутри верхнего уровня дисплановской модели. В результате такой проекции получается вектор $c_1^{(T)} = |c_{1j}^{(T)}|$ прямых затрат продукции и вектор $r_1^{(T)} = |r_{1j}^{(T)}|$ прямых затрат ресурсо-часов на обеспечение развития экономики в течение данного периода T .

Заметим, что транспортные услуги удобно представлять в виде одного из видов продукции. В этом случае необходимо с самого нижнего уровня планирования предусматривать адреса будущих потребителей и поставщиков продукции и рассчитывать соответствующие нормативы затрат по различным видам транспорта с последующей их агрегацией по уже описанной выше схеме.

Аналогично векторам $c_1^{(T)}$ и $r_1^{(T)}$ путем прямого суммирования получают векторы $c_2^{(T)}$ и $r_2^{(T)}$ прямых затрат продукции и ресурсо-часов в непроизводственной сфере (торговля, общественное питание, здравоохранение, культура и др., а также оборона, охрана общественного порядка, внешняя политика и т. п.).

Заметим, что с системной точки зрения все инвестиции в непроизводственной сфере желательно выделить в отдельные позиции, сформировав соответствующие векторы $c_2^{(T)}$ и $r_2^{(T)}$.

Таким путем прямого суммирования (и соответствующей агрегации) планируемого ввоза и вывоза с данной территории (импорта и экспорта) формируются векторы ввоза $c_3^{(T)}$ и вывоза $c_4^{(T)}$ в позициях агрегированной номенклатуры, а также вектор $r_3^{(T)}$ прямых затрат ресурсо-часов на обеспечение внешнего товарооборота (внешней торговли). При этом для унификации расчетов удобно различные виды валюты рассматривать как своеобразную продукцию — результат действия внешнеторговых организаций.

Аналогично формируются векторы, связанные с пополнением и использованием государственных запасов.

Суммируя все полученные векторы $c_i^{(T)}$ (при этом векторы ввоза и деблокирования государственных запасов берутся со знаком минус), получаем вектор $c^{(T)}$ копейной продукции, которую предполагается выпустить в течение периода T . По формуле

$$c^{*(T)} = A^*c^{(T)} = (E - A)^{-1}c^{(T)} \quad (2)$$

определяется полный выпуск, обеспечивающий копейную продукцию $c^{(T)}$. Для обеспечения этого выпуска необходимо затратить ресурсо-часы, задаваемые вектором

$$S^{*(T)} = B^{(T)}c^{*(T)}. \quad (3)$$

Складывая эти затраты с затратами ресурсов непроизводственной сферы и на развитие экономики, получим окончательный вектор $S^{(T)}$ необходимых затрат ресурсо-часов за период T .

Кроме указанного нормативного расчета необходимых затрат в ДИСПЛАНе осуществляется (по всей иерархии планирования) прямой счет суммарного объема $s^{(T)}$ ресурсо-часов различных видов, которыми мы будем располагать в течение периода T . Этот счет исходит из реально планируемой (в низовых звеньях плановой иерархии) динамики ввода и освоения производственных мощностей и подготовки кадров. В допол-

нение к ней учитывается (исходя из демографического прогноза) динамика изменения трудовых ресурсов, выходящая за рамки организованной системы подготовки кадров. При расчете предполагаемого наличия ресурсочасов учитывается также планируемая динамика коэффициентов сменности загрузки оборудования и динамика изменения продолжительности рабочего дня, длительности отпусков, величины пенсионного возраста (по видам профессий), ожидаемых потерь рабочего времени в результате болезней и других причин. По формуле

$$d^{(T)} = S^{(T)} - s^{(T)} \quad (4)$$

вычисляется вектор дефицита ресурсочасов в течение периода T по видам агрегированных ресурсов. Напомним, что в них включаются как производственные мощности (основные фонды), так и трудовые ресурсы.

В дополнение к вектору $d^{(T)}$ определяется также вектор небаланса планов производства $\Delta^{(T)}$ за период T , вычисляемый по формуле

$$\Delta^{(T)} = c^{*(T)} - x^{(T)}. \quad (5)$$

Если все компоненты вектора $d^{(T)}$ и $\Delta^{(T)}$ отрицательны или равны нулю, то дефициты и небалансы отсутствуют. Уменьшая планируемые плановые показатели $x^{(T)}$ до необходимых величин $c^{*(T)}$, получаем сбалансированный план ($\Delta^{(T)} = 0$), который в принципе реализуем и может быть принят.

Однако при таком решении в планировании начисто отсутствовали бы какие-либо элементы оптимизации. К тому же на практике с подобной ситуацией встречаться фактически не приходится. Как правило, наши пожелания относительно величины конечного продукта значительно превосходят возможности их фактического выполнения. Кроме того (и это самое главное), дисплановский подход к оптимизации планов в принципе отличен от классического. Вместо поиска точки оптимума в заданной (неизменной) допустимой области P в ДИСПЛАНе сразу задается желательная точка M_0 оптимума, лежащая, как правило, вне начальной допустимой области P_0 .

Суть же процесса оптимизации состоит в принятии последовательности согласованных (по всем уровням плановой иерархии!) решений по изменению плана, в результате которых происходит не только движение точки M_i , но и целенаправленное изменение допустимой области P_i . В возникающей таким образом последовательности пар (M_i, P_i) могут встретиться пары, в которых точка M_i входит в допустимую область P_i .

В таком случае управляющая система верхнего (директивного) уровня каждый раз оценивает (не до конца формализованным способом в человеко-машинном режиме!) значения критериев оптимизации (как правило, их несколько), а также трудности и время подготовки решений для дальнейшей оптимизации. В результате такой оценки возникает одно из двух решений: либо прекратить процесс оптимизации, либо продолжить его. В первом случае последняя точка M_i принимается в качестве окончательного плана, во втором система верхнего уровня (во взаимодействии с другими системами) назначает новую точку M_{i+1} (лежащую, как правило, вне области P_i) с улучшенными значениями критериев и процесс оптимизации продолжается.

Подготовка согласованных решений по изменению плана в процессе его оптимизации происходит в результате взаимодействия различных звеньев плановой системы (от Госплана и ниже). Всякий же раз, когда в процессе оптимизации возникает необходимость такого изменения плана

(т. е. перемещения точки M_i), при котором происходит изменение назначенных критериев оптимальности в любую сторону, соответствующее решение принимается только с санкции системы верхнего (директивного) уровня.

В базисной дисбалансовой технологии предполагается, что критериями оптимизации являются компоненты агрегированного конечного продукта $c^{(T)}$. При этом номенклатура такой агрегации задается системой верхнего уровня и может меняться в процессе оптимизации. Для проведения такой агрегации в ДИСПЛАНе предусматривается соответствующее математическое обеспечение.

В качестве точки M_i выступает необходимый план производства на период T , т. е. вектор $c^{*(T)}$ на соответствующем шаге оптимизации. Наконец, область P_i задается соотношениями

$$d^{(T)} \leq 0, \quad \Delta^{(T)} = 0, \quad (6)$$

также скомпонованными на соответствующем шаге оптимизации.

Заметим, что системный подход, характерный для дисбалансовой технологии, не позволяет при управлении допустимой областью P_i делать произвольные изменения тех или иных параметров, например, компонент $x_j^{(T)}$ фактически представленных отраслями планов. Каждое такое изменение должно сопровождаться взаимовязанной (в соответствующих звеньях плановой иерархии) системой решений, реально обеспечивающих такое изменение.

На практике это означает следующее: анализируя векторы дефицита ресурсов $d^{(T)}$, сводный отдел Госплана в человеко-машинном режиме определяет очередность (приоритетность) задач по ликвидации дефицитов и небалансов. Одна из простейших стратегий определения такой очередности — предоставление приоритета максимальным относительным дефицитам и небалансам. Иными словами, если точка M_i (необходимый план) находится вне допустимой области P_i , то управление изменением области P_i ведется по принципу уменьшения максимального из имеющихся относительных дефицитов и небалансов. Получив информацию о максимальных относительных дефицитах и небалансах, отрасли вместе с отраслевыми отделами Госплана концентрируют свои усилия на разработку конкретных предложений, направленных на их уменьшение. В Госплане эти предложения оцениваются центральным звеном ДИСПЛАНа (моделью межотраслевого баланса). С этой целью для каждого предложения производится быстрое перевычисление значений векторов $d^{(T)}$ и $\Delta^{(T)}$. В [1] предложен метод такого быстрого перевычисления, требующий порядка kn^3 операций, где k — константа, не превышающая 20, а n — размерность агрегированной модели межотраслевого баланса (предполагается, что $m \approx n$).

Принятие таких предложений (по одному или группами) как раз и представляет собой те согласованные решения по изменению плана, которыми определяется процесс оптимизации.

Направленность этого процесса на максимальное удовлетворение материальных и духовных потребностей общества обеспечивается, во-первых, способом выбора начальной точки M_0 , а во-вторых, невозможностью изменения назначенных критериев оптимизации без системы верхнего уровня. Благодаря этому производство подтягивается (изменение области P_i) к заданному уровню потребления и развития, и лишь в случае невозможности полного удовлетворения этого уровня производится его снижение.

Вопросы рапжирования различных составляющих конечного потребления, а также оптимизации соотношения между потреблением и накоплением в настоящей статье мы разбирать не будем. Эти вопросы освещены в [2] и [4]. Заметим лишь, что определение правильных пропорций между потреблением и накоплением может быть сделано в рамках уже описанной части дисплановской технологии. Этого можно достичь, погружая требуемый период планирования T в существенно больший.

Вне рамок настоящей статьи остались также некоторые другие важные элементы планирования, например баланса денежных расходов и доходов населения. Впрочем, такой баланс можно сделать и в рамках уже описанной технологии. Для этого достаточно наличные деньги считать одним из видов продукции, которая потребляется (в виде зарплат и других выплат) во всех отраслях (включая «отрасль» пенсионного обеспечения), а производится в отраслях, взимающих деньги с населения (торговля, общественное питание и др.).

Что же касается разбивки планов по подпериодам и по территориям, то для этого один к одному применима уже описанная технология.

Заметим еще, что возможности ДИСПЛАНа в части оптимизации планов существенно увеличиваются, если вместо агрегации по юридическим отраслям в основном варианте межотраслевого баланса использовать агрегацию по технологическим (условным) отраслям. При этом, например, вместо понятия «мощности по производству тракторов» возникает (в рамках тракторной промышленности) понятие мощностей литейного, станочного, кузнечно-прессового, гальванического, лакокрасочного и сборочного производства. Агрегируя литейные мощности по всем отраслям, получаем общий объем ресурсо-часов по литейному производству в масштабах страны.

Выгода подобного способа агрегации состоит в том, что она даст в руки Госплана мощный рычаг управления специализацией и кооперацией. Ведь зачастую оказывается, что объем производства предприятия, объединения или министерства при данной структуре плана ограничивается одним каким-либо видом ресурсов, тогда как другие ресурсы имеются в избытке. Использовать эти ресурсы для выпуска дополнительной продукции можно, лишь изменив структуру плана, т. е. целенаправленно управляя специализацией и кооперацией. При агрегации мощностей (ресурсов) по технологическим признакам сигналом наличия резервов увеличения производства за счет изменения специализации и кооперации является наличие небаланса представленных и необходимых планов при отсутствии дефицита соответствующих ресурсо-часов (или по крайней мере меньшая величина этого дефицита в относительном исчислении).

Разумеется, после получения конечного плана $c^{*T} = x^{(T)}$ с разбивкой по условным (технологическим) отраслям должна быть получена и его разбивка по фактически существующим (юридическим) отраслям. Иными словами, в ДИСПЛАНе должны параллельно работать две различные системы агрегации.

Заметим также, что при разбивке плана c^{*T} по подпериодам может возникнуть необходимость его дальнейшей корректировки. Таким образом, процесс оптимизации плана c^{*T} может повторяться несколько раз.

Огромным преимуществом дисплановского подхода к оптимизации планов является то, что на каждом ее этапе решения в верхних звеньях подкреплены соответствующими решениями по всем уровням плановой иерархии. Поэтому дисплановская технология оптимизации является

технологией реального планирования, когда оптимизируемые планы доводятся до конечных исполнителей, а сама оптимизация использует неформальные знания, имеющиеся у этих исполнителей. В этом состоит важнейшее принципиальное отличие и преимущество ДИСПЛАНА перед классическими макроэкономическими моделями оптимизации, которые в лучшем случае дают не план, а лишь предплановые ориентировки, да к тому же не используют огромного числа оптимизационных возможностей, находящихся в руках (и мозгах!) нижних звеньев плановой иерархии. Однако за такое преимущество приходится платить резким усложнением подготовки решений для каждого шага оптимизации. Поэтому в ДИСПЛАНЕ весьма остро стоит проблема максимально возможного сокращения числа оптимизационных шагов.

Именно для этой цели классический «пошаговый» метод развертывания динамических макроэкономических моделей заменяется в какой-то мере прямо противоположным ему методом проекций динамики плана в большие плановые периоды. Этой же цели служит и необычный подход к самой оптимизации, отказывающийся от принципа предварительного сбора всей информации, которая может потребоваться для оптимизации, и замещающий его принципом целенаправленного управления изменениями допустимой области. Преимуществом такого принципа является прежде всего огромное сокращение первичной информации, «перелопачиваемой» в процессе оптимизации.

Не менее важно и то обстоятельство, что каждое звено плановой иерархии на всем протяжении оптимизационного процесса сохраняет не только привычное представление плановой информации, но и ясное понимание своих очередных задач (на которые оно нацеливается в конечном счете) сводным отделом Госплана с помощью описанной дисплановской технологии. Благодаря этому шаг оптимизации (выполняемый в человеко-машинном, не до конца формализованном режиме) приобретает разумность (степень которой зависит, разумеется, от квалификации планового персонала), чем обуславливается в конечном счете резкое уменьшение числа оптимизационных шагов.

Еще одним важным резервом как уменьшения числа шагов оптимизации, так и увеличения имеющегося для нее резерва времени является переход (в рамках дисплановской технологии) на непрерывное планирование. Это означает, например, что пятилетний план должен продвигаться в течение каждого очередного года на один год вперед. В результате вместо примерно года на составление и оптимизацию пятилетнего плана при обычном (дискретном) подходе мы будем иметь год на пролонгирование и оптимизацию уже в значительной мере оптимизированного плана.

Наконец, определенную помощь в увеличении разумности оптимизационных шагов ДИСПЛАНА может оказать неформальное использование плановым персоналом результатов предварительных расчетов, полученных с помощью классических макроэкономических моделей (разумеется, для значительно более агрегированной по сравнению с ДИСПЛАНом номенклатуры).

Читателя, привыкшего к классическим постановкам задач оптимизации, может шокировать дисплановское (не до конца формализованное) понятие процесса оптимизации и особенно его конечного результата. Однако на практике при оптимизации сложных многокритериальных систем подход, аналогичный дисплановскому, является в большинстве случаев единственно возможным. Впрочем, даже при чисто дисплановском подходе можно в ряде случаев выйти на полностью формализо-

важные понятия и процедуры. Это произойдет, если, во-первых, удастся свести многокритериальную постановку задачи оптимизации к однокритериальной, а во-вторых, управление допустимой областью P_i и точкой M , свести к полностью формализованным математическим моделям.

В заключение заметим, что принятый в ДИСПЛАНе нормативный метод планирования предполагает повышенные требования к достоверности нормативной информации. Это означает, в частности, перенесение центра тяжести системы стимулирования от стимулирования принятия напряженных планов к стимулированию добросовестности представления нормативной информации. Относящиеся сюда вопросы построения механизмов стимулирования и контроля освещены в [3, 5]. Заметим, что в правильно организованной системе сбора и агрегации нормативной информации попутно решается вопрос о создании необходимых резервов ресурсов на различных уровнях управления. Без таких резервов ни один, даже самый идеальный, план не может быть успешно выполнен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В. М. О последовательной оптимизации в линейных макроэкономических моделях // УСиМ. — 1973. — 14. — С. 1—7.
2. Глушков В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. — М: Статистика, 1975. — 340 с.
3. Глушков В. М. Автоматизированная комплексная территориально-отраслевая система планирования. — Киев: ИК АН УССР, 1978. — 68 с.
4. Глушков В. М. Об одном классе динамических макроэкономических моделей // УСиМ. — 1977. — № 2. — С. 3—6.
5. Глушков В. М. Социально-экономическое управление в эпоху НТР. — Киев: ИК АН УССР, 1979. — 52 с.

РАЗДЕЛ 3

РАЗНЫЕ РАБОТЫ

ТЕОРЕМА О НЕПОЛНОТЕ ФОРМАЛЬНЫХ ТЕОРИЙ С ПОЗИЦИЙ ПРОГРАММИСТА

(Кибернетика.— 1979.— № 2)

Знаменитая теорема Геделя о неполноте арифметики принадлежит к числу наиболее сложных по доказательству во всей истории математики. Широко распространено мнение, что это доказательство доступно только специалистам в области математической логики. Однако внимательный анализ показывает, что особую сложность ему придают главным образом многочисленные технические подробности, связанные с использованием аппарата частично-рекурсивных функций. Что же касается базовых идей, лежащих в основе доказательства, то они достаточно просты для любого человека, владеющего элементами современной математической культуры.

В настоящей статье предлагается новый подход к доказательству теорем о неполноте формальных теорий, основанный на современной теории программирования. Благодаря этому доказательство очищается от технических подробностей — они заменяются апелляцией к программистскому чувству очевидности. Такой прием для доказательства теорем в чистой математике применяется, по-видимому, впервые, хотя сама по себе апелляция к очевидности другой природы используется постоянно. Например, в анализе принято считать очевидным существование функций с теми или иными свойствами (скажем, с заданными на некотором отрезке точками максимума и минимума) без явного выписывания этих функций. Для случая, рассматриваемого в данной работе, будет считаться очевидным, что существует программа с некоторыми заданными свойствами, если более или менее опытный программист сразу видит возможность ее фактического построения. Как и в случае апелляции к формульно-функциональной очевидности, доказательства, апеллирующие к программистской очевидности, можно считать вполне строгими в том смысле, что при необходимости любой читатель-программист легко восстановит недостающие детали, фактически выписав все требуемые программы.

Перейдем теперь к постановке задач о полноте или неполноте формальных теорий на программистской основе. При этом, следуя программистской ориентации статьи, не будем определять понятий, хорошо известных программистам. Введем определения только для новых или видоизмененных понятий, а также напомним отдельные известные факты из математической логики, не связанные непосредственно с теорией программирования.

Первым понятием, на котором зиждутся все последующие построения, является понятие алгоритмической системы. Под алгоритмической системой, или, сокращенно, А-системой, будем понимать совокупность входного (алгоритмического) языка L и интерпретатора C , в качестве которого может выступать либо человек, снабженный неограниченным запасом бумаги, либо (что будем принимать в дальнейшем) идеализированная ЭВМ с соответствующим матобеспечением. Входной язык строится

на базе конечного алфавита, конечные последовательности букв которого служат для представления данных и входных программ.

Идеализированная ЭВМ имеет бесконечное ОЗУ, благодаря чему отпадает необходимость во внешней памяти. Из периферийного оборудования она снабжена лишь устройством ввода, способным прочитывать записи на входном языке, помещая их в последовательные ячейки ОЗУ, а также выводным печатающим устройством с неограниченным запасом бумаги, позволяющим выводить на печать все символы входного алфавита и знак пробела. Входной язык системы, а также система команд ЭВМ и ее математическое обеспечение в принципе могут быть любыми. Важно только, чтобы ЭВМ могла осуществлять автоматическую загрузку входной программы (после помещения ее в неограниченно большой входной бункер вводного устройства) и ее исполнение (включая печать) путем интерпретации или предварительной трансляции. В любом случае исполняемая программа, находящаяся в ОЗУ, будет называться рабочей.

Понятие программы, как входной, так и рабочей, в A -системах несколько отличается от программ, обычно рассматриваемых в теории программирования. Прежде всего исполнение программы не обязательно заканчивается через конечное число шагов — оно может продолжаться бесконечно.

В дальнейшем для удобства будем предполагать, что исполнение любой программы может продолжаться бесконечно: после окончания естественного исполнения можно считать, что исполнение продолжается, но только с помощью пустых шагов.

Понятие пустого шага дает возможность рассматривать как входную программу любую конечную последовательность букв входного алфавита: до тех пор пока возможна ее интерпретация как истинной программы, выполняются соответствующие шаги рабочей программы, после чего следуют пустые. В частности, не исключено, что все исполнение ограничится только пустыми шагами.

A -система S превращается в A -исчисление S (алгоритмическое исчисление), если во входном языке L существует понятие булева выражения с соответствующими логическими константами И и Л («истина» и «ложь»), логическими операциями \wedge , \vee , \neg и \rightarrow , а при наличии в языке L содержательных предметных понятий для операндов, отличных от булевых переменных (например, понятия целого числа), — также кванторов \forall и \exists .

Булево выражение $B(x_1, \dots, x_n)$, не содержащее других свободных предметных переменных, кроме x_1, \dots, x_n , представляет собой n -местный предикат.

При связывании всех предметных переменных кванторами предикат превращается в высказывание.

Добавляя к A -исчислению входную программу P . При ее исполнении на печать выводится некоторое множество R высказываний, замыкаемых справа апострофом пробела. Превращаем его в формальную теорию над данным исчислением \bar{S} , или, что то же самое, над данной A -системой S . Программа P называется программой ввода (логического вывода) данной теории T , а все высказывания множества R и только они — выводимыми (формально доказуемыми) в теории T высказываниями, или теоремами данной теории. Обычно эта программа состоит из некоторого конечного числа элементарных правил вывода, применяемых к уже доказанным теоремам в определенном порядке и сочетающихся с конечным числом теорем, которые принимаются выводимыми априори (так называемые аксиомы) и с которых начинает свою работу программа вывода.

Заметим, однако, что при таком абстрактном понимании программы вывода возможность подобной ее интерпретации не обязательна.

Выводимые высказывания формальной теории T и только они считаются формально истинными высказываниями этой теории. Помимо такого формального понятия истинности высказываний, которое определяется конструктивно, т. е. путем исполнения некоторой программы, можно говорить об их содержательной истинности. Содержательная истинность высказываний устанавливается путем анализа их «смысла» средствами, выходящими за рамки данной формальной теории, причем не обязательно конструктивным путем. Например, убирая в высказывании — булевом выражении языка L — все кванторы и вычислив значения полученного в результате бескванторного булева выражения при всех возможных комбинациях значений предметных переменных, на основании смысла кванторов \forall (для всех) и \exists (существует) можем, абстрактно говоря, определить, истинно исходное высказывание или ложно. Но недостаток в том, что при бесконечной предметной области подобный вывод может быть сделан лишь после бесконечного числа проверок, что заведомо не является конструктивной процедурой.

Понятие содержательной истинности априори предполагает его непротиворечивость в том смысле, что не могут быть содержательно истинными два противоположных высказывания: B и $\neg B$. Это обстоятельство позволяет по определению считать содержательно ложными отрицания всех содержательно истинных высказываний.

В отличие от содержательной понятие формальной истинности (выводимости) априори может оказаться противоречивым. Поэтому его непротиворечивость (в том смысле, что и выше), или, что то же самое, непротиворечивость формальной теории, должна доказываться или заранее оговариваться.

Полнота формальной теории означает возможность вывода в ней (формального доказательства) любого содержательного истинного высказывания. Легко видеть, что в непротиворечивой и полной формальной теории выводимыми будут все содержательно истинные высказывания и только они.

Приведем еще одно замечание — оно касается связи между предикатами и множествами: каждый одноместный предикат $Q(x)$ однозначно определяет некоторое подмножество N_Q области значений переменной x , а именно множество всех тех и только тех значений x , для которых предикат $Q(x)$ содержательно истинен. Заметим, что имеет место и обратное: каждое подмножество N области значений переменной x однозначно определяет предикат $Q(x)$ такой, что $N = N_Q^{13}$.

Предположим теперь, что для каждой предметной области входного языка L (например, области всех целых неотрицательных чисел R) в матобеспечение интерпретатора системы (ЭВМ) включен редактор вывода. Его роль состоит в том, чтобы оставлять при выводе на печать лишь законченные (ограниченные справа другими символами) слова алфавита, представляющие собой элементы данной предметной области, разделяя их знаком пробела \square , а все остальные выбрасывать.

Например, при выводе строки — $001 \neq a : 1,2 \times b \ 31 \vee 25$ «неотрицательно целочисленный» редактор напечатает строку $001 \square 1 \square 2 \square 31 \square$.

¹³ Подобное соответствие между предикатами и множествами, как известно, легко распространяется и на многоместные предикаты, однако в дальнейшем это обстоятельство использоваться не будет.

Первый знак пробела здесь заменяет слово $+$; второй — запятую $/, /$; третий — слово $\times b$, четвертый — знак \vee . Число 25 как «незаконченное» (не ограниченное справа) редактором выбрасывается.

Работая с подобным редактором, любая входная программа (т. е. любая конечная последовательность букв входного алфавита) породит некоторое (быть может, пустое) подмножество предметной области. Заметим, что элементы этого подмножества «перечисляются» программой (в процессе печати) в произвольном порядке и, вообще говоря, с повторениями. Условимся называть все получаемые таким образом множества конструктивно перечислимыми в данной формальной теории.

Будем предполагать в дальнейшем, что входной язык L и интерпретирующая ЭВМ алгоритмически универсальны, в частности что они являются соответственно универсальным алгоритмическим языком и универсальной ЭВМ (с соответствующим матобеспечением и с дополнительным условием бесконечности ОЗУ), наиболее знакомыми читателю.

В этом случае, очевидно, для каждой входной программы R , генерирующей (с соответствующим редактором) некоторое множество N целых неотрицательных чисел, может быть построена программа-предикат $Q_N(x)$, которая при подстановке вместо x любого элемента множества N через конечное число шагов печатает И («истина») и не печатает ничего (работая, быть может, бесконечно долго) при подстановке вместо x любого элемента, не принадлежащего N .

Примечание. Искомая программа строится следующим образом. Она вводит в ЭВМ число x и программу R , у которой вместо печати перечисление элементов множества N ведется в ОЗУ. После вычисления каждого очередного элемента из N он сравнивается с x . В случае, если числа совпали, печатается И, если не совпали, программа R генерирует очередной элемент и цикл повторяется. Заметим, что входная программа $Q_N(x)$ может рассматриваться как булево выражение; оно определено лишь частично, а именно: при тех значениях x , при которых оно истинно. Вообще говоря, его нельзя конструктивно доопределить в остальных точках (путем печати символа Л), поскольку ни на каком шаге работы программы $Q_N(x)$ нельзя гарантировать, что $x \notin N$.

Дополнив множество предикатов подобными «частично конструктивными» предикатами, перейдем к основной цели — доказательству обобщенной теоремы о неполноте.

Построим программы P_1 и P_2 , позволяющие обосновать первый принципиальный шаг доказательства теоремы о неполноте.

Поскольку входной программой называем любую последовательность символов входного языка, нетрудно (при сделанных выше предположениях об универсальности входного языка L и интерпретатора — ЭВМ) построить входную программу P_1 , которая, будучи введенной в ЭВМ, генерирует в ее памяти сначала все односимвольные программы, потом все двух-, трехсимвольные и т. д. до бесконечности. При этом программа P_1 одновременно, с помощью матобеспечения ЭВМ, приводит эти программы к виду, пригодному для исполнения, т. е. превращает их в рабочие, и приписывает им, в соответствии с порядком их порождения, последовательные номера $0, 1, 2, \dots$

Дальнейшее усовершенствование программы P_1 приводит к программе P_2 , которая, породив очередную пару (p_n, n) , т. е. рабочую программу p_n и ее номер n , передает управление для выполнения первого шага программы p_n , затем второго шага p_{n-1} , третьего шага p_{n-2} и т. д., пока не будет произведен $(n+1)$ -й шаг программы p_n .

При этом должны быть соблюдены следующие дополнительные условия. Во-первых, если очередной шаг не может быть выполнен в силу неинтерпретируемости рабочей программы или ее окончания на одном из предыдущих шагов, предполагается, что осуществляется ничего не меняющий «пустой» шаг. Во-вторых, все выводы на печать от построенных рабочих программ блокируются. Их заменяют выписывание соответствующих символов в специально отводимую для каждой программы область (бескопечного) ОЗУ. В-третьих, производится проверка полностью «выпечатанных», т. е. записанных в соответствующую область ОЗУ, целых чисел с номером, присвоенным соответствующей программе, и в случае их совпадения — подлинный вывод на печать соответствующего номера, завершаемый каким-либо знаком раздела. Термин «полностью выпечатанное» применяется при этом к числу, ограниченному справа знаком раздела.

После того как программа P_2 продвигает таким образом на очередной шаг все порожденные ею рабочие программы, она приступает к порождению новой программы и новому циклу продвижений все порожденных программ.

Нумеруя все порождаемые ею рабочие программы P_{n1}, P_{n2} тем самым нумерует и конструктивно-перечислимые множества M_n , определяемые этими программами. При этом программа P_2 выводит на печать лишь такие номера n , для которых имеет место включение $n \in M_n$.

Далее, любая рабочая программа P_n с фиксированным номером n рано или поздно будет продвинута на любое, сколь угодно большое число шагов. Поэтому в процессе такого продвижения через конечное число шагов обязательно появится любой наперед заданный элемент множества M_n . Отсюда непосредственно следует справедливость следующего предложения.

Лемма 1. Программа P_2 конструктивно перечисляет множество M , состоящее из всех тех и только тех чисел $n = 0, 1, 2, \dots$, для которых имеет место включение $n \in M_n$.

Возьмем теперь дополнение \bar{M} множества M во множестве всех целых неотрицательных чисел $N = (0, 1, 2, \dots)$ и докажем, что имеет место следующее предложение.

Лемма 2. Множество \bar{M} не является конструктивно перечислимым.

Действительно, предполагая противное, следует допустить, что существует программа P_n , порождающая множество M . Иными словами, должен существовать номер n , для которого $\bar{M} = M_n$. Каким бы ни было множество M_n (пустым или непустым), для него обязательно должно иметь место одно и только одно из двух предположений, а именно: $n \in M_n$ или $n \notin M_n$.

При первом предположении, в силу леммы 1, $n \in M$, а значит, $n \notin M_n$, т. е. $n \notin M_n$, что противоречит предположению.

При втором предположении, также в силу леммы 1, $n \notin M$. Следовательно, $n \in \bar{M}$, т. е. $n \in M_n$, что тоже противоречит высказанному предположению.

Лемма 2 доказана.

Построим теперь программу-предикат $P_3(x)$, которая будет выдавать через конечное число шагов символ И («истина») при подстановке вместо x тех и только тех значений, которые принадлежат множеству M (о способе построения таких программ говорилось выше).

Предикат $\neg P_3(x)$ соответствует дополнению \bar{M} множества M . Построим программу P_4 , которая генерирует последовательно высказывания $\neg P_3(0), \neg P_3(1), \neg P_3(2) \dots$ и одновременно расширяет множество R вы-

водимых в этой теории высказываний B_1, B_2, \dots с помощью соответствующего продвижения программы вывода P рассматриваемой формальной теории. При этом, разумеется, вывод на печать перечисляемых формально истинных высказываний B_1, B_2, \dots должен быть заменен их размещением в свободной зоне ОЗУ.

Если в дополнение к этому программа P_4 будет сравнивать элементы (высказывания) двух строящихся множеств и выпечатывать со знаками пробела справа все номера n , для которых $\neg P_3(n) \in R$ (на некотором шаге построения множества R), то тем самым определяем некоторое конструктивно перечислимое (программой P_4) множество N неотрицательных целых чисел. Оно состоит из всех тех и только тех номеров n , для которых высказывание $\neg P_3(n)$ выводимо в рассматриваемой формальной теории T .

Из высказываний $\neg P_3(n)$ содержательно истинными будут те и только те, для которых $n \in \bar{M}$. Все остальные высказывания этого вида будут, таким образом, ложными. Если теория T непротиворечива и полна, то в ней, как отмечалось выше, выводимы все содержательно истинные высказывания и только они.

Это означает, очевидно, совпадение множества \bar{M} и N , что невозможно, поскольку выше доказана конструктивная перечислимость одного из них (N), а другого — нет. Тем самым доказано следующее предложение, которое будем называть обобщенной теоремой о неполноте формальных теорий.

Теорема. Если алгоритмическая система S (входной язык L и интерпретатор C) такова, что в ней могут быть построены и правильно исполнены программы P_1, P_2, P_3, P_4 , то любая непротиворечивая формальная теория над системой S будет неполной, т. е. в ней обязательно будут содержательно истинные, но формально недоказуемые предложения (высказывания).

Заметим, что над одной и той же алгоритмической системой может быть построено много формальных теорий, отличающихся друг от друга программами вывода P или — в терминах классической математической логики — системами аксиом и правил вывода. При этом никакое расширение программы вывода, в частности никакое включение в состав аксиом новых содержательно истинных высказываний (разумеется, конечного их числа), не может сделать теорию полной. Легко понять, что то же будет и в случае дополнения системы аксиом любым конструктивно-перечислимым множеством содержательно истинных высказываний. Иначе можно было бы, объединив программу генерирования этого множества с программой вывода P , получить новую программу вывода, устраняющую неполноту в соответствующем расширении теории.

Таким образом, множество содержательно истинных, но не выводимых высказываний в любой формальной теории над A -системой будет обязательно бесконечным и притом конструктивно-неперечислимым.

Из доказанной теоремы следует, что причина неполноты формальной теории, собственно, не в самой теории (программе вывода), а в ее алгоритмическом базисе — A -системе S . При достижении этим базисом алгоритмической полноты всякая строящаяся над ним непротиворечивая формальная теория будет обязательно неполной.

Интересно оценить минимальную сложность алгоритмического базиса, при котором верна теорема о полноте. Можно показать, что теорема о неполноте будет верна, если в качестве интерпретатора взять любую универсальную машину Тьюринга, а в качестве входного языка — язык команд этой машины. В любом случае для справедливости теоремы о полно-

те A -система должна обладать возможностью геперировать бесконечные множества, в том числе такие, дополнения которых не могут геперироваться системой.

Оставаясь в выбранном вначале классе интерпретаторов (человек или ЭВМ), можно минимизировать различным образом входной язык L системы. Теорему о неполноте можно, в частности, доказать, если во входном языке оставить возможность (сохраняя алгоритмическую универсальность) оперировать лишь натуральными числами. Тогда эта теорема превратится в представленную в несколько необычной новой форме классическую теорему Геделя о неполноте арифметики натуральных чисел.

Приведем еще одно замечание. Как известно, сегодня между конструктивными и классическими математическими объектами существует пропасть, аналогичная, скажем, разделяющей рациональные и произвольные иррациональные (вещественные) числа. Но в последнем случае эта пропасть заполняется с помощью расширений поля рациональных чисел на основе добавления к ним определенных множеств (обычно конечных) иррациональных (обычно алгебраических) чисел. Представляет поэтому интерес рассмотрение аналогичных расширений множества конструктивных объектов некоторыми (но не всеми!) неконструктивными объектами.

В рассмотренном выше случае A -системы такое расширение может быть сделано за счет включения в ее состав нового объекта — генератора одной или нескольких неконструктивных (конструктивно-перечислимых) последовательностей элементов некоторой предметной области (например, множества натуральных чисел). При этом элементы, порождаемые этим генератором, могут преобразовываться различными алгоритмами A -системы, порождая новые конструктивно-перечислимые последовательности. В результате этого процесса и возникают расширения, промежуточные между множествами конструктивных и «всех» (как конструктивных, так и неконструктивных) объектов.

Для случая подобного расширения A -системы приведенное доказательство обобщенной теоремы о неполноте, естественно, теряет силу. Возникают новые постановки задач, однако объем данной статьи не позволяет их здесь привести.

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Кибернетика. Вопросы теории и практики.—
М.: Наука, 1986)

В понятие моделирования современная наука вкладывает гораздо более широкое и глубокое содержание, чем то, которое вкладывалось в это понятие ранее. Еще и теперь в обыденной жизни под моделированием понимают обычно копирование тех или иных внешних свойств объекта, чаще всего его пространственных форм. Именно такое содержание вкладывается, например, в такие понятия, как «модель здания», «модель судна» и т. п.

Однако в современной науке все большее значение приобретает более глубокое толкование слова «модель», при котором основное внимание уделяется моделированию скрытых внутренних свойств объекта. Подобные модели существуют обычно лишь в описаниях и, как правило, не нуждаются в изготовлении их в виде тех или иных физически осязаемых объектов. Так, говоря о модели атомного ядра, современный физик вовсе не предполагает, что речь идет о демонстрационной модели, изготовленной из дерева или из металла, которую можно поддержать в руках, измерить, взвесить и т. п. Под моделью ядра он понимает прежде всего совокупность научных гипотез о строении ядра, позволяющих не только правильно описать то, что уже известно об этом предмете, но и предсказать новые, еще не открытые наукой факты.

В этом же смысле можно говорить о модели солнечной системы, предложенной Коперником в противовес ранее существующей модели Птолемея. Ясно, что моделирование любого объекта в подобном смысле не что иное, как фиксация того или иного уровня познания этого объекта, позволяющая описывать не только его строение, но и предсказывать (с той или иной степенью приближения) его поведение. В отличие от обычного физического моделирования подобное моделирование естественно называть информационным, подчеркивая тем самым, что речь идет об информации о данном объекте, имеющейся в нашем распоряжении.

Будучи органической составной частью процесса познания, информационное моделирование выполняется человеком и для человека. Средствами фиксации любой конкретной информационной модели являются языки, причем не только человеческие, изучаемые традиционным языкознанием, но и любые искусственные, строящиеся в процессе накопления и передачи знаний (например, символический язык алгебры или язык чертежей).

Зафиксированная в том или ином языке информационная модель сама по себе мертва: будучи представлена сама себе, она неспособна дать большее число выводов о поведении смоделированного объекта, чем было в ней зафиксировано с самого начала. Даже если модель содержит внутри себя правила, с помощью которых могут быть сделаны все необходимые

выводы, выводы не будут получены, пока эта модель имеется лишь в виде некоторой языковой схемы.

Для перехода от подобной, статической в своей основе, модели к модели динамической, раскрывающей все свое истинное содержание, необходимо еще некоторое активное начало. Мозг человека, овладевшего этой моделью, может служить таким началом. Действительно, овладев, например, уравнениями механики и способами их решения, человек (если он располагает достаточно большим временем) может мысленно проследить все стадии движения любой механической системы, например движущейся ракеты. При этом в его голове как бы возникает и реализуется динамическая информационная модель соответствующей системы. Человеческий мозг осуществляет не только статическое запоминание информации о заданной ему модели, но и преобразует эту информацию в соответствии с теми или иными правилами преобразования, заложенными в эту модель. Именно в наличии подобных преобразований и заключается прежде всего различие между старой (статической) моделью и ее новым (динамическим) воплощением.

При таком подходе мозг человека может рассматриваться как универсальный инструмент динамического информационного моделирования. Универсальность здесь означает принципиальную возможность реализации в мозгу произвольных, а не только каких-нибудь определенных динамических информационных моделей. В такой универсальности мозга заключается одна из важнейших сторон способности к безграничному познанию человеком окружающего его объективного мира.

Отдавая должное огромным возможностям мозга как инструмента для информационного моделирования, нельзя не видеть также ряд его существенных ограничений, и прежде всего недостаточную скорость его работы. Желая восполнить эти ограничения, человек начал создавать различного рода автоматические устройства для реализации тех или иных информационных моделей. Первоначально такие устройства были специализированными, т. е. пригодными для моделирования относительно узких классов явлений.

Принципиально новый шаг был сделан в связи с созданием универсальных электронных цифровых машин. Как показал подробный анализ, эти машины, подобно мозгу, являются универсальными инструментами для информационного моделирования: на них (при условии наличия достаточного объема памяти) может быть реализована любая динамическая информационная модель. Не следует, конечно, думать, что строение современных электронных цифровых машин копирует строение человеческого мозга. Совсем наоборот, в их строении чрезвычайно мало общего с мозгом. Тем не менее с точки зрения возможностей информационного моделирования эти машины не только не уступают мозгу человека, но и существенно его превосходят по ряду показателей (прежде всего по скорости работы).

Как же доказывается свойство универсальности электронных цифровых машин? В основе этого доказательства лежат две основные идеи. Первая — идея кодирования алфавитов любых языков в алфавите какого-нибудь одного языка. Чтобы понять сущность этой идеи, рассмотрим два языка — обычный русский язык и «язык» чисел. На первый взгляд между ними весьма мало общего. Нетрудно, однако, указать один общий прием для записи любых выражений первого языка во втором «языке». С этой целью достаточно каждой букве русского алфавита сопоставить двузначное десятичное число, а именно ее номер в алфавите. Все слова рус-

ского языка представляется тогда очевидным образом в виде чисел (точнее, в виде последовательности цифр). Например, слову «дом» будет сопоставлено число «051412», ибо буква «д» является пятой буквой русского алфавита, буква «о» — четырнадцатой, а буква «м» — двенадцатой. Аналогичным образом могут быть закодированы (представлены в виде чисел) также знаки препинания и любые другие знаки, встречающиеся в различных русских текстах.

Легко показать, что информационная модель, представленная в каком угодно языке (естественном или искусственном), может быть очень просто закодирована в любом другом языке, если только этот последний язык содержит в своем алфавите более чем одну букву. Правила такого кодирования чрезвычайно просты. С помощью соответствующего кодирования любая информационная модель может быть представлена в виде последовательности чисел и в таком виде введена в память электронной цифровой машины.

Однако одного запоминания информационной модели недостаточно. Необходимо еще привести в действие заложенные в модель правила преобразования информации. А эти правила отличаются бесконечным многообразием, ведь одно дело — информационная модель простых механических объектов и совсем другое — информационные модели объектов биологических или социальных.

Тем более удивительно, что современная наука нашла способ единообразного представления правил преобразования информации в информационных моделях любой природы. В основе этого способа лежит идея разложения правил преобразования информации на элементарные правила. Оказалось, что все многообразие правил преобразования информации может быть получено в результате различных комбинаций конечного (и притом весьма небольшого) числа типов элементарных частиц, точно так же из небольшого числа типов элементарных правил преобразования информации складываются в конечном счете правила преобразования информации в информационных моделях любых (в том числе и качественно отличных друг от друга) объектов.

Идея разложения произвольных правил преобразования информации на элементарные правила и есть как раз вторая из упомянутых выше идей, на которых базируется доказательство универсальности современных электронных цифровых машин. Оказывается, набор операций в этих машинах содержит все типы элементарных правил. Поэтому с помощью таких операций может быть представлена (или, как принято говорить, запрограммирована) любая система правил преобразования информации, которая может встретиться при информационном моделировании любого объекта.

Следует отметить, что универсальные цифровые машины были открыты чисто теоретическим путем около 30 лет тому назад, задолго до их практического воплощения в электронные схемы. За это время была доказана принципиальная возможность реализации в подобных машинах всех известных в настоящее время видов информационных моделей. Более того, виднейшими математиками специально предпринимались попытки теоретического построения таких информационных моделей, которые нельзя было бы реализовать на уже существующих универсальных цифровых машинах. Все эти попытки оказались безрезультатными.

Таким образом, в настоящее время факт принципиальной возможности программирования на современных электронных цифровых машинах любых информационных моделей установлен не менее твердо, чем факт

возможности разложения любого материального объекта на элементарные частицы. Важно еще раз подчеркнуть, что речь идет именно о моделях любой (а не только математической) природы.

Очень важным в теоретико-познавательном отношении является вопрос об информационной модели мозга. Поскольку информационная модель представляет собой просто описание строения и закономерностей поведения моделируемого объекта, то в чисто принципиальном плане мы должны признать возможность построения в будущем сколь угодно точных информационных моделей мозга. Отрицать этот факт — значит отрицать безграничные возможности человеческого познания.

Но как только та или иная модель построена, ее можно запрограммировать и тем самым реализовать в виде динамической (действующей) модели на уже существующих универсальных электронных цифровых машинах. При достаточно точном информационном моделировании будут промоделированы, в частности, и все основные функции мозга, и прежде всего функция мышления. Как и мозг, подобная модель должна в будущем «самопрограммироваться» на любые виды умственной деятельности, не исключая и ее самых высоких творческих форм.

Нужно сразу подчеркнуть, что речь здесь идет о принципиальной возможности, а не о том, что может быть сделано сегодня или завтра. В настоящее время описание закономерностей работы мозга, закономерностей процессов мышления находится еще в самом зачаточном состоянии. Те закономерности, которые в достаточной мере изучены (например, закономерности образования условных рефлексов или механизмов возникновения языковых понятий), уже сейчас успешно моделируются на электронных цифровых машинах. В целом же по этой проблеме предстоит еще так много работы, что говорить о сколько-нибудь удовлетворительной информационной модели мозга пока совершенно преждевременно.

Однако и в чисто принципиальном плане вывод о возможности моделирования на машине всех видов деятельности мозга может вызвать недоумение. Не кроется ли в этом выводе заключение о тождественности высших форм движения с низшими? Легко, однако, понять, что оснований для такого рода опасений в действительности нет. По самому определению модели она должна в чем-то непременно отличаться от объекта, иначе она не будет моделью, а будет просто совпадать с самим объектом. В отношении информационных моделей это общее свойство моделирования проявляется особенно ярко. Ведь существо всякой информационной модели состоит не в копировании объекта, а в описании его поведения.

Предположим, например, что кому-либо удалось построить более или менее точную информационную модель всех процессов, происходящих в том или ином живом организме, скажем, в обыкновенной корове. Будучи реализована на машине, такая модель описывала бы, в частности, процесс образования молока. Но употребить подобное «информационное молоко» в качестве пищи было бы, разумеется, невозможно. Возможно, правда, что глубокое проникновение в суть происходящих в организме коровы процессов (необходимое для сколько-нибудь точного информационного моделирования) позволит химикам разработать способ производства искусственного молока, вполне заменяющего естественное, однако к проблеме информационного моделирования это уже не имеет прямого отношения.

Другой пример — из области моделирования социальных отношений. Предположим, что какой-нибудь клерк досконально изучил жизнь, характер и привычки своего хозяина-банкира. Ему нетрудно в мечтах вос-

произвести с достаточной точностью поведение своего хозяина в тех или иных условиях. В соответствии с нашей терминологией это будет означать, что в мозгу клерка реализована информационная модель банкира. Каждому ясно, однако, что наш клерк не станет от этого богаче ни на один цент, а его положение в обществе останется таким же, каким оно было и раньше.

Приведенные примеры при всей своей примитивности позволяют понять существо одного весьма распространенного заблуждения. Дело в том, что при популяризации достижений современной науки, и прежде всего достижений кибернетики, очень часто совершается ошибка отождествления информационной модели объекта с самим объектом. Рассуждают здесь примерно таким образом: если в принципе можно построить информационную модель любого объекта (а это, как уже отмечалось выше, сегодня неоспоримый факт), то такая модель будет в каждый данный момент «знать», что должен делать моделируемый объект, например человек. Имея подобную информацию, кажется уже чисто техническим делом создать устройства, приводимые в движение на основе этой информации и имитирующие моделируемый объект уже не в информационном, а в прямом смысле. В конечном счете приходят к выводу о возможности создания «искусственного человека», общества, состоящего из машин, и т. п.

В абстрактно-техническом плане подобные проекты, какими бы далекими от реализации при современном уровне знаний они ни были, нельзя считать абсолютно беспочвенными. Однако они сразу же становятся несостоятельными, как только с абстрактно-технической точки зрения мы переходим на позиции реальной действительности. Ведь с абстрактной, внеисторической точки зрения и рассмотренный нами выше клерк имеет все возможности, чтобы стать миллионером (он не глупее своего хозяина, обладает не меньшими, чем он, знаниями и т. п.). Однако хорошо известно, что в реально существующем капиталистическом мире клерки, как правило, не становятся миллионерами, несмотря на все свои способности и достоинства.

Точно так же обстоит дело и с проектами машинных обществ, создания «искусственных людей» и другими подобными проектами, вокруг которых часто создается атмосфера нездоровой сенсации. Необходимо совершенно ясно представлять себе, что возможность реализации подобных проектов решается не в чисто техническом, а прежде всего в историческом плане и лежит поэтому вне компетенции кибернетики или любой другой естественной науки. Ответы на подобные вопросы следует искать не в естественных, а в социальных науках. И этот ответ уже давно дан историческим материализмом, а именно: во всяком реально существующем и развивающемся человеческом обществе все созданное руками человека, в том числе и самые совершенные автоматы, является не более чем орудиями производства и не может быть в социальном плане равнозначным человеку.

Разумеется, в условиях капитализма техника вообще и кибернетическая техника в частности используется в интересах правящих классов. Поскольку эти интересы враждебны интересам трудящихся, зачастую создается иллюзия техники как некоей самодовлеющей силы, противостоящей человеку, вытесняющей его из жизни. Достаточно вспомнить безработицу, которой сопровождается в капиталистических странах внедрение новейших средств автоматизации. Существенно, что внедрение автоматизации в сферу учета (на базе электронных цифровых машин) вызывает безработицу не только среди рабочих, но и среди так называемых средних слоев капиталистического общества. Не в этом ли причина тех

пессимистических пророчеств об «окончательном вытеснении человека машиной», которые стали частыми на страницах популярных и научно-фантастических изданий Запада?

В условиях социалистического общества нет места для подобных мрачных пророчеств, равно как и для бездумных утверждений о законе равенства между человеком и машиной. Мы уверены, что в наших условиях любые достижения человеческого гения, в том числе и самые совершенные кибернетические машины, будут служить интересам человека. И как бы ни совершенствовалась в будущем техника, какие бы умные и могущественные машины ни создавались, ими в конечном счете будет управлять коллективная воля и мысль человечества. Машины решали и будут решать задачи в интересах человека, а не наоборот. Именно это, а не какие-либо чисто технические принципы исключают возможность постановки знака равенства между человеком и машиной.

Что же касается кибернетических (прежде всего электронных цифровых) машин, то они способны неизмеримо повысить интеллектуальную мощь человечества. Те задачи (в том числе и задачи творческого характера), которые недоступны «невооруженному» человеческому мозгу, станут доступны человеку, вооруженному всей мощью кибернетической техники. Моделирование все больших и больших областей абстрактного мышления на электронных цифровых машинах раздвинет границы его возможностей до невиданных сегодня пределов. Ведь абстрактное мышление является именно той областью, где информационные модели наиболее близко подходят к объекту моделирования. А учитывая возможность ускорения в моделях элементарных мыслительных актов в миллионы (уже сегодня) и даже миллиарды раз, мы имеем все основания говорить о возможности в ближайшем будущем во много раз увеличить производительность труда человека в области абстрактного мышления.

Разумеется, такой итог может быть достигнут лишь в результате упорного труда по созданию информационных моделей во всем огромном числе областей, которые составляют предмет интеллектуальных усилий человека. Но хотя в будущем все больше будет возрастать доля интеллектуального труда (в том числе и самых высоких его форм), выполняемого автоматическими помощниками человека не только не хуже, но и лучше, чем человек, это не дает никаких оснований ставить знак равенства между человеком и машинами, которые в конечном счете являются продуктом его мысли и творчества.

Поводом для настоящей реплики послужила проводившаяся недавно в «Литературной газете» дискуссия о науке и лженауке. Большинство участников дискуссии в качестве основного критерия, отличающего науку от лженауки, предлагали критерий повторяемости эксперимента. На первый взгляд такое предложение не вызывает сомнений. Действительно, если исследователь *N* получил экспериментально какой-либо результат, а при повторении этого эксперимента десятки и сотни раз другими исследователями такого результата не получается, то естественно предположить, что *N* ошибся. Если же он продолжает настаивать на своей правоте, то в соответствии с упомянутым выше критерием его следует зачислить в «лжеученые».

Рассмотрим, однако, с этих позиций один великий эксперимент, произведенный, правда, не исследователем, а природой. Речь идет о возникновении жизни в форме простейших одноклеточных организмов. Этот эксперимент, как известно, до сих пор не удалось повторить в лаборатории. Ссылки на какие-то «особые» условия, якобы существовавшие на Земле во время возникновения жизни, не выдерживают критики. Разумеется, эти условия существенно отличались от нынешних. Однако вряд ли возможно представить себе такие условия, в которых реально могла зародиться жизнь (на Земле или в космосе), которые нельзя было бы воспроизвести в современных лабораториях: химический состав среды, температура и давление, излучения разных видов, электрические разряды — все поддается точному воспроизведению современной лабораторной техникой. Тогда почему же до сих пор не повторен в лабораторных условиях великий эксперимент природы, приведший к возникновению жизни?

Одно из самых простых и естественных объяснений этого факта состоит в том, что даже при создании нужных физико-химических условий при ограниченных объемах вещества и ограниченном времени проведения лабораторного эксперимента вероятность возникновения жизни ничтожно мала. Для природы же, располагавшей огромными объемами вод океана и огромным временем проведения эксперимента, эта вероятность может оказаться практически равной единице, что эквивалентно практической неизбежности возникновения жизни в подобной ситуации.

Однако такая величина вероятностей все же не означает ее равенства нулю. Поэтому вполне мыслима ситуация, когда один исследователь (при достаточно объемном и длительном эксперименте) может получить положительный результат, тогда как сотни и тысячи других исследователей в аналогичных экспериментах этого результата не получают. Вправе ли мы, однако, зачислять только на этом основании удачливого исследователя (случайно поймавшего один шанс из тысяч) в лжеученые? Не лучше ли, если у нас нет серьезных оснований (по совокупности всех данных)

сомневаться в научной добросовестности исследователя и чистоте проведенного им эксперимента, использовать как его положительный результат, так и отрицательные результаты других для первой оценки вероятности положительного исхода эксперимента? Такая оценка позволила бы составить представление о масштабах (количества, объема и времени проведения) последующей серии экспериментов, которая позволила бы уточнить эту оценку, и т.д. Именно такие, по-видимому, весьма широкомасштабные эксперименты, наряду с глубоким проникновением в природу биохимических реакций, позволяют превратить набор гипотез о происхождении жизни в стройную научную теорию, подтвержденную не только умозрительно, но и экспериментально.

Несколько слов о природе случайных процессов, которые могут привести к возникновению жизни. В статистической физике хорошо известно явление флуктуации, когда в результате случайного движения молекул могут возникать неравновесные образования, например локальные уплотнения в газе. Малые флуктуации в газовой среде происходят постоянно, являясь причиной ряда экспериментально наблюдаемых явлений. Теоретически возможно (хотя и чрезвычайно маловероятно) возникновение любых более крупных флуктуаций. Так, в результате случайных движений атомов водорода, кислорода, углерода, азота и других элементов может в принципе самопроизвольно возникнуть живая клетка. В отличие от обычной физической флуктуации подобное образование является устойчивым, способным к дальнейшему длительному существованию и развитию и может стать родоначальником жизни. Правда, подобное самопроизвольное образование клетки непосредственно из первичных элементов настолько маловероятно, что оно, разумеется, не может рассматриваться всерьез как реальный механизм возникновения жизни.

Однако на пути к живой клетке существует целый ряд устойчивых образований, включая белковые молекулы, естественный (и притом закономерный) механизм возникновения которых в настоящее время уже достаточно изучен. Поэтому нет необходимости рассматривать флуктуации смен первичных химических элементов, — их можно и нужно заменить флуктуациями среды, состоящей из гораздо более сложных элементов, и прежде всего крупных белковых молекул. В этом случае вероятность случайного возникновения их жизнеспособной комбинации существенно повышается. Будучи помноженной на масштабность эксперимента (в пространстве и времени), она могла привести к возникновению жизни, как практически исторической необходимости.

Не исключено, что при соответствующих масштабах наблюдения вероятность регистрации факта возникновения жизни заметно больше нуля даже при тех физико-химических условиях, которые имеют место на Земле сейчас. Успехи современной практики стерилизации пищевых продуктов показывают, однако, что масштабы этих наблюдений должны быть поистине грандиозными.

Проблемы управления наукой охватывают широкий круг вопросов, начиная от «технологии научных исследований» — автоматизированного управления экспериментальными работами — и кончая организацией науки в масштабе страны и международной научной политикой. Этот широкий спектр задач привлекает все более пристальное внимание советских кибернетиков, экономистов и социологов. Системную теоретическую основу для эффективного управления научной деятельностью призвана сформировать новая научная дисциплина, получившая в СССР название науковедения.

Большинство проблем, которые сейчас разрабатываются в направлении создания теоретических основ организации и управления наукой, касаются в значительной мере и прежде всего науки прикладной. Но тем не менее многое из того, что здесь делается, может быть использовано и в академической науке.

Партия решительно взяла курс на повышение эффективности общественного производства, на опережающий рост качественных, интенсивных его показателей. Реализация этого курса требует повышения эффективности всего фронта научных исследований. Эта задача особенно актуальна в предстоящей пятилетке, которая будет пятилеткой качества, пятилеткой эффективности. В настоящей статье рассмотрим несколько путей повышения эффективности исследований в рамках академической науки.

Прежде всего следует сказать об автоматизации экспериментальных исследований. В последнее время в этом отношении сделало много. Но нам и далее предстоит ускоренно развивать эту технологическую линию в организации и управлении наукой.

Сейчас специалисты, которые занимаются созданием и эксплуатацией крупных экспериментальных установок, уже начинают понимать, что они не характеризуются только и исключительно лишь своими физическими параметрами. Циклотроны или синхротроны, например, предназначены прежде всего не для того, чтобы получать пучок элементарных частиц с определенными характеристиками, а для того, чтобы делать научные открытия. Поэтому вопрос управления экспериментом и автоматизированной обработки его результатов является столь же важным, как и вопрос о физических параметрах самой установки.

В настоящее время вопросы управления экспериментом и управления процессом обработки результатов этого эксперимента на сложных установках стоят в центре внимания и практически решаются многими научными дисциплинами. Все новые крупные установки, такие, как синхротроны, радиотелескопы или исследовательские суда, снабжаются непосредственно системами для автоматизации обработки эксперимен-

тальных данных и даже в какой-то мере производится автоматизация управления самим экспериментом на основе использования ЭВМ.

Несколько в худшем положении находится сейчас эксперимент, который осуществляется с более дешевым оборудованием, с приборами, которые стоят дешевле, чем сама система обработки. Если синхрофазотрон стоит сотни миллионов рублей, а стоимость ЭВМ, позволяющей увеличить его эффективность во много раз, составляет не более одного процента стоимости синхрофазотрона, то никаких вопросов не возникает. В том же случае, когда оборудование и приборы, необходимые для проведения эксперимента, стоят всего несколько тысяч рублей, а ЭВМ стоит сотни тысяч рублей, ситуация выглядит иначе. Здесь перспективно построение иерархической системы обработки данных с мини- или микрокомпьютерами, которые устанавливаются непосредственно в лабораториях, а на других уровнях организации имеются более мощные средства преобразования данных.

В этой системе компьютеры, особенно для вторичной обработки экспериментальных материалов, являются уже групповыми, т. е. обслуживают группу лабораторий или целый научно-исследовательский институт. А такого класса решения в настоящее время непосредственно связаны с экономикой, организацией и управлением наукой.

То же можно сказать и об управлении экспериментом. Это особенно важно в таких исследованиях, как геологические и геофизические исследования океанов и морей, т. е. когда речь идет о сравнительно дорогостоящих экспериментах, в которых на основе ранее полученных экспериментальных данных необходимо наметить план дальнейших экспериментов (исследований), например, где, в каких точках закладывать скважины или производить экспериментальные взрывы для геофизической разведки, ставить станции для изучения морских течений, химических и физических свойств водных масс с целью получения наибольшей информации о гидросфере или литосфере в целом. Здесь нам нужна не просто какая-то информация, а должным образом градуированная, упорядоченная. Все это должно быть выражено соответствующими весовыми коэффициентами. Обеспечивающие такие результаты методы оптимального планирования дорогостоящих экспериментов начали в настоящее время развиваться, хотя еще не нашли такого широкого применения, как они этого заслуживают. В этом одна из наших перспектив развития.

Заслуживают постоянного и пристального внимания также вопросы, связанные с информационной базой исследований, работа по информационному обеспечению науки. Можно констатировать, что сейчас важность решения этой проблемы признается всеми. При этом ясно и то, что без соответствующей автоматизации, без технологии управления процессом информационного обеспечения дело это не может быть поставлено эффективно. Получение необходимой научной информации, выборка ее (подборка) и доставка к потребителю стали предметом научного изучения. Уже разработана соответствующая технология, в частности с использованием ЭВМ, которая позволяет надеяться на успешное решение проблемы.

Вопрос, не решенный здесь до сих пор, состоит в следующем. В советской науке следует приступить к организации централизованного накопления первичной информации для последующего многократного использования исследователями.

Например, произведен взрыв для геофизической разведки. Получены первичные сейсмограммы. Они обработаны с точки зрения нахождения признаков нефти или газа. Такова была цель. Из сейсмограммы эта

информация была извлечена. Но вполне возможно, что через несколько лет появятся новые методы обработки сейсмограмм, которые позволяют «выкачать» большую информацию из ранее полученных экспериментальных данных. Или будет решено из старых сейсмограмм получить новую информацию, например о запасах урана или еще чего-нибудь. В таких случаях те же самые данные должны быть переработаны по-новому. Однако, к сожалению, чаще всего первичные сейсмограммы не сохраняются, а хранятся только вторичные данные, причем обработанные под определенным углом. И та же информация, которую мы хотим извлечь впоследствии, уже не содержится в этих вторичных данных.

Поэтому необходимо организовать специальные каталоги хранилищ первичных данных, переведенных в цифровую форму, для того чтобы в случае необходимости их можно было быстро обрабатывать на ЭВМ. Это может впоследствии дать значительную экономию в затратах на эксперимент. Речь идет как об уникальных и дорогостоящих экспериментах, так и о массовых, регулярно проводимых в реальном масштабе времени экспериментах (в том числе социальных), повторение которых требует или значительных сроков, или вообще невозможно ввиду изменившегося характера объекта.

Что касается организационных проблем управления наукой, то следует особо подчеркнуть вклад науковедения в реализацию идей и современных методов научно-технического прогнозирования. Сейчас эти методы применяются в первую очередь для прикладных наук. Но уже даже в нынешнем виде прогнозирование выходит на различного рода фундаментальные проблемы физики, химии и других естественных наук. Следует сказать, что поскольку достижения фундаментальных наук все равно в той или иной мере используются в прикладных науках, то при организации систем непрерывного прогнозирования оказывается неизбежным выход на фундаментальные науки, на поиск и обобщение информации о рождающихся там идеях.

Это, с одной стороны, связывает фундаментальные исследования и академическую науку в целом с системой научно-технических прогнозов, способствует определению места новых идей в структуре целей прикладных наук. В каком-то смысле это указывает на информационную значимость тех или иных фундаментальных достижений с точки зрения определенных народнохозяйственных целей.

Опыт, накопленный нашим институтом в области научно-технического прогнозирования, позволяет определенно утверждать, что нет никаких препятствий для того, чтобы решать и обратную задачу — генерировать вопросы и проблемы для научного поиска в области фундаментальных исследований и таким образом осуществлять прогноз возможностей их развития. Если верно, что достижения фундаментальных исследований в настоящее время являются основой для решения прикладных вопросов, то верно и обратное — многие достижения фундаментальных исследований невозможны без решения прикладных вопросов. Так, если прикладники не могут решить вопросы создания сверхмощных экспериментальных установок, или в колоссальном синхрофазотроне не разработан достаточно точный метод управления пучком элементарных частиц, или не созданы специальные материалы, выдерживающие мощные магнитные поля и сверхвысокие температуры, то нельзя получить и ожидаемых результатов фундаментальных исследований.

Поэтому фундаментальная наука всегда имеет двойную, диалектическую связь с прикладными науками. С одной стороны, она дает им

новые идеи и решения, с другой, — ее собственное продвижение вперед уже сегодня зависит от успехов техники и промышленности, которые основаны на достижениях наук прикладных. Эту взаимосвязь надо ясно сознавать и отражать в разрабатываемых методиках прогнозирования. Ведь известно, что методы, развивающиеся в прикладных областях (методы прямого управления НИОКР, например, путем использования сетевых графиков), применительно к фундаментальным исследованиям в значительной мере теряют свою силу. Однако механизм прогнозирования, который выходит за пределы сетевых графиков и вносит в планирование науки необходимые элементы вероятностного характера, предъявляет не столь жесткие требования. Заметим, что важное для управления существование определенных нормативов, эталонов и стандартов в фундаментальных областях становится делом весьма проблематичным, а может быть, такие нормы и вообще невозможны в фундаментальных науках.

Определенные нормативы существуют в каком-то количестве экспериментов и при проведении фундаментальных исследований. Но в целом прямое перенесение методов управления, широко распространенных в прикладных (промышленных) институтах, непосредственно на академические учреждения полностью не может быть осуществлено. Однако следует заметить, что в рамках академических учреждений сейчас у нас уже имеются развитые прикладные подразделения и конструкторские бюро различного рода. Тем самым в рамках академической науки происходит своеобразное переплетение прикладных исследований с фундаментальными. Та часть, которая ближе к прикладной науке, может и должна все шире планироваться и управляться уже проверенными на практике методами.

Автоматизированные системы управления наукой, прежде всего в отношении информационного обеспечения такого рода систем управления, конечно, очень важны и для фундаментальных наук. Для того чтобы руководить институтом, а тем более группой или комплексом институтов, необходимо иметь хорошо поставленную информационную базу, желательную в машинной реализации, иметь точные сведения о ресурсах, которыми мы располагаем.

А ресурсы науки — это прежде всего люди. Необходима система слежения за изменением их научных интересов и квалификации. Это требует фиксации данных по гораздо более развернутой номенклатуре интересов, чем предусматривается, например, традиционной сеткой специальностей ВАКа. Только такие данные дают возможность видеть, какими интеллектуальными силами располагает институт в соответствующей области. Ну и, естественно, следует организовать такой же учет материальных ресурсов. Это, безусловно, сделать легче.

Здесь возникают разного рода проблемы, успешно решаемые в АСУ не только в проектных и других прикладных институтах, но и на самих промышленных предприятиях. Когда речь идет, предположим, об использовании уникального станка в инструментальном цехе промышленного предприятия, на котором могут работать многие рабочие, специализирующиеся на изготовлении разных изделий, то здесь возникает такая же проблема, как и в случае использования уникального научного оборудования различными учеными. Проблема эта заключается в составлении наилучших расписаний и организации коллективного использования различного уникального дорогостоящего оборудования. Это задачи, для решения которых можно в значительной мере использовать процедуры, опробованные в практике управления прикладными институтами,

и даже некоторые процедуры, используемые для планирования и управления в промышленности, несмотря на совершенно бесспорную специфику работы.

Теперь рассмотрим такую особо важную и трудную проблему, как управление комплексной тематикой. Опыт программно-целевого управления свидетельствует о важности разработки и применения определенного аппарата, который помогает обоснованно устанавливать цели научного исследования, выбирать пути их достижения и оптимизировать маневр ресурсами. Этого эффекта можно достигнуть в результате соединения методов непрерывного прогнозирования и тех методов информационного обеспечения управления ресурсами, о которых говорилось выше. Конечно, в науке в целом мы не претендуем на то, чтобы решать задачи аналогично решению задач в промышленности: распределить так, чтобы достичь поставленной цели за кратчайший срок или с минимальными затратами и т. д. Такая задача в данном случае не ставится. Но, имея перед собой все информационные связи, необходимые для достижения той или иной научной цели, имея информацию о ресурсах, можно в человеко-машинном диалоговом режиме осуществлять неформальное обоснование, например, маневра ресурсами и таким образом осуществлять продвижение по пути к оптимизации научных исследований.

Мы здесь еще не можем ставить вопрос об оптимальном управлении комплексными научными разработками фундаментальных проблем, но можем и должны ставить вопрос о человеко-машинной системе, обеспечивающей управление такого рода комплексами работ.

За последние годы ученые нашего института накопили значительный опыт в области проектирования и внедрения организационных процедур управления. Процедура «Цикл», например, определяет порядок ведения всего комплекса работ НИО — от выбора целей до слежения за судьбой уже внедренных результатов. Каждая такая процедура представляет собой комплект нормативно-методических и директивных документов, а также систему носителей информации и четко определенную последовательность их обработки.

Для успеха дела процесс проектирования процедур управления включает в себя обоснование в экспериментальную проверку ряда новых методических приемов, а их внедрение требует, как правило, глубоких изменений в оргструктуре, стиле и «механизме» управления научной деятельностью. Стратегия проводимых Институтом кибернетики АН УССР научных исследований состоит в том, чтобы, начиная от технологии, подниматься выше, к лаборатории, к уровню директора, затем к руководителю, который управляет комплексной темой, и выходить на общесоюзный уровень управления наукой. При этом с точки зрения организации работы Академии наук особо важно последовательно и конкретно провести идею связи фундаментальных исследований с прикладными.

Например, в создаваемых нами системах прогнозирования место каждого научного (в частности, фундаментального) результата определяется либо в качестве цели фундаментального развития, либо подцели в прикладных проблемах, предполагающих теоретическое основание для своего решения.

На уровне страны в целом мы подошли к потребности создания системы непрерывного выставления заявок перед наукой (как прикладной, так и фундаментальной) непосредственно из запросов практики. В чем состоит эта идея применительно к деятельности, например, научных

советов по проблемам? Каждый из них должен принимать различного рода заявки, которые формулируются в любом месте, например в заводской лаборатории, в рамках совета или другого института. На этой основе осуществляются выбор и структурирование целей, формулируются сравнительно конкретная проблема, методы решения некоторых дифференциальных уравнений или методы точного измерения физических параметров или, предположим, определение физических или химических свойств вещества по его структурной формуле.

Должен быть создан механизм, при котором был бы общий адрес, куда поступают все эти заявки. Это может быть система институтов научной информации с каким-то выходным звеном, например институт информации по общественным наукам, межотраслевые институты информации в рамках комитета по науке и технике, где все эти заявки рассматриваются с помощью автоматизированной системы на предмет их новизны. Действительно, новые предложения должны проходить через советы. Эти советы будут рассматривать их и давать окончательную формулировку научной задачи. Заметьте, что автором ее всегда достаточно четко может быть сформулирована задача, кроме того, одна и та же проблема может быть сформулирована по-разному. Таким образом, будут сформулированы те или иные проблемы перед фундаментальными науками. Затем они будут рассылаться научным институтам для обсуждения и принятия решения.

Это будет своеобразное децентрализованное управление помимо программного целевого управления, которое в фундаментальных науках прежде всего должно основываться на человеко-машинных процедурах, а не на собственно вычислительных методах. Должна быть также сформулирована такого рода децентрализованная система постановки локальных целей и организации временных связей между промышленностью, народным хозяйством и прикладными науками, с одной стороны, и академической наукой, — с другой.

В этой связи уместно рассмотреть вопрос о новых формах организации и управления наукой в рамках академий. Академия наук СССР имеет большую и славную историю. Организационные формы управления ею в значительной мере сложились исторически. Такая форма организации Академии, скажем, как отделение наук, сложилась исторически еще в ту эпоху, когда Академия наук, по существу, никакими значительными материальными ресурсами не располагала. Раньше она была объединением ученых, а не научных институтов и не имела мощной индустриальной базы. Не имела она и того значения в развитии народного хозяйства, которое имеет сейчас. Вот почему в то время родилась такая форма организации, как отделение наук.

Главные задачи отделения заключались в следующем. Во-первых, организовать взаимодействие ученых, работающих в сравнительно близких областях, например физиков и математиков, химиков и биологов и т. д. А общее собрание Академии наук содействовало контактам между представителями еще более отдаленных специальностей. Академия наук представляла собой учреждение типа научного клуба, организующего обмен опытом и обеспечивающего поддержку и поощрение молодых ученых путем общественного мнения коллег, выявляющего более достойных из ученых и с помощью академических знаний повышающего их авторитет. Эти функции более или менее успешно выполняют и сейчас исторически сложившиеся отделения наук. Однако в наши дни, когда наука стала в значительной степени непосредственной производительной силой, роль

ее сильно возросла, а организационная структура коренным образом изменилась.

Появилось большое количество новых институтов, выполняющих ответственную тематику и располагающих мощными конструкторскими бюро и опытными производствами. Поэтому формы управления наукой через отделения, через бюро отделений уже в значительной мере перестали соответствовать тем задачам, которые были нужны. Поэтому отделения, с одной стороны, потеряли старую функцию, например, разобщив физиков от математиков, дискуссионный клуб потерял значительную часть своих свойств. С другой стороны, они не приобрели новых свойств и эффективно руководить исследованиями уже не могут.

Вот почему назрела необходимость иметь промежуточную форму, которая являлась бы более гибкой и давала возможность решать эффективно проблемы управления различными классами научных исследований. Сейчас это особенно важно в связи с появлением крупной проблематики, особенно на стыках наук. Примером этого является кибернетика и не только она. Сейчас на стыке физики, физической химии и биологии возникают очень интересные проблемы, например генной инженерии и т. д.

Можно было бы привести много других примеров. Как правило, здесь, с одной стороны, всегда имеется специфика наук, а с другой, — общая методологическая установка при проведении различных исследований. Знать все сейчас невозможно, но найти человека, который знает хотя бы не всю биологию и не всю физику или химию, но знает те конкретные вещи, которые нужны в данном случае из физики или химии, например уравнение Шредингера из физики или структурные формулы из химии и соответствующие методы эксперимента по выяснению роли гена в биологии, и понимает этот механизм, уже можно, хотя и очень трудно. Во всяком случае его можно воспитать.

В таких случаях необходимо создание учреждения нового типа. Предположим, необходимо объединить институт, который занимается генами с точки зрения биологии, с институтом, который занимается генами с точки зрения физики, и химическим институтом, занимающимся генами с точки зрения химии, и т. д.

Для того чтобы председательствовать в дискуссионном клубе, председателю достаточно было понимать общее течение разговора. Другое дело, когда нужно организовать эффективное управление процессом взаимодействия физика с математиком, химиком и другим специалистом при решении конкретной задачи. В таком случае от руководителя требуется понимание соответствующей большой проблемы.

В результате этого большие отделения, охватывающие широкий спектр специализированных наук, перестали выполнять свою роль. Во главе отделения невозможно найти такого человека, который бы хорошо понимал все проблемы в рамках, например, технических наук, имеющих в отделении, или всех физико-математических наук.

Поэтому эффективно управлять деятельностью своих институтов бюро отделения, по существу, не может. Оно может осуществлять только формальную координацию. Это чувствовалось издавна. В 1963 г. было проведено разукрупнение отделений. Сегодня можно констатировать, что это не решило задачу. Конечно, управлять меньшим количеством институтов при более мелких отделениях в рамках более узкой тематики проще. Но тем не менее это мероприятие не решило всей задачи, потому что не может быть, например, такого экономиста, который бы в рамках отделения экономики мог эффективно управлять всеми экономическими

исследованиями, такими, скажем, как международные экономические отношения, развитие политэкономии, история экономики и конкретные проблемы автоматизации деятельности Госплана СССР или каких-либо других органов. Даже в такой сравнительно узкой области, как экономические науки, этого уже сделать нельзя.

Назрело время создавать комплексные междисциплинарные организации, подчиняющиеся непосредственно Президиуму Академии наук. Они могли бы состоять из институтов, но обладали бы правами осуществлять гибкое маневрирование ресурсами, переводить (в случае необходимости) лаборатории из одного института в другой, т. е. осуществлять непосредственное управление соответствующей комплексной научной тематикой со всем необходимым объемом прав. Это в настоящее время особенно актуальная задача, решение которой может повысить эффективность исследований, и прежде всего в пограничных областях. Эта идея нами развивается в рамках Кибернетического центра, где имеется такого рода проблематика и есть необходимые кадры математиков, техников, электронщиков, экономистов, биологов и социологов, которых необходимо объединять вместе на единой методологической основе и в рамках общей системы целей.

При формировании комплексной научной проблематики чрезвычайно важно придерживаться некоторых «стратегических» правил, таких, например, как единство ближних и дальних целей, что чрезвычайно важно, поскольку наука в настоящее время становится все более дорогостоящей. Когда говорят, что в дальней цели нельзя выделить ни одной ближней подцели, это значит, что плохо подумали, каким путем к этой цели идти. Ведь и сейчас существуют, если так можно выразиться, «вечные» проблемы, по существу, не прогрессирующие. Многие люди, работающие там, и веру потеряли в то, что они когда-нибудь этой цели достигнут. Вроде перед ними и стоит далекая цель, но на самом же деле они выполняют совершенно мелкие вещи и толком даже не представляют, как эти мелкие вещи могут привести к большой далекой цели.

В каждом направлении фундаментальных исследований требуется сформировать такую иерархию целей, при которой четко видно единство одновременных целей и каждый участник работы ощущает, что, делая тот или иной шаг, он приближается к большой цели. Это обеспечивает гораздо большую эффективность исследований, потому что, с одной стороны, здесь создается совсем иной моральный настрой в коллективе, а с другой, — непосредственная отдача, которая при этом происходит, повышает авторитет науки и возможность получения государственной поддержки. Чрезвычайно важным вопросом является такой методологический и организационный принцип, как единство теории и практики, или единство общности и специфичности.

В чем состоит этот принцип? Дело заключается в том, что в разные моменты времени мы начинаем подчеркивать, что нам надо выполнять непосредственно прикладные работы для народного хозяйства, и начинаем слишком дробить и упрощать тематику академических учреждений. И, наоборот, бывают такие случаи, когда человек полностью теряет связь с практикой в широком понимании этого слова. Не просто с народным хозяйством, а по крайней мере со своими соседями, с коллегами, скажем, математик-абстрактник — с физиками. При этом иногда возникают «пустые» ветви в развитии науки, когда теряется органическое единство всего здания науки и развивающаяся веточка, высасывая из самой себя идеи и проблематику, работает уже только на себя.

Если мы не всегда видим непосредственную связь с практикой решаемых проблем, сама работа над ними обязательно приводит к усовершенствованию математического аппарата, что, в свою очередь, не может не найти впоследствии применения. Но когда наука начинает развиваться и только начинает формировать свои собственные абстрактные проблемы, то всегда можно придумать тематику, которая ведет, так сказать, никуда. При этом получаются не очень сложные теоремы. Потом их обобщают, и в конечном счете эти ветки засыхают.

В любом случае чрезвычайно важно, чтобы сохранялась цепочка связей теории с практикой. Может быть, не обязательно, чтобы все это делал один и тот же человек, через посредство других людей эта цепочка должна просматриваться. Желательно, чтобы ни одно крупное фундаментальное исследование не начиналось без того, чтобы не были продуманы возможности использования результатов исследования, понимая под этим не обязательно промышленность, народное хозяйство, а хотя бы смежные области науки. Это исключительно важная сторона дела для всей системы организации и управления академической наукой.

Никогда не следует начинать какой-то конкретной хозяйственной работы, например в рамках академии, не думая о возможностях для фундаментальных обобщений данных, полученных на ее основе. Это вторая сторона того же вопроса.

Если эти принципы выполняются, тогда, как правило приходит в академическую науку подлинная и устойчивая эффективность. Мы пытаемся реализовать эти принципы у нас в институте. В одних случаях это удается сделать хорошо, в других — хуже. Но тем не менее практика показывает, что именно эти принципы вместе с соответствующим методическим и информационным обеспечением имеют определяющее значение для эффективности научной деятельности.

Наука о системах — системология — в начальный период своего развития имела дело главным образом с техническими системами, т. е. такими системами, которые являются результатом сознательной деятельности человека. Проблемы проектирования, изготовления и палладки сложных технических систем составили предмет специального раздела технических наук, получившего наименование системотехники. В то же время для систем естественного происхождения (биологических, биохимических и др.) системология до сих пор ограничивается преимущественно изучением их строения и функционирования, так сказать, в готовом виде. История же их возникновения и становления с позиций системологии (общей теории систем) изучалась до сих пор недостаточно. Совершенно не рассматривался, например, с этих позиций такой важный и интересный вопрос, как происхождение жизни.

В настоящем сообщении предлагается новый подход к изучению механизмов возникновения и становления систем естественного происхождения с позиций теории флуктуаций. Как известно, теория флуктуаций родилась и развивалась в рамках статистической физики. Одним из первых ее результатов явилось установление факта существования случайных локальных уплотнений в газовой среде, которые и получили название флуктуаций. Они возникают в результате случайной концентрации в малом объеме хаотически движущихся молекул. Срок жизни каждой флуктуации весьма мал: образование уплотнения вызывает локальное увеличение давления, что, в свою очередь, приводит к быстрому разлету созданных уплотнение «лишних» молекул. В силу закона больших чисел в достаточно большом объеме газа с вероятностью, пренебрежимо мало отличающейся от единицы, точно существует в любой данный момент определенное число флуктуаций, однако время существования каждой отдельной флуктуации ничтожно мало. Это обстоятельство является характерной чертой классической теории флуктуаций.

Сделаем теперь новый шаг, вводя понятие системной флуктуации. От понятия классической флуктуации оно отличается тем, что системная флуктуация является устойчивым образованием — системой с относительно длительным периодом существования.

● Для уточнения понятия системной флуктуации прежде всего необходимо точно охарактеризовать возникшую в результате такой флуктуации систему. Рассматриваемые здесь системы характеризуются, во-первых, типами составляющих их элементов и, во-вторых, пространственной конфигурацией этих элементов в системе. Кроме того, может быть введен дополнительно закон распределения времени существования системы.

Далее, необходимо охарактеризовать системную среду, в которой образуются системы в результате ее случайных флуктуаций. Эта среда

характеризуется прежде всего своим полным объемом и средними плотностями концентрации элементов различных типов (предполагается, что в среде имеются элементы всех типов, которые нужны для образования системы). Кроме того, необходимо задать характеристики случайных процессов, которые представляют собой векторы скоростей движения в среде элементов различных типов (чаще всего в естественных системах это броуновское движение).

Следующая составная часть определения (дополняющая и расширяющая определение системы) — характеристика областей в фазовом пространстве (координат и скоростей движения элементов), при попадании в которые происходит «сцепление» элементов в системы.

В более тонких случаях приходится дополнительно учитывать законы взаимодействия элементов, способствующие или препятствующие образованию систем. Например, большая флуктуация в газовой среде может в принципе создать такую неоднородность распределения масс, что силы тяготения преодолели бы силы, вызывающие разлет молекул. В результате этого флуктуация будет развиваться дальше, «выметая» молекулы газа из ее окрестности, что приводит в конечном счете к образованию звезды или так называемой черной дыры.

Учет сил системного сцепления (а не только простейших закономерностей теории идеальных газов) вводит определенную коррекцию в методу применения второго начала термодинамики. В частности, нужно учитывать, что при наличии таких сил, вследствие действия закона больших чисел, в среде, содержащей достаточно много элементов, с большой вероятностью будет поддерживаться определенный уровень системной организации. Иными словами, энтропия среды стремится не к абсолютному максимуму, а колеблется вокруг некоторой величины, меньшей этого максимума. Эта величина может быть фактически определена в результате сопоставления двух вычисляемых величин, а именно средней длительности T существования систем и математического ожидания n_0 числа систем, возникающих в результате флуктуаций среды в единице объема за единицу времени.

При малом уровне системной организации среднее число $N_{\text{ср}}$ систем в объеме v в любой данный момент времени будет выражаться простой формулой $N_{\text{ср}} = n_0 v T$.

В случае, когда система состоит из устойчивых подсистем, флуктуационный процесс может быть ступенчатым: в результате флуктуаций в среде, состоящей из элементов, возникает среда, содержащая подсистемы. Из этих подсистем в результате флуктуаций второго уровня возникают системы, из этих систем — еще более сложные системы и т. д. Особо высокий уровень системной организации среды в результате подобного процесса может быть достигнут в том случае, когда возникшие случайные системы начинают размножаться и развиваться.

Весьма правдоподобно, например, что жизнь на Земле возникла именно в результате такого иерархического флуктуационного процесса. Как известно, наиболее трудным для объяснения, тем более для воспроизведения в лабораторном эксперименте, является процесс возникновения клетки.

Расчеты показывают, что при достаточно разумных предположениях относительно концентрации первичных элементов (молекул белков и нуклеиновых кислот) в поверхностных слоях мирового океана в течение сотен миллионов лет вероятность возникновения устойчивой системы любой конфигурации из нескольких десятков таких элементов практи-

чески равна единице. Если такие устойчивые системы существуют, то цикл флуктуаций второго уровня при тех же пространственных и временных масштабах может также с вероятностью, практически равной единице, породить любую их устойчивую комбинацию, состоящую из десятков подсистем. Но в таких комбинациях будет насчитываться уже несколько тысяч первичных элементов, что, по-видимому, достаточно для получения простейших клеток.

Такой двухступенчатый флуктуационный цикл оказывается теоретически возможным при применении голого вероятностного подхода без введения каких-либо дополнительных сил (действующих на расстояниях порядка размеров клетки и более), которые помогали бы процессам сцепления элементов в устойчивые системы и подсистемы. При наличии таких сил возможно обойтись и одним уровнем флуктуационной иерархии.

Решающую роль для положительного исхода подобного «флуктуационного» (естественного) эксперимента играют его масштабы. Будучи повторен в обычных лабораторных масштабах (в пробирке или в колбе на протяжении месяцев и даже лет), этот эксперимент практически с той же достоверностью, что и успех большого естественного эксперимента, к успеху не приведет.

При концентрации элементов в среде примерно на k десятичных порядков ниже их концентрации в системе получаем в ограниченном эксперименте приблизительно ту же вероятность, что и в большом, но для числа элементов, меньшего на $m = \frac{1}{k} (\lg \frac{T}{t} + \lg \frac{V}{v})$, где (T, V) и (t, v) — соответственно время и объем большого и малого экспериментов. Если $k = 1$, а масштаб эксперимента уменьшить, скажем, с $T = 100$ млн лет до $t = 1$ год, с $V = 100$ млн км³ (примерно 300-метровая толщина вод современного океана) до $v = 1$ л, то величина будет равна $8 + 26 = 34$. Подобное уменьшение числа элементов можно вывести из класса устойчивых систем, что и приводит к отрицательному исходу эксперимента.

Если гипотеза о флуктуационном механизме происхождения жизни на Земле верна, то легко объясним тот факт, что до сих пор не удалось воспроизвести его экспериментально. Ссылка на какие-то «особые» условия, существовавшие на Земле в момент возникновения на ней жизни, не выдерживает критики, поскольку в современной лаборатории можно воспроизвести все мыслимые физико-химические условия. Невоспроизводимы лишь временные и пространственные масштабы великого эксперимента, породившего жизнь.

Разумеется, гипотеза не исключает воспроизведения когда-либо живой клетки в лаборатории методами, в чем-то напоминающими сознательное создание человеком различного рода технических систем. Гипотезу эту можно опровергнуть, лишь получив естественные условия устойчивого воспроизводства клеток из смесей белков, нуклеиновых кислот и другого первичного клеточного строительного материала. Еще более интересным было бы экспериментальное определение всех величин, необходимых для точных подсчетов вероятности возникновения первой клетки в результате флуктуационных процессов. Ведь не исключено, что эта вероятность много больше, чем в оценке, сделанной автором даже в современных условиях. С точки зрения флуктуационной системологии (в данном случае флуктуационной биологии) известные опыты Пастера вовсе не доказывают абсолютной невозможности самозарождения клетки в изученных им условиях. Они доказывают лишь чрезвычайно малую вероятность такого явления в тех масштабах, в которых проводился

эксперимент. Возможно, что при достаточно больших масштабах эксперимента результат будет иной.

Именно для определения этих масштабов и нужна уточненная априорная оценка вероятностей срабатывания флуктуационного механизма. Ситуация здесь напоминает ситуацию с экспериментами по улавливанию нейтрино. Лишь априорные оценки вероятности взаимодействия нейтрино с веществом позволили определить нужные масштабы эксперимента для надежного решения этой задачи. Без таких оценок опыты, производимые в малых масштабах, могли бы дать по отношению к нейтрино столь же убедительно отрицательные результаты, как и опыты Пастера по отношению к явлению самозарождения жизни.

Аналогично флуктуационной биологии может представлять интерес и флуктуационная химия. Правда, применительно к расширенному толкованию флуктуационного механизма (с учетом сил межмолекулярного и межатомаго взаимодействия) все химические реакции можно рассматривать с флуктуационной точки зрения. Но действительный интерес представляли бы в первую очередь те случаи, где идет флуктуационный процесс накопления сложных устойчивых молекул вещества, получающегося из вещества среды в результате эндотермических реакций. Поскольку такие процессы должны протекать весьма медленно, для их обнаружения в заметных масштабах должны использоваться соответственно и широко-масштабные эксперименты.

Не исключено, разумеется, что процессы естественно-случайной диссоциации подобных сложных молекул протекают настолько быстро, что их накопления в сколько-нибудь заметных количествах вовсе не может произойти. Во всех случаях, однако, было бы весьма полезно рассмотреть подобные процессы с точки зрения флуктуационной системологии в теоретическом плане, произведя необходимые вероятностные оценки.

(Препринт 79-26.— Киев, Ин-т кибернетики
АН УССР)

Проблема рака является одной из наиболее острых проблем современной медицины. Ей посвящается большое количество работ, открыто немало фактов, построено немало теорий и гипотез. Однако проблема рака, и прежде всего проблема его лечения, по-прежнему далеки от сколько-нибудь полного и тем более законченного решения.

Представляется поэтому целесообразным использовать различные подходы, которые если и не дадут сразу полного решения проблемы, то могут способствовать по-новому осмыслить уже известные факты, сформулировать новые гипотезы и открыть новые области для конкретных экспериментальных исследований.

Одним из таких подходов является подход с позиций общей теории систем — новой области науки, возникшей в начавшей интенсивно развиваться прежде всего в связи с необходимостью создания сложных технических систем. Однако методологически общая теория систем строится таким образом, что ее методы оказываются пригодными для изучения систем любой природы, в том числе социальной и биологической. При этом общая теория систем не пытается подменять различные науки, направленные на изучение конкретных систем (механику, электронику, молекулярную биологию, физиологию, экономику и др.). Предоставляя этим наукам членение и детальное изучение элементов рассматриваемых ими систем, она направляет свои усилия прежде всего на изучение системы как целого, на взаимодействие элементов внутри системы и взаимодействие систем внутри их комплексов (например, комплекса регуляторных систем человеческого организма). В этом состоит суть так называемого системного подхода к изучению объектов большой сложности.

Другая сторона системного подхода — извлечение некоторых общих свойств из изучения систем того или иного конкретного вида и использование их для изучения систем другой природы. Применение этого приема требует специальной оговорки. Ведь априори неизвестно, применимо ли то или иное свойство конкретной системы к системам другой природы? Поэтому подобный перенос свойств должен носить характер гипотез, требующих обязательной последующей проверки методами соответствующих конкретных наук. Практика (правда, пока еще не столь обширная) применения системного подхода показывает, однако, что при надлежащем качестве системного анализа процент подтверждаемости подобных гипотез оказывается достаточно высоким.

С указанных позиций следует подходить к предпринимаемой в настоящей статье попытке системного анализа проблемы рака. Выводы следует рассматривать не как «истину в последней инстанции», а лишь как более или менее правдоподобные предположения, требующие соответствующей проверки средствами современной биологической и медицинской науки.

Как известно, раковая опухоль представляет собой совокупность перерожденных, быстро делящихся клеток. Поэтому для системного

анализа проблемы рака прежде всего следует описать (в упрощенном виде) механизм развития (питания, обновления и размножения) клеток. Не вдаваясь в тонкости строения клеток человеческого организма, выделим две основные части, из которых состоит каждая клетка: ядро и цитоплазму, отделенные друг от друга и от внешней среды тонкими полупроницаемыми оболочками — мембранами.

Основным материалом, из которого строится клетка, являются белковые молекулы различного состава, формы и размеров. Общим у всех этих молекул является то, что все они построены из одних и тех же строительных блоков — молекул аминокислот двадцати различных видов, соединенных в длинные цепи. Количество аминокислотных звеньев цепи для многих блоков может исчисляться многими десятками тысяч, причем даже простая перестановка двух различных аминокислот в цепи, не говоря уже о замене одних аминокислот другими, приводит к возникновению нового белка. Поэтому теоретически возможное число различных видов белков огромно — по сравнению с ним даже такое астрономическое число, как число элементарных частиц (электронов, протонов и др.) в известной нам Вселенной, представляет ничтожно малую величину.

Поэтому природе нетрудно допустить такую роскошь, как индивидуальный белковый состав клеток у каждого человека (за исключением однойпарцевых близнецов). Этот установленный экспериментально факт позволяет сделать вывод, что одни и те же функции в системе, которой является клетка, могут выполняться не одним, а целой группой белков (очевидно, в чем-то похожих друг на друга).

Современной науке в общих чертах известен также механизм внутриклеточного синтеза белков из отдельных аминокислот. Первичным «штампом», в котором заложены конструкции будущих белков, являются двухмолекулярные комплексы дезоксирибонуклеиновой кислоты, сокращенно называемой обычно ДНК¹⁴. Подобно белкам каждая молекула ДНК представляет собой огромную цепь, состоящую из миллионов сравнительно простых органических молекул четырех различных видов — так называемых нуклеотидов. Двухмолекулярный комплекс, о котором идет речь, представляет собой две свитые в спираль одинаковые молекулы ДНК. Эти комплексы (включенные в специальные образования — так называемые хромосомы) находятся внутри ядра клетки. (ДНК со сравнительно небольшими цепями нуклеотидов, находящиеся вне ядра в так называемых митохондриях, не играют роли в дальнейших построениях и поэтому исключаются из рассмотрения).

При делении клетки (митозе) две нити ДНК расходятся и в процессе формирования двух новых ядер синтезируют вторые (недостающие) нити комплексов. Затем происходит деление тела клетки (цитоплазмы с наружной мембраной), после чего возникают две новые клетки, являющиеся в нормальных условиях в точности подобными (по составу ДНК) исходной клетке.

На первичном штампе ДНК синтезируются молекулы рибонуклеиновой кислоты, называемой сокращенно РНК. Подобно ДНК молекулы РНК представляют собой цепи нуклеотидов (хотя гораздо менее длинные, чем у ДНК) четырех различных видов, три из которых являются общими с нуклеотидами, составляющими ДНК, а один нуклеотид (урацил) новый. Существуют два типа РНК — так называемая информационная (и-РНК)

¹⁴ Иногда рассматривают подобный двухмолекулярный комплекс как одну сложную молекулу.

с длинными молекулами и транспортная (т-РНК) с относительно короткими молекулами. Синтезируясь в ядре на двухмолекулярных комплексах ДНК, молекулы РНК попадают (по-видимому, в момент деления ядра, что естественно с системной точки зрения) в цитоплазму, где с их помощью осуществляется синтез белков из аминокислот. При этом роль молекул т-РНК заключается в захвате и транспортировке к молекулам и-РНК отдельных аминокислот. На молекуле и-РНК — своеобразном «вторичном штампе» — из этих аминокислот образуются белковые молекулы. Причем различные (по составу и порядку расположения нуклеотидов) молекулы и-РНК штампуют, вообще говоря (с точностью до некоторой избыточности кода РНК), различные белки.

Необходимые для синтеза белков аминокислоты переносятся к клеткам различных тканей кровеносной системой из пищеварительного тракта, где белки пищи разлагаются на отдельные составляющие их аминокислоты. Другой возможный источник аминокислот — белки погибших клеток организма. Опыт свидетельствует, что выделительная система человека постоянно выводит из организма еще более простые (чем аминокислоты) продукты распада белков. Это означает, очевидно, что полной утилизации белков погибших клеток в человеческом организме не происходит.

Кроме процессов гибели и разложения клеток внутри клеток могут происходить процессы разложения отдельных молекул белков и нуклеиновых кислот либо с последующим ресинтезом, либо с выведением остатков их разложения из клетки (с последующим выносом их из организма через кровеносную и выделительную системы). Энергия, необходимая для всех перечисленных процессов, производится в конечном счете в результате окисления глюкозы. Как глюкоза, так и необходимый для ее окисления кислород подаются к клеткам кровеносной системой соответственно из пищеварительной и дыхательной систем. Кроме того, источником глюкозы могут служить (после переработки) жировые запасы организма (и, возможно, в условиях глюкозного голода — углеводные резервы менее важных клеток).

Кроме перечисленных видов обмена клетки с окружающей средой имеют место и другие виды обмена с участием неорганических молекул и ионов. При этом, разумеется, наряду с необходимыми для клетки веществами в нее могут попадать (в случае наличия в окружающей клетку среде) и другие вещества, вредные и даже смертельно опасные для нее. Когда в подобной ситуации сталкиваются в технических системах, стремятся по возможности защитит от проникновения вредных веществ как всю систему в целом, так и особенно ее наиболее ответственные части. Для таких целей естественно использовать прежде всего мембраны (т. е. пленки с порами в них), которые были бы проницаемы для одних веществ (полезных) и непроницаемы для других (вредных). Другой способ — открывать доступ в систему на короткое время при самой благоприятной обстановке и полностью закрывать его в остальное время.

Хорошо известно, однако, что создать мембрану даже с управляемыми (например, электрически) порами, «отличающую» все полезные молекулы от всех вредных при огромном многообразии различаемых молекул, практически невозможно. Поэтому приходится ограничиваться более простыми решениями, различающими молекулы и ионы в основном по их размерам и электрическим зарядам. При этом для максимального сужения возможности проникновения вредных веществ поры в мембране желательнее делать более мелкими, но, однако, не столь мелкими, чтобы препятствовать

постоянно происходящим обменным процессам. Для разового же пропуска больших молекул подходит метод открывающегося на короткое время «шлюза». Метод «шлюза» наиболее естествен, в частности, для выброса в цитоплазму синтезированных в ядре молекул РНК. Моменты открытия и закрытия шлюза должны характеризоваться разрывными преобразованиями оболочки, что происходит соответственно в моменты деления и «смыкания» новых оболочек-мембран. Именно в момент деления ядра должен происходить как выброс из ядра молекул РНК, так и (возможно) захват необходимого «крупноблочного» строительного материала для необходимого при делении удвоения массы «ядерного» материала.

Аналогичный процесс (хотя, по-видимому, и в меньших масштабах) может происходить и при делении всей клетки в целом. При этом могут происходить выброс и захват крупных молекул, например молекул информационной РНК, и тем самым (через кровеносную и лимфатическую системы) может осуществляться с некоторой вероятностью перенос РНК из одних клеток в другие, в том числе и достаточно удаленные друг от друга.

Имея в виду, что наиболее важной составной частью клетки является ДНК, а небольшая интенсивность обменных процессов имеет место в цитоплазме, естественно предположить, что наружная мембрана клетки является более «крупнопористой», чем мембрана клеточного ядра. Поэтому вероятность поражения чужеродными веществами материала ядра (в частности, молекул ДНК) должна быть значительно меньше, чем такая же вероятность для аналогичного материала цитоплазмы (в частности, молекул РНК). Источниками такого поражения могут служить вирусы и различные канцерогенные вещества. Другой возможный источник поражения — проникающее излучение (рентгеновские и гамма-лучи, потоки нейтронов и т. п.), а для поверхностных клеток тела — также и ультрафиолетовые лучи.

В этих случаях материал ядра оказывается практически точно так же уязвим, как и материал цитоплазмы. Не следует исключать (ввиду особо больших размеров молекул ДНК) и возможность их поражения в результате механических повреждений клеток.

Наконец, надо считаться с возможностью простого износа штампов без каких-либо дополнительных причин. О такой возможности свидетельствует факт наличия двойной системы штампов эталонного штампа ДНК и рабочего штампа и-РНК. В технических системах такая организация процесса применяется для уменьшения износа эталонного штампа. Если бы не было износа, естественно было бы использовать в качестве рабочего инструмента сам эталонный штамп. Все известные в общей теории систем механизмы износа штампов носят вероятностный характер. Естественно предположить поэтому, что как для эталонных, так и для рабочих штампов существуют какие-то пределы для числа их использования, после достижения которых вероятность естественной порчи штампов (вначале практически равная нулю) становится настолько заметной величиной, что продолжение пользования ими в случае многоклеточных организмов становится опасным: могут начать образовываться не те клетки и ткани, которые нужны ¹⁵.

¹⁵ Для одноклеточных организмов дело сведется к возникновению естественной мутации, которая может привести либо к созданию новой формы, либо (в случае нежизнеспособности мутации) к гибели клетки. Поэтому у них нет необходимости (в отличие от многоклеточных организмов) в специальном механизме, ограничивающем число циклов деления клеток.

Для сведения вероятности порчи штампов по естественным причинам к разумному минимуму должен существовать механизм, ограничивающий число использований как эталонных, так и рабочих штампов. В зависимости от видов штампов эти ограничения могут варьироваться в более или менее широких пределах. Однако в любом случае эти ограничения не могут следовать за степенью неадекватности штампов с абсолютной точностью. Поэтому вероятности естественной порчи штампов для разных их видов будут разными. Точно так же не могут быть абсолютно одинаковыми вероятности порчи штампов под действием перечисленных выше искусственных факторов (излучение, канцерогенные вещества, вирусы).

Поскольку, согласно современным генетическим воззрениям, набор штампов у потомства является некоторой комбинацией из штампов родителей, то большая или меньшая предрасположенность к порче штампов может передаваться (хотя и необязательно) по наследству. Ввиду вероятностного характера процесса порчи штампов речь здесь идет именно о предрасположенности к болезни, а не к ее фатальной неизбежности, как это имеет место у истинно наследственных болезней при неблагоприятном наследовании генов.

Наконец, ввиду огромного многообразия возможных штампов должно быть не меньшее многообразие и видов их порчи. Если считать порчу штампов болезнью, то мы должны признать, что на самом деле мы имели дело не с одной болезнью, а с огромным их количеством, хотя и сходных по своему механизму, но тем не менее отличающихся друг от друга своими индивидуальными особенностями. Это обстоятельство делает маловероятным открытие универсального лекарства для лечения подобных болезней: в лучшем случае это удастся сделать для того или иного их класса.

Впрочем, слово «болезнь» применительно к порче одного штампа в одной клетке или даже нескольких штампов в небольшой группе клеток употреблять вряд ли правомочно. Имея в виду интенсивность различного рода факторов, способствующих порче штампов, нетрудно понять, что такие «болезни» ежесекундно возникают в клетках каждого человека и каждого животного. Истинной болезнью такая порча оборачивается лишь тогда, когда она приводит к массовому размножению «испорченных» клеток, т. е. к образованию в организме в заметных размерах чужеродной опухольной ткани.

Для понимания этого процесса необходимо несколько более детально (хотя и в упрощенном виде) ознакомиться с современными представлениями о процессе роста тканей и о системе защиты организма от чужеродных клеток и белков — так называемой иммунологической (иммунной) системе.

Ткани человеческого организма возникают и развиваются за счет деления клеток, которые вначале являются малодифференцированными и становятся дифференцированными лишь на определенном этапе формирования тканей. В дифференцированных клетках (нервных, мышечных и др.) наборы белков и соответственно механизмы их штамповки становятся более специализированными, отвечающими функциональному назначению клеток. Деление таких клеток происходит более замедленными (по сравнению с малодифференцированными клетками) темпами, а в случае нервных клеток прекращается вовсе. При этом ядра нервных клеток не утрачивают в принципе способности к делению: будучи пересажены в цитоплазму быстроделющихся клеток (например, раковых), они снова начинают делиться. Из этого факта следует, что механизм, инициирующий деление, заключен не в ядре, а в цитоплазме. Природа этого механизма пока еще не вполне ясна. Возможно, что причиной, вызывающей деление, является

простое увеличение (выше некоторого предела) физического размера клетки; что в процессе штамповки белков в цитоплазме существует некоторая упорядоченность: белки типов синтезируются в определенном порядке и после появления специальных белков — катализаторов митоза происходит процесс деления. Возможно и комбинирование обеих этих причин.

Как бы там ни было, процесс увеличивающегося (по мере деления) дифференцирования клеток свидетельствует о том, что процесс штамповки белков является не неизменным во времени, а программно управляемым. Поскольку при этом эталонный штамп (ДНК) остается, по современным воззрениям, не считая случаев его случайной порчи, неизменными остаются лишь два возможных предположения. Во-первых, возможное изменение (по мере деления клеток) рабочих штампов (и-РНК); во-вторых, изменение характера их работы. В обоих случаях это означает, что на процесс штамповки влияют не только сами штампы, но и окружающая их (внутриклеточная) среда, обеспечивающая синтез только на определенных частях штампа (эталонного или рабочего). Штамп местами как бы «забывается» некоторыми окружающими его молекулами (по-видимому, белковыми). Если этот процесс происходит с эталонным штампом, то вместо длинных цепей информационной РНК он будет штамповать лишь некоторые их части. Если «забывается» рабочий штамп, то изменяются удельные доли штампуемых им белков за счет того, что штамповка некоторых белковых молекул замедляется или прекращается вовсе. Следует особо подчеркнуть, что в отличие от рассматриваемых выше случаев порчи штампов процесс их частичного «забывания» является, вообще говоря, полезным, так как именно их обуславливает необходимую специализацию клеток. Не исключено, разумеется, что какие-либо чужеродные молекулы, проникшие в клетку, могут вызывать переграммированное «забывание» штампов, что может быть эквивалентно их порче в результате изменения строения самих штампов.

Механизм программного управления процессами штамповки, как и все другие клеточные механизмы, предопределяется набором эталонных штампов (ДНК) данной клетки. Он, в частности, может задавать программно предусмотренную полную остановку процессов штамповки, вызывающую естественную смерть, резкое замедление темпов штамповки (и, как следствие, замедление обменных процессов) — естественное старение с последующей естественной смертью (но уже не в определенный, а в известной мере случайный момент времени).

Для нас сейчас особенно важно отметить, что возможна такая порча ДНК, при которой клетка может резко усилить темпы своего деления по сравнению даже с малодифференцированными клетками человеческого организма. Поскольку в специализированных клетках процессы деления замедляются, то естественно, что подобные перерожденные клетки будут гораздо менее похожими на них, чем на малодифференцированные клетки. Значит ли, что возникновение подобной перерожденной клетки непременно приведет к возникновению рака? Разумеется, нет. В самом деле, при огромном количестве комбинаторных возможностей, имеющих для случаев порчи ДНК, обязательно должна существовать ненулевая вероятность того, что интенсивный вначале процесс появления перерожденных клеток будет постепенно замедляться и даже вовсе прекратится. При этом может возникнуть определенная опухоль, однако она, как правило, не будет представлять опасности для организма. С системной точки зрения наиболее вероятно, что естественная порча штампов (в результате износа) будет либо вообще безопухолевой природы, либо будет приводить именно к этой

доброкачественной форме опухолевого заболевания (поскольку иначе, в результате порчи уже поработавший, прошедший много рабочих циклов штамп должен возродиться для новой, гораздо более интенсивной и длительной работы).

Более опасна ситуация, когда порча эталонного штампа породит программу быстрого и почти неограниченного деления клетки. Однако и в этом случае злокачественная опухоль может еще и не возникнуть. Дело в том, что на страже организма от появления и развития в нем чужеродных клеток и белков (и, по-видимому, также «чужих» ДНК и РНК) стоит мощное средство борьбы — иммунологическая система. Эта система вырабатывает и распространяет через кровеносную и лимфатическую системы по всему организму специальные клетки и специальные молекулы так называемых антител, которые уничтожают чужеродные клетки и белки. Такие фагоцитирующие клетки имеются также в пищеварительном тракте и в некоторых тканях организма.

Перерожденные в результате порчи штампов клетки подвергаются атакам со стороны иммунологической системы. И здесь решающее значение имеет то, какой процесс будет идти быстрее — процесс роста и размножения переродившихся клеток или процесс их уничтожения. Для систем рассматриваемого класса, с огромной комбинаторикой порождающей болезнетворные и защитные процессы, должны встречаться все мыслимые комбинации интенсивностей и исходов противоборства этих процессов. Поэтому одни очаги злокачественных опухолей будут уничтожаться в зародыше, тогда как другие могут разрастаться до опасных размеров.

Имунологический механизм не всемогущ: некоторые чужеродные клетки он может принимать за свои и вовсе не бороться с ними. Более того, современная теория наследственности делает такое положение закономерным. Действительно, пусть иммунологический механизм некоторого живого существа определяется набором генов, заимствованным от какого-то далекого предка. Тогда для него «своими» будут все клетки (в том числе и быстроделяющиеся малодифференцированные клетки) этого предка, хотя для данного существа они могут быть полностью чужими, если соответствующие его ткани определяются генами, заимствованными от других предков. Не исключено поэтому, что раковая опухоль у человека иногда может быть не чем иным, как совокупностью быстроделяющихся клеток ткани его далеких (даже еще не человекообразных) предков. Впрочем, достаточно естественным является предположение, что иммунологический механизм оказывается не в силах отличить чужеродные клетки и белки, просто достаточно близкие в некотором смысле к «своим» клеткам и белкам.

Итак, рак — это такая порча эталонного штампа (ДНК), которая порождает клетки, процесс размножения которых протекает достаточно долгое время более интенсивно, чем процесс уничтожения иммунологической системой организма.

Заметим, что интенсивность каждого из этих процессов, помимо их изначальной, генетической природы, определяется рядом дополнительных внешних факторов. На часть из них можно влиять. На таком влиянии и зиждется все возможные способы лечения рака (как известные, так и пока неизвестные).

Наиболее прямым и наиболее радикальным способом лечения является физическое уничтожение всех раковых клеток. Помимо широко применяющихся сегодня для этой цели методов хирургического вмешательства и лучевой терапии, возможно появление новых методов физического воздействия на опухоль, например с помощью ультразвука, вымораживания и

др. Недостатки этих методов хорошо известны. Ведь для того чтобы не было рецидивов болезни при использовании этих методов в чистом виде, необходимо удалить все раковые клетки. Поскольку техника удаления опухолей под микроскопом с точностью до одной клетки пока не разработана, для гарантии успешности операции опухоль вырезают с большим запасом. Кроме того, может оказаться, что очаги болезни уже начали развиваться в других местах, достаточно удаленных от месторасположения исходной опухоли.

Это явление, называемое метастазированием, обычно объясняют тем, что отдельные клетки раковой опухоли током крови запасаются в другие клетки ткани и, внедряясь в них, порождают рост новых переродившихся тканей. С системной точки зрения не следует также упускать из виду возможность прямого переноса (кровью и лимфой) перерожденных молекул ДНК и и-РНК с их последующим внедрением в механически поврежденные клетки или даже в здоровые клетки в моменты их деления, сопровождающиеся кратковременным нарушением целостности мембран¹⁶.

Нужно заметить, что в любом из этих случаев чужеродные клетки или нуклеиновые кислоты временно попадают в среду (кровь и лимфу), где защитные иммунные средства организма особенно сильны. Поэтому далеко не все переродившиеся клетки и штампы (ДНК и РНК), которые успешно выдерживали борьбу с иммунными силами организма в «сомкнутом опухолевом строю», в «укромных углах» организма, в удалении от магистральных дорог, занятых «иммунными войсками», могут успешно противостоять им в одиночку на этих магистралях.

Отсюда следует важный вывод: не всякая раковая опухоль способна давать метастазы. Этот, в общем-то известный из медицинской практики, вывод можно сделать эффективным союзником в хирургических методах борьбы с раком, если до операции можно будет установить, относится ли данная опухоль у данного человека к числу метастазирующих или нет¹⁷. Поиск такой возможности следует искать в эксперименте, сводящемся к извлечению из опухоли одной клетки (или даже одного ДНК- и РНК-штампа) и выдержке ее в течение предполагаемого времени транспортировки в «живой» крови или в лимфе данного человека с целью выявления ее жизнеспособности в этих условиях.

Не останавливаясь особо на дополнительных недостатках лучевой терапии (возможности порчи здоровых клеток), перейдем к химическим средствам уничтожения или хотя бы замедления развития раковых клеток. Нетрудно понять, что при огромном индивидуальном разнообразии как здоровых, так и раковых клеток (и соответствующих ДНК) вероятность нахождения вещества, безвредного для всех здоровых и губительного для всех видов раковых клеток, практически равна нулю. Это утверждение, конечно, не исключает возможности создания лекарств, относительно безвредных для здоровых клеток и способных убивать раковые клетки определенных видов. Однако, имея в виду огромную сложность объектов (белков и нуклеиновых кислот), на которые надо воздействовать, в тонкости их отличий, вряд ли можно надеяться найти такие, пусть даже частные, лекарства среди неорганических и относительно простых органических

¹⁶ Некоторые виды и-РНК, например и-РНК ряда вирусов, способны к обратному синтезу, т. е. синтезу ДНК.

¹⁷ В соответствии с приведенными выше соображениями об индивидуальном разнообразии опухолей и иммунологических систем абсолютно тождественные друг другу опухоли у одних людей могут оказаться метастазирующими, а у других — нет.

веществ. Скорее всего их следует искать в классах органических веществ того же порядка сложности, какими являются сами объекты.

Поиски эффективных химических средств лечения рака значительно облегчаются, если их применять не ко всему организму, а лишь локально — к самой опухоли (например, вводя лекарство в центр опухоли). Здесь могут оказаться действенными самые простые химические средства. Однако в этом случае мы приходим к тем же недостаткам, что и в уже рассмотренных случаях физического воздействия на опухоль, усугубляемых опасностью потери контроля над локализацией лекарства и глобального отравления всего организма или отдельных его систем.

Интересным является вопрос о возможности воздействия на опухоль через систему питания клеток, описанную выше. Ясно, что недостаток энергии (глюкозы) или строительного материала (аминокислот) будет тормозить процессы клеточного роста. К сожалению, однако, при общем голодании организма торможению может быть подвергнут в первую очередь не процесс роста раковой опухоли, а многие жизненно важные обменные процессы. Будет тормозиться деятельность иммунной системы и, следовательно, процесс уничтожения раковых клеток. Наконец, как известно, даже в условиях голодания организм обеспечивает относительно нормальное функционирование клеток наиболее жизненно важных органов (мозга, сердца и др.) за счет резервов клеток менее важных тканей. Встает вопрос, не окажутся ли с точки зрения соотвествующей системы раковые клетки более важными, чем клетки сердца или мозга?

Имея в виду практически неограниченное комбинаторное разнообразие рассматриваемых нами систем, нельзя упускать из виду возможность любого сочетания скоростей протекания всех перечисленных процессов и, следовательно, любых их исходов. В частности, возможно, что у данного конкретного человека при длительном полном голодании торможение развития опухолевых клеток будет происходить быстрее, чем ослабление иммунной системы, в результате чего опухоль (даже с метастазами) рассосется. Но может быть и прямо противоположный результат, так что голодание может только ускорить летальный исход.

Вероятность положительного исхода может быть, по всей видимости, повышена, если абсолютное голодание заменить безбелковой диетой, лишив клетки необходимого для их роста строительного материала. Возможно, что еще лучшего результата можно добиться, исключив из рациона одну или несколько незаменимых (не синтезирующихся в организме) аминокислот, процент которых в белках опухоли выше, чем в белках здоровых клеток. Однако даже и в этом случае следует считать с возможностью встретить опухоль, которая будет продолжать расти за счет материала здоровых клеток. Таким образом, и этот метод не универсален.

Более эффективным представляется метод «локального голодания», когда питательные вещества не подаются только к клеткам раковой опухоли. Этого можно добиться, например, путем блокирования соответствующих кровеносных сосудов. Однако надо иметь в виду, что такое блокирование может полностью отсечь опухоль и от воздействия иммунной системы. Возникающее в результате некротическое разложение опухоли может отравить организм ядовитыми продуктами такого разложения. Желательно поэтому разработка таких форм оперативного вмешательства, при котором лишение опухолевых клеток питания не сопровождается потерей их контакта с иммунной системой. С этой целью желательно изобрести способы, позволяющие разделять кровь на соответствующие фракции. Возможно, также удастся достигнуть требуемого эффекта путем соответствующе-

го разделения функций между кровеносной и лимфатической системами.

Наконец, один из самых перспективных, хотя, может быть, и наиболее сложных подходов к проблеме лечения рака следует искать на пути целенаправленного воздействия на иммунологическую систему с целью усиления ее избирательного воздействия на те или иные конкретные виды опухолей. Разумеется, в соответствии с неоднократно подчеркивавшимся выше взглядом на рак как на весьма сложный и разнообразный комплекс болезней нельзя надеяться на изобретение какой-либо универсальной системы противораковой вакцинации. Однако после детального изучения на молекулярном уровне опухолевой ткани и иммунологической системы данного человека можно надеяться на нахождение не только способов соответствующих узкоцеленаправленных вакцинаций, но и других тонких воздействий на иммунологическую систему. Здесь можно думать о пересадках генов в клетки тимуса (вилочковой железы) или костного мозга и других методах геной инженерии. Вершиной всех усилий, направленных на борьбу с раком, было бы овладение методикой целенаправленного воздействия на структуру ДНК в живых клетках и соответствующих методов экспресс-анализа деталей строения молекул ДНК и РНК.

О ВОЗМОЖНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ БИОСИСТЕМЫ

(Кибернетика.— 1981.— № 3)

Как и всякое материальное тело, любая биосистема способна создавать в окружающем пространстве поля той или иной физической природы. Нас в первую очередь будут интересовать здесь переменные поля, возникающие в результате наложения друг на друга колебаний, которые индуцируются большим числом источников (нейронов, белковых молекул и т. п.). Если все эти источники действуют независимо друг от друга, то по мере удаления от излучающего тела, вообще говоря, будет происходить быстрое уменьшение величины поля. Если же согласованно управлять амплитудой, фазой (а возможно, и частотой) всех источников, то в принципе можно получать направленные излучения, переносящие энергию на большие расстояния без существенного затухания (принцип фазированной антенной решетки).

Аналогичным образом, осуществляя необходимые фазовые сдвиги колебаний, принятых отдельными элементами биосистемы, и складывая их, можно выделять и усиливать слабые сигналы, пришедшие от определенной, удаленной от принимающей системы точки (принцип радиотелескопа с электрическим сканированием).

Заметим дополнительно, что распределение фаз и амплитуд сигналов, принятых распределенными в пространстве приемниками, может нести информацию о распределении фаз и амплитуд в пространстве первичных излучателей. Тем самым может осуществляться транспортировка информации слабых первичных сигналов на большие расстояния.

Указанными (хорошо известными в технике) феноменами можно в принципе объяснить многие загадочные явления парапсихологического характера, разумеется, только те, которые имеют место в природе, а не являются плодом воображения. Таким образом, особенность полей, создаваемых биосистемами, следует искать не в особой структурной организации, хорошо известных физикам (прежде всего электромагнитных).

Преимущества такого объяснения очевидны. Нелегко придумать правдоподобное объяснение, почему живая материя, состоящая, как известно, из тех же элементарных частиц (подчиняющихся тем же физическим законам), что и вся остальная материя, должна порождать какие-то особые поля неизвестной (и недоступной обычной материи) физической природы. Неудивительно поэтому, что такая точка зрения встречает дружный отпор со стороны большинства физиков. Вместе с тем идея о возможности особой структуризации известных физических полей хорошо согласуется с тем несомненным фактом, что главное отличие живой материи от неживой состоит именно в ее особой структуризации и наличии управления, которое при определенных условиях (зависящих, по-видимому, от некоторых индивидуальных особенностей его организации) может обеспечить своеобразную настройку живых тканей на направленное излучение и направленный

прием колебаний (прежде всего электромагнитной и акустической природы).

Для экспериментальной проверки высказанной гипотезы необходимы тонкие (соизмеримые с величиной излучателей) исследования структуры распределения амплитуд и фаз колебаний, излучаемых живыми тканями.

Поясним сказанное простейшими расчетами. Пусть в некотором объеме (формой, близкой к кубу), характеризуемом линейным размером l сосредоточено N равномошных точечных источников гармонических колебаний произвольной природы и произвольной частоты. Обозначим через λ среднее расстояние между двумя соседними источниками и запишем:

$$N \approx \left(\frac{l}{\lambda}\right)^3. \quad (1)$$

Пусть L — среднее расстояние от рассматриваемых источников до некоторой фиксированной точки A пространства. Среднее может быть выбрано таким образом, что отношение ρ суммарного потока энергии от всех источников, сфазированных на точку A (т. е. равнофазных A в любой данный момент времени), к потоку энергии от одного источника на расстоянии λ выразится формулой

$$\rho = \left(\frac{\lambda}{L}\right)^3 N^2 \approx \frac{l^6}{\lambda^6} \left(\frac{l}{L}\right)^3. \quad (2)$$

Заметим, что при случайном (равномерном) распределении фаз колебаний от отдельных источников при дополнительном предположении об их равномошности в точке A (что при равномошности исходных источников приближенно справедливо при больших значениях величины $\frac{L}{l}$) математическое ожидание отношения ρ имеет вид

$$m(\rho) \approx \left(\frac{\lambda}{L}\right)^3 N = \frac{l}{\lambda} \left(\frac{l}{L}\right)^3. \quad (3)$$

Назовем величину $K = \frac{l}{\lambda}$ коэффициентом линейной интеграции (КЛИ) рассматриваемого группового источника. Тогда из формул (2) и (3) следует, что в случае сфазированности колебаний объемного группового источника на точку A суммарный поток энергии в этой точке прямо пропорционален четвертой степени КЛИ, а в случае полной несфазированности — первй степени.

Заметим, что если длина волны излучателей существенно меньше λ , любое смещение от точки A на расстояние порядка нескольких длин волн (при условии, что величина отношения $\frac{L}{l}$ не очень велика) приведет практически к полной несфазированности колебаний в соответствующей точке. Иными словами, зона сфазированности вокруг точки A занимает объем, характеризующийся линейным размером δ порядка не более длины волны первичных излучателей. Именно в ней возникают усиленные колебания (т. е. усиленный подвод энергии). Это обстоятельство открывает заманчивую перспективу создания приборов для целей интроскопии и интруктивации. Первые могут найти применение в медицинской диагностике, а вторые — в лечении болезненных очагов внутри живого организма (например, для выборочного нагревания тех или иных внутренних точек, тканей или органов).

(Кибернетика. Вопросы теории и практики.—
М.: Наука, 1986)

Существует очень давняя загадка природы, которая постоянно волновала людей: как человек мыслит? Я интересовался этой проблемой еще со школьной скамьи. Читал научные книги, выходящие на пределы программы. Так вот, кибернетика дает весьма эффективный метод изучения этого процесса. Другие науки изучают мышление в основном пассивно, а кибернетика позволяет моделировать проникающие процессы. Ученые хорошо знают достоинства такого метода познания, что делает для меня эту науку наиболее привлекательной.

Проблема искусственного интеллекта, моделирование интеллектуальной деятельности — вот что интересует меня в кибернетике больше всего. К тому же, занимаясь ею, я смог удовлетворить свою тягу, с одной стороны, к математике, а с другой, — к различного рода радиозлектронным устройствам, системам автоматического управления.

И наконец, кибернетика привлекательна для меня тем, что в настоящее время она является одной из наиболее важных и перспективных наук для развития экономики, науки, техники в целом, т. е. ее отличает большая общественная значимость.

Теоретические работы в области кибернетики группируются вокруг проблем искусственного интеллекта, а также создания основ теории таких сложных систем обработки информации, как современные электронно-вычислительные машины и системы вычислительных машин. Это — и развитие прикладной математической логики, и теории алгоритмов, и проблемы распознавания образов, решение которых ведет к моделированию чувствительных восприятий человека.

Очень важны и такие прикладные направления, как техническая кибернетика, позволяющая на базе электронно-вычислительной техники осуществить действительно полную автоматизацию, создать интегральные системы управления.

Освобождение людей от утомительного физического труда за счет использования промышленных роботов — еще одна ответственная задача. Не менее важное применение находят кибернетические методы и в экономике. Самое широкое, повсеместное использование этих методов приведет к тому, что мы сможем выявить и поставить на службу социалистическому и коммунистическому строительству огромные резервы, которые содержатся в нашей экономике.

Биологическая и медицинская кибернетика благодаря комплексному моделированию организмов животных и человека оказывает помощь врачам при проведении сложных операций, при лечении больных, особенно в критических ситуациях, когда дороги минуты и секунды. Здесь же можно назвать и проблему охраны окружающей среды, которая ныне стоит очень остро в связи с бурным развитием промышленности и сопутствующим этому процессу загрязнением атмосферы, водной среды.

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ РАБОТ АКАДЕМИКА
АН СССР В. М. ГЛУШКОВА

1950

1. О нормализаторе полной подгруппы в полной группе с возрастающим центральным рядом // Успехи мат. наук.— 5, № 2/36.— С. 204.
2. О нормализаторах полных подгрупп в полной группе // Докл. АН СССР.— 71, № 3.— С. 421—424.
3. К теории ZA -групп // Там же.— 74, № 5.— С. 885—889.

1951

4. О локально нильпотентных группах без кручения // Докл. АН СССР.— 80, № 2.— С. 157—160.
5. Локально нильпотентные группы без кручения с условиями обрыва некоторых цепей подгрупп // Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук.— Свердловск, 127 с.

1952

6. О центральных рядах бесконечных групп // Мат. сб.— 31, № 3.— С. 491—496.
7. О некоторых вопросах теории нильпотентных и локально нильпотентных групп без кручения // Там же.— 30, № 1.— С. 79—104.

1954

8. Нильпотентные локально бикомпактные группы // Успехи мат. наук.— 9, № 3.— С. 230—231.
- 9/10. Об одном классе некоммутативных локально бикомпактных групп // Докл. АН СССР.— 96, № 2.— С. 229—232.

1955

11. Локально нильпотентные локально бикомпактные группы // Тр. Моск. мат. о-ва.— 4.— С. 291—332.
12. Локально нильпотентные группы без кручения, полные над простыми топологическими полями // Мат. сб.— 37, № 3.— С. 477—506.
13. Точные треугольные представления Z -алгебр Ли // Докл. АН СССР.— 100, № 4.— С. 617—620.
14. Топологические локально нильпотентные группы // Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук.— Москва, 245 с.
15. О некоторых классах групп, полных над топологическими полями // Успехи мат. наук.— 10, № 3.— С. 187—188.

1956

16. Нильпотентные произведения топологических групп // Успехи мат. наук.— 11, № 3.— С. 119—123.
17. Локально бикомпактные группы с условием минимальности для замкнутых подгрупп // Укр. мат. ж.— 8, № 2.— С. 135—139.
18. К теории нильпотентных локально бикомпактных групп // Изв. АН СССР. Сер. мат.— 20.— С. 513—546.
19. Топологические группы и алгебры Ли (резюме доклада) // Тр. 3-го Всесоюз. съезда — М.: Изд-во АН СССР.— 2.— С. 112.

1957

- 20/21. Строение локально бикомпактных групп и пятая проблема Гильберта // Успехи мат. наук.— 12, № 2.— С. 3—41.

22. Алгебры Ли локально бикомпактных групп // Там же.— 12, вып. 2.— С. 137—142.
23. Zusammenhängende lokal kompakte Gruppen in Grossen // Dokl. na matem. sjezde.— Drezden.— 10 st.
24. О некоторых задачах вычислительной техники и связанных с ними задачах математики // Укр. мат. ж.— 9, № 4.— С. 369—376.
25. Електронні цифрові машини // Вісник АН УРСР.— № 8.— С. 3—10.— Соавт. Гведенко В. В.

1958

26. Александр Геннадиевич Курош // Успехи мат. наук.— 13, № 1.— С. 217—224.— Соавт. Александров П. С.

1959

27. Будущее электронных вычислительных машин // Вестн. противоздуш. обороны.— № 9.— С. 61—66.
28. О строении связанных локально бикомпактных групп // Мат. сб.— 48, № 1.— С. 75—92.
29. К теории специальных локально компактных групп // Укр. мат. ж.— 11, № 4.— С. 347—351.
30. Об одном методе автоматизации программирования // Пробл. кибернетики.— № 2.— С. 181—184.
31. Общая алгебра // Математика в СССР за 40 лет.— С. 151—200.— Соавт. А. Г. Курош.
32. К теории абстрактных автоматов // Тез. докл. Всесоюз. конф. по вычисл. мат. и вычисл. техн.— М.— 10 с.
33. Некоторые проблемы строения некоммутативных локально компактных групп в целом // Тез. докл. II Всесоюз. тополог. конф.— Тбилиси.— С. 14.
34. Автоматизированная комплексная территориально-отраслевая система планирования (АКТОПС).— Киев.— 87 с.— (Препр./ ИК АН УССР; 78—67).
35. Електронні обчислювальні машини та кібернетика.— Киев: Рад. шк., № 9.— С. 76—83.
36. Auswahlverfahren der Linearer Limitierung // Math. 67.— P. 320—331.— Math. Revs.— 20, N 2.
37. Современные электронные вычислительные машины — основа автоматизации производственных процессов // Материалы конф. по разв. производит. сил Киев. экон. р-на.— Киев.— С. 63—73.

1960

38. Запоминающие устройства электронных цифровых вычислительных машин // Автоматика.— № 5.— С. 22—32.— Соавт.: Пилькевич Л. А., Деркач В. П.
39. Керуючі машини автоматизованого виробництва.— К.: Знання.— 39 с.
40. Некоторые вопросы теории конечных автоматов // II науч. конф. по вычисл. мат. и вычисл. техн.— Киев.— 8 с.
41. Исследование переходных процессов в триггере с помощью электронной вычислительной машины // Тр. Всесоюз. конф. по переход. процессам в нелинейных цепях.— Ташкент.— С. 95—110.— Соавт. Войтова Е. Л.
42. О работах Вычислительного центра АН УССР // Материалы науч.-техн. конф. «Новые разработки в области вычисл. мат. в вычисл. техн.»— Киев.— С. 5—12.
43. Алгебра // УРЭ.— 1.— С. 157—158.
44. Об информационных возможностях современных ЭВМ // Изв. ВУЗов. Электро-механика.— № 7.— С. 3—8.
45. Способ контроля и регулирования конверторного сталеплавильного производства // Бюлл. изобр. № 1.— 2 с.— Соавт.: Никитин А. И. и др.
46. Цифровая автоматическая машина «Киев» // Материалы науч.-техн. конф. «Новые разработки в области вычисл. мат. в вычисл. техн.», Киев.— С. 13—31.— Соавт.: Дашевский Л. Н., Кондалев А. И., Погребнянский С. Б., Шкабара Е. А., Ющенко Е. Л.
47. О синтезе конечных автоматов // II Венг. мат. конгр.— Будапешт.— 12 с.
48. Об одном алгоритме синтеза абстрактных автоматов // Укр. мат. ж.— 12, № 2.— С. 147—156.
49. Об одном общем аспекте кибернетики.— Киев: Изд-во Мин-ва высш. образования УССР.— С. 3—17.
50. Об одном методе анализа абстрактных автоматов // Докл. АН УССР.— № 9.— С. 1151—1154.

51. Проблема вычислительной техники и вычислительной математики // Тр. конф. «Вопр. вычисл. техн.— Киев.— С. 5—13.
52. Обработка значений параметров бессемеровской плавки на электронной цифровой машине // Автоматика и приборостроение.— № 2.— С. 24—27.— Соавт. Никитин А. И.
53. О надежности дискретных автоматов // Тр. VI Всесоюз. совещ. по теории вероят. в мат. статистике.— Вильнюс.— С. 209—210. Соавт.: Михалевиц В. С., Ковалевский В. А.
54. Использование электронных вычислительных машин для автоматизации бессемеровского процесса // Автоматика и телемеханика.— № 6.— С. 877—883.— Соавт. Дашевский Л. Н., Никитин А. И.
55. Structure of locally bicomact groups and Hilbert's fifth problem // Uspekhi Mat. Nauk.— 12, N 2 (74).— P. 3—41.— Math. Reviews.— 21, N 2.
56. Lie algebras of lokally bicomact groups // Ibid.— P. 137—142.
57. The Structure of locally Compact Groups and Hilbert's Fifth Problem // Amer. Math. transl.— 15.— P. 55—93.

1961

58. Абстрактная теория автоматов // Успехи мат. наук.— 16, № 5.— С. 3—62.
59. Некоторые проблемы синтеза цифровых автоматов // Ж. вычисл. мат. и мат. физ.— № 3.— С. 371—411.
60. Математичні параметри універсальної цифрової машини «Київ» // Зб. праць з обчисл. мат. і техн. Ч. II. Київ.— С. 5—7.— Співавт.: Гвиденко В. В., Ющенко Е. Л.
61. Теория алгоритмов.— Киев: Изд-во КВИРТУ.— 167 с.
62. Одноактный импульсный сумматор накопительного типа // Зб. праць з обчисл. мат. і техн. Ч. II.— Київ.— 38 с.
63. Кибернетика // УРЭ.— 6.— С. 412—413.
64. Электронные вычислительные машины и их значение для развития народного хозяйства // Кибернетика из транспорте.— Киев : Изд-во РДНТП.— С. 3—20.— Соавт. Михалевиц В. С.
65. Трубка с последовательным раздвоенем луча // Приборостроение.— № 1.— С. 1—3.— Соавт. Деркач В. П.
66. А. с. 142716. Способ последовательного раздвоения луча для сканирования элементов раstra электронолучевого устройства / Деркач В. П.— № 652067/26* Заявл. 25.01.60; Опубл. 1961, Бюл. № 22.
67. Абстрактные автоматы и разбиение свободных полугрупп // Докл. АН СССР.— 136, № 4.— С. 765—768.
68. Основы математической логики. Курс лекций // Науч.-техн. сем. «Мат. аппарат кибернетики».— Киев : Изд-во КДНТП.— 370 с.
69. Подросток станет великаном. Вычислительная техника в народном хозяйстве // Известия, 27 декабря.
70. Use of electronic computers for Besser-process automatin // Math. Reviews.— 22, N 9.
71. One method of automatic programming // JPRS.— N 2243.— P. 1—7 (USA).
72. Use of elektronik computers for Bessemer-process automation // Avtomat. i Telemech.— 1960.— 21.— P. 877—883. (Russ. and Engl. summ.) translated as Automata Remote Control.— 21.— P. 817—821.— Math. Reviews.— 22, N 9.— Coabt.: Dashevsky L. N. Nikitin A. I.
73. On a method of analysis of abstract automata (Ukrain., Russ. and Engl. summaries) // Dopovidi Acad. Nauk Ukr. SSR.— P. 1151—1154.— Math. Reviews.— 23, N 2.

1962

74. Вычислительная машина «Київ».— Киев : Гостехиздат.— 11.— 181 с. Соавт.: Ющенко Е. Л.
75. Вычислительные машины и автоматизация управления производством // Вестн. АН СССР.— № 4.— С. 86—90.
76. Синтез цифровых автоматов.— М. : Физматгиз.— 24.— 476 с.
77. Управляющая машина широкого назначения УМШН // Удост. о регистр. комитета по делам изобр. и откp. № 30832.— Соавт. Малиновский Б. Н.
78. Универсальная установка для исследования алгоритмов распознавания изображений // Принципы построения самообуч. систем. Киев.— С. 63—72.— Соавт. Ковалевский В. А., Рыбак В. И.
79. Алгоритмы обучения машины распознаванию простейших геометрических фигур // Там же.— С. 5—18.

80. Алгоритмы распознавания осмысленных предложений // Там же.— С. 19—26.— Соавт.: Грищенко Н. М., Стогний А. А.
81. Введение в теорию самосовершенствующихся систем.— Киев: Изд-во КВИРТУ.— 109 с.
82. К вопросу о самообучении в перцептронх // Ж. вычисл. мат. и мат. физ.— № 6.— С. 1102—1110.
83. Проблемы синтеза цифровых автоматов // Тез. докл. Междунар. симп. по теории релейных устройств и конечн. автоматов.— М.— С. 24—25.
84. О некоторых аспектах, определяющих перспективы развития кибернетики // Автоматика.— № 3.— С. 87—90.
85. Новые принципы построения односторонней памяти для ЭВМ // Автоматика и приборостроение.— № 1.— С. 26—29.— Соавт. Деркач В. П.
86. О быстродействии трубок с последовательным раздвоением луча // Укр. физ. ж.— 7, № 12.— С. 1280—1284.— Соавт. Деркач В. П.
87. Использование в народном хозяйстве вычислительной техники и эффективность ее внедрения.— Киев: Изд-во ВИНТИ.— С. 3—8.
88. Теория автоматов.— Киев: Изд-во РДНТП.— Вып. 11.
89. Самоорганизующиеся системы и абстрактная теория автоматов // Ж. вычисл. мат. и мат. физ.— № 3.— С. 459—466.
90. Теория обучения одного класса дискретных перцептронх // Там же.— № 2.— С. 317—335.
91. Кибернетика, прогресс, будущее // Литературная газета, 25 сентября.
92. У світі кібернетики // Наука і життя.— № 5.— С. 17.
93. «Разумные машины» и умственная деятельность человека.— Киев: Рад. шк.— № 2.— С. 87—91.
94. Автоматизация производственных процессов с применением средств вычислительной техники // Материалы науч.-техн. совещ.— М.: Изд-во ЦВТИ.— С. 206.— Соавт. Малиновский Б. П.
95. К вопросу о самоорганизации в перцептронх // Автоматизация мыслительных процессов.— Киев: Изд-во РДНТП.— Вып. 1.— 13 с.
96. Мышление и кибернетика // Известия, 4 июля.
97. Abstracts Automata and the Subdivision of free Semigroups // JPRS.— N 9284.— P. 1—8.
98. On the structure of connected locally bicomact groups (Russ.) // Math. Sb. (N. S.) 48.— 1959.— P. 75—91.— Math. Reviews.— 23, N 2.
99. Theoria abstracta a Automatalor // Analeta Romino sovietice.— N 2 (41).— P. 8—61.
100. On asingle Algorithms for Abstract Automata // JPRS.— N 7355.— P. 1—15.
101. On the optimal dimensions of operative memory units og electronic computers (Ukr., Russ. and Engl. summariers) // Dopovidi Acad. Nauk Ukr. SSR.— 1960.— P. 571—575.— Math. Reviews.— 23, N 2.
102. Information capabilities of modern elektronik computers // JPRS.— N 6598.— P. 1—6.
103. Certain Questions of the Theory of Machine Self-learning // Proc. IFIP Congr.— Munich.— P. 480—481.
104. Use of elektronik computers for Bessemer-process automation // Instrum. soc. America.— P. 1—5.
105. Cybernetics and production control // The Daily Review.— 8, N 258.
106. Some results of the problem of mentality processes modeling with computer // Curr. Res. and Develop. Sci. Doc.— N 10.
107. On an algorithm of abstract automata (Russ. and Engl. summ.) // Ukr. Math. Z. 12 (1960).— P. 147—156.— Math. Reviews.— 24, N 6.
108. Some problems of (systems) synthesis for automatic digital machines // JPRS.— N 11911.— P. 1—51.

1963

109. О некоторых перспективах развития и применения обучающих машин // Изв. ВУЗов, Радиотехника.— 6, № 4.— С. 365—373.
110. К вопросу о программированном обучении программированию на ЭВМ // Вопросы программированного обучения и обучающих машин.— Киев.— С. 21—52.— Соавт.: Довгялло А. М., Семик В. П., Ющенко Е. Л.
111. О новых направлениях в алгебраической теории автоматов // Докл. на V Всесоюз. коллокви. по общ. алгебре.— Новосибирск.— 25 с.— Соавт., Бондарчук В. Г.
112. Обучение в дискретных перцептронх // Докл. на II Всесоюз. симп. по теориям самоорганиз. систем.— Киев.— 18 с.

113. Некоторые вопросы теории самоорганизующихся систем // Докл. на общ. собр. АН УССР, 26.02.63.— Киев.— 20 с.
114. ЭЦМ «Промінь» // Материалы науч. сем. по теор. и прикл. вопр. киберн., Киев.— № 6.— С. 3—51.— Соавт. Погребинский С. Б.
115. Об использовании ЭЦМ для решения задач оптимального проектирования // Применение ЭЦМ в транспортном стр-ве.— Москва.— С. 7.
116. Теория распознавания образов и обучающихся систем // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика.— № 5.— С. 98—101.— Соавт.: Браверман Э. М., Ковалевский В. А., Летичевский А. А.
117. Abstract Theory of Automata // Cleaver-Hume Press Ltd. USA.
118. Theorie der Abstracten Automaten // Veb Deutscher Verlag der Wissenschaften.— P. 3—100.
119. Theory of Instruction for one Class of Discrete perceptrons // JPRS.— N 13725.— P. 1—26.
120. Self-organizing Systems and Abstract theory of Computers // Ibid.— N 14624.— P. 1—16.
121. Cybernetics: a powerful factor in scientific technical progress // Ibid.— N 17077.— P. 1—10.
122. Denken und Kybernetik // Gesellschafts-Wissenschaft Beitrage.— N 5.— P. 541—555.
123. Thought and Cybernetics // JPRS.— N 18302.— P. 1—17.
124. Some questions that determine the development of cybernetics // Ibid.— N 17688.— P. 1—7.
125. The use of cybernetic in production control // Ibid.— N 16356.
126. Прокладывать тропы в незнаемое // Известия, 19 октября.
127. Тридцать тысяч лет или три месяца // Литературная газета, 17 декабря.
128. Філософія + фізика // Вітчизна.— № 3.— С. 171—179.— Співавт.: Ахієзер О. І., Кошпів П. В.
129. Машини вчитися // Наука і життя.— № 5.— С. 6—9.
130. Моделирование мыслительных процессов // Природа.— № 2.— С. 3—13.
131. Мышление и кибернетика // Вопр. философии.— № 1.— С. 36—48.
132. Универсальный алгоритмический язык АЛГОЛ-60 // Материалы сем. по теор. и прикл. вопр. киберн.— Киев.— Вып. 2.— С. 3—45.
133. Электронная цифровая машина для инженерных расчетов «Промінь» // Удост. о регистр. комитета по делам изобр. и откр. № 33748.— Соавт. Погребинский С. Б.
134. Экономика и кибернетика // Вестн. АН СССР.— № 10.— С. 11—13.
135. О некоторых проблемах кибернетики // Пробл. истории науки и техн.— Киев : С. 10—17.
136. Гносеологическая природа информационного моделирования // Вопр. философии.— № 10.— С. 3—18.
137. Самоорганизация и самонастройка, методы решения сложных вариационных задач // Материалы науч. семин. по теор. и прикл. вопр. киберн.— Киев : Изд-во КДНТП.— 22 с.
138. Сегодня и завтра электронных машин // Наука и человечество.— 2.— С. 466—479.
139. Кибернетика и управление производством // Возможное и невозможное в кибернетике.— М. : Изд-во АН СССР.— С. 198—203.
140. Молода, всюдисупа, могутя // Знання та праця.— № 1.— С. 3—4.
141. Алгебраическая теория автоматов // Тр. IV Всесоюз. мат. съезда.— Л. : Наука.— 1.— С. 85.

1964

142. Некоторые математические проблемы теории обучающихся автоматов // Тр. IV Всесоюз. мат. съезде.— Л. : Наука.— 11.— С. 587—594.
143. О применении абстрактной теории автоматов для минимизации микропрограмм // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика.— № 1.— С. 3—8.
144. Введение в кибернетику.— Киев : Изд-во АН УССР.— 324 с.
145. Распознавание образов в бионике // Тр. Всесоюз. конф. по бионике.— М.— 11 с.
146. Система автоматического управления бессемеровского конвертора с применением цифровой управляющей машины // Вычислительная техника для автоматизации производства.— М. : Машиностроение.— С. 205—212.
147. Проблемы широкого внедрения вычислительной техники в народное хозяйство // Вопр. экономики.— № 7.— С. 87—92.— Соавт. Федоренко Н. П.

148. Теория автоматов и некоторые ее приложения // Вестн. АН СССР.— № 7.— С. 25—30.
149. Науки кроки сажени // Вечірній Київ, 17 жовтня.
150. О кибернетике как науке // Кибернетика, мышление, жизнь.— М. : Мысль.— С. 53—62.
151. О некоторых проблемах кибернетики // Известия, 5 сентября.— Соввт.— Дородниции А. А., Федоренко П. П.
152. Про кібернетику як науку // Наука і життя.— № 10.— С. 12—14.
153. Прокладываю новые тропы // Известия, 22 января.
154. Что такое кибернетика? // Неделя, 8—14 ноября.
155. Кибернетика и управление строительством // Известия, 8 июля.— Соввт. : Михалевич В. С. и др.
156. Кибернетика и педагогика (О некоторых перспективах развития и применения обучающих машин) // Наука и жизнь.— № 1.— С. 16—24.
157. Вычислительную технику в управление народным хозяйством // Правда, 12 июля.
158. Математика и электроника — друзья экономиста. Сетевые графики в действии // Экономическая газета, 2 декабря.
159. Теория автоматов и вопросы оптимизации логических структур ЭВМ // Вестн. АН СССР.
160. Система автоматического управления поавалкой бессемеровского конвертора с применением цифровой управляющей машины // Сб. тр. III Всесоюз. совещ. по примен. вычисл. техн. в промышленности.— М.— 20 с.
161. Кибернетика працює на комунізм // Радянська Україна, 3 жовтня.
162. A speedy operational model? // USSR.— N 9.
163. Panel of numerical control // Comput. Revs.— 5, N 5.— P. 62—93.
164. Cybernetics and management of production // Ibid.— N 3.
165. Problems in the synthesis of digital automata // Translated proceedings Relay Systems and Finite Automata.— Burroughs Corporation.— P. 245—220.
166. The Modeling of the Thought Processes // JPRS.— N 18873.— P. 1—19.
167. Die gnoseologische Natur der Informations modellierung // Gesellschafts-Wissenschaft Beiträge.— N 3.— P. 310—315.
168. Cybernetics, a major factor in scientific and technical progress // Kommunist Ukrainy.— 1962.— N 7.— P. 44—50. Comput. Revs.— 5, N 5.— P. 6149.
169. Wirtschaftsplanung und Kybernetik // Gesellschafts.— Wissenschaft Beiträge.— N 2.— P. 134—137.
170. Symposium on artificial intelligence // Proc. IFIP Congr.— 62.— München, 1962.— P. 478—484. North Holland Co., Amsterdam, Holland-comput.— Revs.— 5.— 6255 p.
171. Panel on numerical control // Ibid.— P. 258—264.— Ibid.— 6293 p.

1965

172. Гносеологические основы математизации науки.— Киев : Наук. думка.— 25 с.
173. Алгоритмическая система для автоматизации синтеза цифровых автоматов // Синтез релейных структур / Тр. Междунар. симп. по теории релейных устройств я конечных автоматов, (ИФАК).— М. : Наука.— С. 342.
174. Проблемы синтеза цифровых автоматов // Теория конечных и вероятностных автоматов / Тр. междунар. симп. (ИФАК).— М. : Наука.— С. 67.
175. Вопросы автоматизации синтеза логических устройств. Расширенные тезисы доклада // Тр. Пражского симп. по автомат. обраб. информ. (Октябрь 1964 г.)— М. : Наука.
176. Входной язык вычислительной машины // Кибернетика.— № 1.— С. 74—83.
177. О гносеологических основах математизации наук // Материалы совещ. по соврем. пробл. материал. диалектики.— № 1.— С. 3—12.
178. Кибернетика в рабочем строю // Робітнича газета, 7 мая.
179. Кибернетика и умственный труд.— М. : Знание.— 46 с.
180. Кібернетика і розумова праця.— Київ : Знання.— 50 с.
181. Теория автоматов и вопросы проектирования структур цифровых машин // Кибернетика.— № 1.— С. 3—12.
182. Теория автоматов и формальные преобразования микропрограмм // Там же.— № 5.— С. 1—10.
183. О развитии алгоритмических структур вычислительных машин в направлении сближения машинных и проблемно-ориентированных языков // Тр. Пражского симпоз. по автомат. обраб. информ. (Октябрь 1964).— М. : Наука.
184. Кибернетика «в рабочей спецовке» // Пива.— № 2—3.— С. 56—59.
185. Теория автоматов // Наука і життя.— № 5.— С. 9—12.

186. Выступление // Экономисты и математики за круглым столом.— М.: Экономика.— С. 129—133.
187. Наукам — вірна подруга // Молодь України, 18 червень.
188. Кибернетика и горхохозяйство // Ленинградская правда, 29 декабря.
189. Электронные вычислительные машины и будущее математики // Наука и жизнь. № 6.— С. 2—6.
190. Современные проблемы кибернетики // АПИ для газет «Борьба» и «Скыптея» (Югославия, Румыния).
191. Кибернетика в спецовке // Комсомольская правда, 3 апреля.
192. Логика и кибернетика // Логика и методология науки / IV Всесоюз. симпозиум. (Киев, июнь 1965).— М.: Наука.— С. 5—8.
193. Распознавание образов в бионике // Бионика.— М.: Наука.— С. 13—17.
194. Система автоматического управления повалкой бессемеровского конвертора с применением цифровой управляющей машины // Сб. тр. III Всесоюз. совещ. по примеv. вычисл. техн. в пром-ств.— М.— 20 с.
195. Teaching theory of one class of Perceptrons // Intern. I. comput. math.— 1, N 3.— P. 199—220.
196. Über die genealogischen Grundlagen der Mathematisierung der Wissenschaften // Sovietwissenschaft / Gesellschaftswiss.— Beiträge. N 3.
197. The problems of Self-Organizing Perceptrons // Intern. I. comput. math.— 1, N 4.— P. 239—250.
198. Automata theory and its applications // Proc IFIP congr.—London.— 1, N 1.
- 1966
199. Слово о кибернетике // Экономическая газета, 12 июля.
200. Наукові проблеми програмованого навчання та шляхи їх розробки // Радянська школа, № 6 (педагогіка і кібернетика).— Соавт.: Костюк Г. Е., Балл Г. О., Довгядло О. М., Машбиц Ю. И., Ющенко Е. Л.
201. Язык для описания алгоритмических структур вычислительных машин в устройствах // Семинар «Теория автоматов».— Киев: ИК АН УССР.— 19 с.— Соавт. Лещевский А. А.
202. Научные проблемы программирования обучения и пути их разработки // Семинар «Программированное обучение и обучающие машины».— 32 с.— Соавт.: Костюк Г. С., Балл Г. А., Довгядло А. М., Машбиц Е. И., Ющенко Е. Л.
203. Алгебра (очерк развития алгебры на Украине за пятидесятилетие 1917—1967) // УРЭ.— 1.— С. 157—158.— Соавт. Черныков С. Н.
204. К вопросу о минимизации микропрограмм и схем алгоритмов // Кибернетика.— № 5.— С. 1—8.
205. Перспективы использования вычислительной техники // Наука и жизнь.— № 11.— С. 16—24.
206. Электронные вычислительные машины и технический прогресс // Тез. докл. на конф. «Наука и общество» (Югославия, 19.04.66).
207. О гистологических основах математизации наук // Дialectика и логика научного познания.— М.: Наука.— С. 406—412.
208. Кибернетика в теорії і на практиці // Наука і культура, 1966.— Київ: Знання.— С. 37—49.
209. Электронные машины и автоматизация умственного труда // Будущее науки.— М.: Знание.— С. 131—149.
210. О некоторых направлениях развития алгоритмических структур вычислительных машин // Кибернетику на службу коммунизму.— Т. 3.— М.— С. 173—182.
211. Международная конференция «Наука и общество» // Вестн. АН СССР.— № 11.— С. 54—55.
212. Стройка — надежный компас // Правда, 10 января.— Соавт.: Михалевич В. С. и др.
213. Управляющая машина «Днепр» // УРЭ (дополн. мат.).— С. 5.— Соавт. Малиновский Б. Н.
214. Мышление и кибернетика.— М.: Знание, библиотечка философских проблем техники.— 32 с.
215. Искусство управления и машины // Известия, 10 июля.
216. Роботы приходят на помощь // Труд, 25 мая.
217. Наука ускорения // Правда Украины, 29 марта.
218. Электронную вычислительную технику на службу народному хозяйству // Радянська Україна, 9 апреля.
219. Об одной методике проектирования устройств вычислительных машин // Тр. конф., Новосибирск.
220. Introduction to cybernetics.— N.— Y.: Academic press 1, 322 p.

221. Mišljenje i kybernetika // Dialektika.— N 3.— P. 5.—20.
 222. Az automaták absztrakt, elme lete (I) // Magyar tudományos akadémia. II. (Matem és fizikai).— 13.— P. 288—309.
 223. Contemporary cybernetics // ILIFFE.— London: — Books Ltd.
 224. Problemi široke primene računske tehnike u privredi // Primena matematičkog programiranja i elektronskih računara u planiranju (4 Beograd. Mart.).— Jugoslavenski institut za ekonomska istraživanja.— COABT. : N. Fedorenko
 225. Algebraic aspects of design of microprogramming automata on formal transformation on algorithms.— Moscow.
 226. Pri Kormidle Kybernetika // Technicke Novenu.— Bratislava, 17 maja.

1967

227. Стратегические проблемы кибернетики // Техника — молодежи.— № 7.— С. 1—2.
 228. Во имя раскованного интеллекта // Техника — молодежи.— № 10.— С. 30—31.
 229. Наука крыла дужи // Вечірній Київ, 23 грудня.
 230. Гносеологически основы математизацията на науките // Физ.— мат. списание.— 10, № 1.— С. 42—54.
 231. Стратегічні проблеми кибернетики // Вечірній Київ, 20 липня.
 232. Перспективы использования автоматизированных систем управления в народном хозяйстве // Механизация и автоматизация управления.— № 2.— С. 12—15.
 233. Пирамиды и роботы // Огонек.— № 5.— С. 1—3.
 234. Юрий Алексеевич Митропольский (к 50-летию со дня рождения) // УМЖ, 19, № 1.— С. 3—8.
 235. Вопросы развития структур ЦВМ в связи с системами их математического обеспечения // Кибернетика.— № 5.— С. 15—28.— Соавт.: Погребинский С. Б., Рабинович З. Л., Стогний А. А.
 236. Об автоматизации изготовления микросхем // Механизация и автоматизация.— № 5.— Соавт.: Деркач В. П.
 237. Логика в кибернетике // Логика и методология науки / IV Всесоюз. симпоз. (Киев. июль 1965 г.)— М.: Наука.— С. 5—8.
 238. Перспективы автоматизации проектирования электронных вычислительных машин // Вестн. АН СССР.— № 4.— С. 22—26.
 239. Об автоматизации проектирования вычислительных машин // Кибернетика.— № 5.— С. 2—14.— Соавт.: Капитанова Ю. В., Летичевский А. А.
 240. Логия экономики / Известия, 17 августа.
 241. Будущее кибернетики // Правда, 26 декабря.
 242. Погляд у завтра // Україна, № 37.
 243. Твій друг кибернетика // Радянська Україна, 12 вересня.
 244. Большие системы // Правда, 4 мая.
 245. Кибернетика. XXI век // Правда, 31 декабря.
 246. Machine Designs machines // Machine Building industry.— 6, № 4.
 247/248. Systemes logiques // Systemes sequentiels par J.—P. Perrin., M. Denouette., E. Daclin. Paris, Dunod.— P. 31—45.

1968

249. Об определяющих соотношениях в двухсумматорном операционном устройстве // Кибернетика.— № 1.— С. 89.
 250. О простых алгоритмах синтеза и анализа магазинных автоматов // Кибернетика.— № 5.— С. 1—9.
 251. Об одной системе автоматического управления процессами управления изготовления микросхем // Тез. докл. на IV Всес. совещ. по автоматическому управлению.— Тбилиси.— Кн. II.— 3 с.— Соавт.: Деркач В. П., Макаров Г. Т.
 252. АНАЛИТИК (Язык для описания вычислительных процессов с применением аналитических преобразований) // Тр. сем. «Теория автоматов и методы формального синтеза вычислительных машин и систем».— № 1.— 106 с.
 253. Некоторые проблемы теории автоматов и искусственного интеллекта // Тр. сем. «Теория автоматов и методы формализованного синтеза вычислительных машин и систем».— № 6.— 31 с.
 254. О полноте систем операций в электронных вычислительных машинах // Кибернетика.— № 2.— С. 1—5.
 255. На службе технического прогресса // Техника и вооружение.— № 9.— С. 24—25.
 256. Основные проблемы использования вычислительной техники в учебном процессе // Радянська школа.— № 11.— С. 34—42; № 12.— С. 3—6.— Соавт.: Довгялло А. М., Мамбиц Е. Н., Юценко Е. Л.

257. Теория дискретных преобразователей // Тез. докл. на IX Всесоюз. коллоквиум по общ. алгебре.— Соавт. Летишевский А. А.
258. О предсказании на основе экспертных оценок.— Киев: ИК АН УССР.— 8 с.
259. О наборе программ для решения систем линейных алгебраических уравнений на машинах серии МИР // Кибернетика.— № 6.— С. 1—6.— Соавт.: Молчаев И. П., Николенко Л. Д.
260. Автоматизированные системы управления в народном хозяйстве // Проблемы научной организации управления социалистической промышленностью / Материалы Всесоюз. науч.-техн. конф.— М.: Экономика.— С. 383—394.
261. Теория автоматов и программирование // I Всесоюз. конф. по программированию. Плехарные докл.— Киев.— С. 3—19.— Соавт. Летишевский А. А.
262. Піввікові підсумки розвитку фізико-технічних наук в УРСР // Вісник АН УРСР.— № 3.— Сер. А.— С. 213—223.
263. Кибернетика и управление экономикой // Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная.— М.: Наука.— С. 143—151.
264. А. с. 208353. Вычислительная машина со структурной интерпретацией входного алгоритмического языка / Погребинский С. Б. и др.— № 1078229; Заявл. 2.05.66; Заяв. 16.10.67.
265. Автоматно-алгебраические аспекты оптимизация микропрограммных управляющих устройств // Тр. междунар. конгр. математиков.— М.: Мир.— С. 595—602.
266. Принципы проектирования современных систем обработки данных и информационно-справочных систем // Шифры. материалы.— М.: № 8.— С. 40—50.
267. Кибернетика завтрашнього дня // Вечірній Київ, 30 серпня.
268. Научный прогноз // Известия, 14 мая.— Соавт.: Добров Г. М.
269. Как вооружить педагогикку? // Учительская газета, 22 июня.
270. Кибернетика в сельском хозяйстве // Сельская жизнь, 8 мая.
271. Совершен конструктора // Неделя, № 30.
272. Лучше применять ЭВМ в народном хозяйстве // Труд, 2 октября.
273. Электронный «мозок» просить роботи // Вечірній Київ, 19 квітня.— Соавт. Сергеевко П. В.
274. Что даст «всезайка» // Комсомольская правда, 15 мая.
275. Электропная техника управления // Труд, 11 июля.
276. Кибернетика стучится в 2000-й // Экономическая газета, № 2, январь.
277. Будущее за кибернетикой // Промышленность Армении.— № 12.— С. 42—45.
278. Кибернетика в строю наступающих // Правда Украины, 6 марта.
279. Математические методы и техника в биологии, медицине, здравоохранении // Докл. на семина. по биокрибернетике (Югославия, Дубровник).— 19 с.— Соавт. Шкурба В. В.
280. Машина аступає до аузу // Вечірній Київ, 8 листопада.
281. Кроки кибернетики // Радянська Україна, 22 грудня.
282. Theory of algorithms and discrete processors // Plenum Publishing Corp.— Соавт. Letichevsky A. A.
283. Cybernetics and Mathematics // Science in progress: Novosti press agency.— N 8.— P. 1—10.
284. Kybernetik und Mathematik — Die ideen des exacten wissens // Monatsbericht der preseagentur nowosti.— N 8.— P. 1—10.
285. Synteza automatow cyfrowych.— Warszawa.— 348 с.
286. Sinteza cifarskih automata.— Beograd: Zavod za izdavanje u dzbenika socijalistichke republikae srlje.— 256 s.

1969

287. Проблемы и перспективы надежного синтеза цифровых автоматов // Надежный синтез цифровых автоматов / Респ. сем. (Тез. докл.).— Киев: ИК АН УССР.— С. 3—4.
288. Кибернетика і обчислювальна техніка на Україні та її застосування в народному господарстві // Вісник АН УРСР.— № 3.— С. 23—34.
289. Основные принципы построения автоматизированных систем управления.— М., 43 с.
290. СЛЭНГ — система программирования для моделирования дискретных систем.— Киев: ИК АН УССР.— 413 с.
291. Автоматизированное управление производством — необходимость и реальность // Механизация и автоматизация управления.— № 3.— С. 2—3.— Соавт. Петровский С. О.
292. Гносеологічні основи математизації науки // Філософська думка.— № 1.— С. 28—38.

293. Флагман вычислительной техники // Известия, 16 сентября.— Соавт.: Лаврентьев М., Марчук Г.
294. Вычислительная техника и технический прогресс // Научно-технич. прогресс в промышленности Донбасса.— Донецк : Донбасс.— С. 54—67.
295. О прогнозировании на основе экспертных оценок // Кибернетика.— № 2.— С. 2—14.
296. Кибернетизация управления неизбежна и насущна // Изобретатель и рационализатор.— № 4.— С. 2—4.
297. Начала оптимизма // Смена, № 21.
298. Ускоритель прогресса // Огонек, № 39.
299. Проблемы управления научно-техническим прогрессом // Радянська Україна, 16 листопада.
300. Современные проблемы научного управления.— Киев : Изд-во ИК АН УССР.— 19 с.
301. На основе алгоритма очевидности // Звезда, 29 мая.
302. Входят, Робот Роботович // Пионерская правда, 23 мая.
303. Біля джерела кібернетики // Знання та праця.— № 1.— С. 4—6.
304. Кибернетика и автоматизация творческих процессов // Трубуна лектора.— С. 29—38.
305. Кибернетика служит производству // Охрана труда и социальное страхование.— № 1.— С. 6—8.
306. Полвека поисков и открытий // Известия, 13 февраля.
307. Старт берут малые ЭВМ // Правда, 24 февраля.
308. Ваше слово о Ленине (интервью) // Комсомольская правда, 22 октября.
309. Обрії кібернетики // Радянська освіта, 21 травня.
310. Алгоритм очевидности // Комсомольское знамя, 17 июля.
311. Кибернетика и творческий процесс // Литературная Россия, 23 мая.
312. Фарватер економіки майбутнього // Київська правда, 25 травня.
313. Машина проекут машину // Радянська Україна, 22 травня.
314. Электронный инженер // Правда, 8 ноября.
315. Кибернетика і технічний прогрес // Радянська Україна, 16 вересня.
316. Что мы думаем о прогнозировании // Природа.— № 1.— С. 6—13.— Соавт.: Добров Г. М., Сифоров В. И.
317. Чудо XX века // Под знаменем ленинизма.— № 1.— С. 53—55.
318. Продиктовано жизнью // Правда, 23 августа.
319. Об одной системе автоматического управления процессами изготовления микросхем // IV Между. конгр. IFAC.— Соавт. Деркач В. П.
320. Кібернетика і автоматизація розумової діяльності // В лабораторії учених.— Київ : Знання.
321. Вопросы автоматизации проектирования вычислительных машин и систем // Теория автоматов.— Киев : ИК АН УССР.— Вып. 3.— С. 3—26.
322. Множитись кібернетичному родоводу // «Вечірній Київ», 8 грудня.
323. Кермачи XX століття // Молода гвардія, 11 червня.
324. Hierarchische system von da Datenverarbeitungscentren // Organization.— N 4.— P. 35—36.
325. Conterporary cybernetics // Survey of Cybernetics.— London : ILIFFE booksLtd.— P. 47—70.
326. Kybernetik und Mathematik — Ideen des exakten wissens // Wissenschaft und Technik in der Sovjet Union. Autorenordendruck Herausgegeben in verbindung mit der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Zassanmsmnenarbeit mit der Presseagentur Nowosti (APN).— Stuttgart.— N 6.— P. 335—360.
327. Theory of Algorithms and Discrete processors // Advances in information systems Science.— 1, Plenum Press, N 4.— P. 1—58.— Соавт. Letichevskii A. A.
328. Trends on Automation of computer design // Proceed. Fourth Austral. Comput. conf. Adelaide South Australia.— P. 651—658. Reprinted from: R. Proc. of Fourth Australian computer conference.
329. Der Mann, der aus der Zukunft Kommt // Newels Deutschland., NDS, April.

1970

330. О языке для записи формальных теорий // Математические методы исследования и оптимизации систем.— Киев.— Вып. 3.— С. 4—31.— Соавт.: Костырко В. Ф., Летичевский А. А., Аяуфриев Ф. В., Аселдеров З. М.
331. Обобщенные динамические системы и процессионное прогнозирование // Теоретическая кибернетика.— Киев.— Вып. 5.— С. 3—8.
332. Розвиток кібернетики і обчислювальної техніки на Україні // Автоматика.— № 2.— С. 7—15.

333. Об одном методе прогнозирования.— Киев : Изд-во НК АН УССР.— 15 с.
334. Прогнозування і керування науковими дослідженнями // Вісник АН УРСР.— № 10.— С. 52—58.
335. О прогнозировании на основе экспертных оценок // Наукоеведение. Прогнозирование. Информатика.— Киев : Наук. думка.— С. 201—204.
336. Некоторые проблемы теории автоматов и искусственного интеллекта // Кибернетика.— № 2.— С. 3—13.
337. Математическое обеспечение автоматизированной системы проектирования вычислительных машин и систем (ПРОЕКТ) // Кибернетика.— № 4.— С. 1—6.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
338. Вычислительная техника и проблемы автоматизации управления // Вестн. АН СССР.— № 4.— С. 67—71.
339. Автоматизированные системы управления // Тр. Всесоюз. конф. по программированию.— Новосибирск.— С. 3—22.
340. Кибернетика и вычислительная техника // Вклад Украины в научно-технический прогресс СССР.— Ж. НТИ Госплана УССР.
341. Кибернетика, вычислительная техника и развитие производительных сил // Ленин и современная наука. Кн. 2.— М. : Наука.— С. 257—277.
342. О языках описания данных в автоматизированной системе проектирования вычислительных машин (ПРОЕКТ) // Кибернетика.— № 6.— С. 3—16.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
343. «Мозговой трест» кибернетиков (Машина проектирует вычислительную технику) // Вестн. АН УССР «По Советскому Союзу», 15 января.
344. Электронная вычислительная машина МИР-2 // Конструирование и внедрение новых средств вычислительной техники. Семинар.— Киев : ИК АН УССР.— Вып 1.— С. 3—7.— Соавт.: Лосев В. Д., Погребинский С. Б.
345. 100 лет со дня рождения Е. О. Патона // Вестн. АН СССР.— № 3.— С. 118—119.
346. Некоторые основные направления развития цифровой вычислительной техники.— М. : ЦНИИТЭИ.— 95. с.— Соавт.: Малиновский Б. Н., Рабинович З. Л., Ющенко Е. Л.
347. Вычислительные машины с разветвленными системами интерпретации.— Киев : Наук. думка.— 259 с.— Соавт.: Калинин Л. А., Михновский С. Д., Рабинович З. Л.
348. Автоматизация программирования в системе ПРОЕКТ // Кибернетика.— № 4.— С. 7—13.— Соавт.: Грищенко Н. М., Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
349. Процесс адаптации в службе массового автоматизированных систем управления // Кибернетика.— № 5.— С. 37—40.— Соавт.: Лозинский Л. С.
350. Обработка информационных массивов в автоматизированных системах управления.— Киев : Наук. думка.— 183 с.
351. Кибернетика и математика // История отечественной математики.— Киев : Наук. думка.— 4.— С. 343—350.
352. Кибернетика і технічний прогрес // Знання.— 32 с.
353. Фарватер економіки в майбутнє // Економіка і життя.— № 10.
354. Управление прогрессом // Литературная газета, 23 декабря.
355. Коллективный мозг // Юный техник.— № 3.— С. 13—15.
356. Электронный мозг завода // Техника и вооружение.— № 8.— С. 16—17.
357. Наука управления // Знание.— № 8.— С. 145—176.
358. Кибернетика і управління // Вечірній Київ, 6 квітня.
359. Новые возможности кибернетических машин // Вечерняя Москва, 7 октября.
360. ЭВМ: четвертое поколение // Известия, 17 сентября.
361. Новая вычислительная техника // ВДНХ СССР.— № 10.
362. Шляхом, зановіданим Леніним // Вечірній Київ, 12 січня.
363. Комплекс перетворень // Робітничя газета, 11 січня.
364. Электронный фундамент управления // Радянська Україна, 23 червня.
365. Социальные исследования развития кибернетики и электронной вычислительной техники // Литературная Россия, 10 апреля.
366. Кибернетика в 2000 году // Юнге Вельт, 17 апреля.
367. Грады управления // Литературная газета, 6 мая.
368. Магистраль прогресса // Известия, 5 февраля.
369. Электронные «мастера на все руки» // Правда, 4 января.
370. Ленинские мечты о будущем и современное прогнозирование социалистического общества // АПИ: в газ. «Ноес Дойчланд».
371. Кибернетика и современное производство // Техника — молодежи.— № 4.— С. 38—39.
372. На пути к единой информационной системе // Наука и жизнь.— № 4.— С. 30—36.

373. Во имя раскованного интеллекта // Наука и культура, 20 апреля.
 374. Кибернетика и управление // Социалистическая индустрия, 7 марта.
 375. Основные проблемы кибернетики // Эффект (ГДР).
 376. Кибернетика і управління // Черкаська правда, 8 квітня.
 377. Київські комп'ютери («Мир—2») // Київська правда, 25 січня.
 378. Машина в сфере управления // Неделя, № 6.
 379. Кибернетика и управление // Полярная правда, 2 апреля.
 380. Эпоха кибернетики // Советский воин.— № 9.— С. 34—35.
 381. Автоматизированная система управления многоименокловтурных предприятий (краткое описание).— М.: НИ УЭИР.
 382. В поисках общего языка // Журналист.— № 7.
 383. IFIP Congress 71 // Int. I. comput. math.— N 2, 3.— P. 279—282.
 384. Elektronika dyktuje Jurnkayu // Zycie i nowoczesnosc.— N 3.
 385. Problems of Automata of computer and system Design // Automatica,— 6.— P. 333—342.
 386. Einführung in die technische Kybernetik. Bd 1.— München-Pullach und Berlin: verlag Documentation,— 126 s.
 387. Die Rechentechnik und Probleme der Automatisierung der Lietung // Sowjetwissenschaft Gesellschafis wissenschaftliche Beiträge.— N 11.— P. 1194—1200.
 388. Current trends in Computers // The Indian Engineer.— 112 p.
 389. Eintührung in die technische Kybernetik Band 2.— Berlin: Veb Verlag technik.— 173 s.

1971

390. Методика программного прогнозирования развития науки и техники.— М., 113 с.— Соавт.: Добров Г. М., Ершов Ю. В., Козачков Л. С., Михеев Ю. А., Смирнов Л. П., Темеравский В. А., Цикунов И. К., Фролов А. С.
 391. Внедрение АСУ — важнейшая народно-хозяйственная задача // Механизация и автоматизация управления.— № 1.— С. 1—3.— Соавт. Рыбак А. И.
 392. О методике проектирования вычислительных машин в системе ПРОЕКТ // Кибернетика.— № 2.— С. 1—17.—Соавт.: Кашишова Ю. В., Летичевский А. А.
 393. Развитие языков программирования // Материалы конф. «Человек и вычислительная машина».— Базель: Изд-во С. Каргер.
 394. Выступление на сессии Общего собрания АН УССР // Вісник АН УРСР.— № 7.— С. 56.
 395. Применение принципа компенсации при решении проблемы восстановления функционирования сложных систем // Теория инвариантности и теория чувствительности автоматических систем. Ч. II.— Киев.— С. 472—491.— Соавт.: Неживов О. А., Протопопов В. А.
 396. Бионический аспект инвариантности // Теория инвариантности и теория чувствительности автоматических систем. Часть III.— Киев.— С. 106—116.— Соавт. Рябинин А. Д.
 397. Человек и вычислительная техника.— Киев: Наук. думка.— 249 с. Соавт.: Браиовицкий В. И., Довгялло А. М., Стогний А. А., Рабинович З. Л.
 398. Вычислительные машины и проблемы автоматизации и управления // Будущее науки.— Вып. 4.— С. 5—19.
 399. Обобщенные динамические системы и процессиональное прогнозирование // Проблемы прикладной математики и механики.— М.: Наука.— С. 27—29.
 400. Оценка эффективности сложных систем и организации вычислительных процессов // Сб. тр. II летней физ.-мат. шк. по оптимизации вычислений (Кацивели).— Киев: ИК АН УССР.
 401. Принципы построения и опыт разработки АСУ предприятием с массовым характером основного производства // V Всесоюз. совещ. по проблемам управления (Москва, октябрь 1971.)— Соавт. Скурихин В.
 402. Всесоюзная автоматизированная // Правда, 28 октября.
 403. Бразды управления (Диалог ученого и журналиста) // Дружба народов.— № 11.— С. 205—222.
 404. Шляхом технічного прогресу // Вечірній Київ, 15 квітня.
 405. Человеку — человеческое, машине — машинное // Литературная газета, 21 апреля.
 406. Прогноз і план // Наука і суспільство.— № 7.— С. 4—8.
 407. Научно-техническая революция и социализм // АИИ.— № 6.
 408. На рівні світових досягнень // Наука і суспільство.— № 3.— С. 3—5.
 409. Как стать академиком // Комсомольская правда, 30 мая.
 410. Широкий спектр наук // Правда Украины, 31 декабря.

411. Основні важелі управління // Вечірній Київ, 12 січня.
 412. Электронный мозг экономики // Красная звезда, 26 мая.
 413. Электронный мозг: его сегодня и завтра // Радуга.— № 12.— С. 111—116.
 414. Наука управлять — проблема дня // Вечірній Київ, 12 січня.
 415. Речь депутата В. М. Глушкова // Известия, 28 ноября; Правда Украины, 28 ноября; Правда, 28 ноября.
 416. ЭВМ советует — специалист решает // Известия, 15 декабря.
 417. «Электронный судья» — реальность или вымысел? // Человек и закон.
 418. Завод завтрашнего дня // Техника — молодежи.— № 9.— С. 22—25.
 419. Вычислительная техника и проблемы автоматизации управления // Наука и жизнь.— № 2.— С. 59—64.
 420. Творить — значит внедрять // Правда, 12 февраля.
 421. Кибернетика и социальное прогнозирование // Проблемы мира и социализма.— № 1.— С. 37—42.
 422. Теория автоматов и искусственный интеллект // Научная мысль.— Вып. 1.— С. 1—17.
 423. Наука принимает вызов // Неделя, № 18.
 424. Компас сусвільного розвитку // Радянська Україна, 17 березня.
 425. Обчислювальні центри: структура, кадри, техніка // Радянська Україна, 27 серпня.
 426. A Forum via Transistors // Soviet Union today.
 427. Predavačija Beograd.— Beograd: Institut sa sisteme planiranja i upravljanja.— September.— 78s.

1972

428. Автоматизированная система управления технологическими процессами в микроэлектронике (Київ-70) // Физико-технологические основы кибернетики.— С. 3—11.— Соавт. Деркач В. П.
 429. Обобщенные динамические системы и процессное прогнозирование // IV Киевский симпозиум по науковедению и научно-техническому прогнозированию.— Киев: Наук. думка.— С. 3—8.
 430. Об одном подходе к построению систем математического обеспечения современных вычислительных машин // Кибернетика.— № 3.— С. 25—35.— Соавт.: Вельбицкий, Стогний А. А.
 431. Проблемы автоматизации проектирования объектов жилищно-гражданского строительства // Там же.— С. 77—82.— Соавт.: Ющенко Е. Л., Артеменко В. В., Степанова Т. А.
 432. Автоматизация поиска доказательств теорем математических теорий и интеллектуальные машины // Там же.— № 5.— С. 2—6.— Соавт. Капитонова Ю. В.
 433. К построению практического формального языка для записи математических теорий // Там же.— С. 19—28.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Лещевский А. А., Вершинин К. П., Малеванный Н. П.
 434. Проблемы отображения информации // Системы отображения информации / I Всесоюз. конф.— Киев.— С. 5—6.— Соавт. Тимофеев Б. Б.
 435. Важная задача социалистического государства // Математика и научно-технический прогресс.— М.: Знание.— С. 10—11.
 436. Основные принципы построения автоматизированных систем организационного управления // УСИМ.— № 1.— С. 9—18.
 437. Некоторые тенденции развития структур и программное обеспечение ЦВМ // Там же.— С. 79—85.— Соавт.: Никитин А. И., Рабинович З. Л.
 438. Введение в АСУ (монография).— Киев: Техника.— 312 с.
 439. Михалевич В. С. // Вісник АН УРСР.— № 6.— С. 96—97.
 440. Оценка эффективности сложных систем и организация вычислительных процессов // Математическое обеспечение ЭЦВМ.— Киев.— С. 3—17.
 441. Типовая диалоговая обучающая система «ПЕДАГОГ» с сервисным режимом «АВТОР» для обучения языкам программирования // Теория языков и методы построения систем программирования / Тр. симп. (Алушта, 1972).— Киев.— С. 82—110.
 442. О последовательной дезагрегации в статической макроэкономической модели // УСИМ.— № 2.— С. 3—4.
 443. Может ли машина творить? // Техника — молодежи.— № 8.— С. 36—38.
 444. Кибернетика і освіта // Радянська школа.— № 1.— С. 18—26.— Соавт.: Ющенко Е. Л.
 445. Преемственность поколений ЭВМ // Экономическая газета, № 24.

446. Компьютер желает счастья // Литературная газета, 11 января.
 447. Знание как ресурс // Комсомольская правда, 8 января.
 448. Пути кибернетики // Правда Украины, 20 апреля.
 449. Единя загальдержавна АСУ // Наука і суспільство.— № 3.— С. 2—4.
 450. Смена поколений // Эврика-72.— М.: Молодая гвардия.— С. 204—230.
 451. Пути кибернетики // Правда Украины, 20 апреля.
 452. Кибернетика — суспільству // Ранок.— № 1.— С. 2—5.
 453. Я — гражданин Советского Союза // Неделя, № 32.
 454. Узловые питания пятирички // Знання та праця.— № 6.— С. 10.
 455. Экономия электроэнергии в осветительных установках.— М.: Энергия.— 64 с.
 456. Оценка сложности задач управления в связи с проблемой его автоматизации // IV Киевский симпозиум по науковедению и науч.-техн. прогнозированию. Ч. 1.— Киев: Наук. думка.— С. 3—9.
 457. Что такое кибернетика? // Детская энциклопедия.— М.: Педагогика.— С. 404—409.
 458. Some methods of System analysis / Advances in cybernetics and systems research Proceedings of European Meetings.— Vienna.— P. 54—64.

1973

459. Электронный эскулап // Техника — молодежи, № 10.
 460. Теория дискретных преобразователей // Избранные вопросы алгебры и логики.— Новосибирск.— С. 5—39.— Соавт.: Летичевский А. А.
 461. Методика проектирования вычислительных машин IV и следующих поколений // Кибернетика.— № 1.— С. 1—8.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
 462. Общие принципы создания республиканской автоматизированной системы управления народным хозяйством УССР (РАСУ).— Киев: Над-во ВЦ Госплана.— Соавт.: Матвеев М. Т., Михалевиц В. М., Карнаух В. Г.
 463. О последовательной оптимизации в линейных макроэкономических моделях // УспМ.— № 4.— С. 1—7.
 464. Моделирование в системе ПРОЕКТ // Кибернетика.— № 4.— С. 1—14.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А., Гребнев В. А.
 465. Электронный ключ — не фантазия, а реальность // Литературная газета, № 18.
 466. ЭВМ: не легка ли ноша? // Правда, 10 февраля.
 467. Майбутнє електронного мозку // Знання та праця.— № 3.
 468. Возможности электронного творца // Радуга.— № 4.— С. 105—112.
 469. Наука управления // Друг читача, № 1.
 470. Опора хозяйственника // Правда, 17 августа.
 471. Экономика: спорное и бесспорное // Знание — сила, № 7.
 472. Ученому помогает компьютер // Советский воин.— № 12.— С. 30—31.
 473. ЭВМ и экономика // Социалистическая индустрия, 8 июля.
 474. Бесіди про управління.— Киев: Политиздат Украины.
 475. УРСР.— 208 с.— Сіавт.: Добров Г. М., Терещенко В. П.
 476. Автоматизация сбора и анализа нормативных данных // Экономическая газета.— № 28.
 477. АСУ — на службу пятилетке // Экономическая газета, 28 июля.

1974

478. Энциклопедия кибернетики.— Киев: Гл. ред. УРЭ.— 1.— С. 440—445.
 479. О некоторых тенденциях развития средств вычислительной техники // Электроника и моделирование.— Киев.— Вып. 3.— С. 3—7.
 480. Алгебра. Языки. Программирование.— Киев: Наук. думка.— 328 с. Соавт.: Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.
 481. Диалог, управляемый вычислительной машиной // УспМ.— № 6.— С. 1—12. Соавт.: Довгялло А. М., Рабинович З. Л., Стогний А. А.
 482. Средства описания схемного и программного оборудования ЭВМ // Кибернетика.— № 6.— С. 1—6.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
 483. Экспертных оценок методы в прогнозировании // Энциклопедия кибернетики.— Киев: Гл. ред. УРЭ, 11.— С. 551—552.
 484. Роль математики в современной науке // Вестн. АН СССР.— № 9.— С. 3—10.
 485. О формальном языке для записи математических текстов // Автоматизация поиска доказательства теорем в математике.— Киев.— С. 3—36.— Соавт.: Вершинин К. П., Малеванин Н. П., Капитонова Ю. В., Летичевский А. А., Костырко В. Ф.
 486. О технике проведения экспериментов по управлению процессом обработки данных в автоматизированной системе проектирования вычислительных машин // Тр.

- республ. конф. «Вычисл. мат. и науч.-техн. прогр.» (Киев — Канев).— С. 169—173.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летицкий А. А., Гороховский С. С., Мищенко П. М., Хлетицкий А. И.
487. Держать в науке смолу // Комсомольская правда, 21 сентября.
488. Диалог с вычислительной машиной: современные возможности и перспективы // УСиМ.— № 1.— С. 3—7.
489. О диалоговом методе решения оптимизационных задач // Тр. респ. конф. «Вычисл. мат. и науч.-техн. прогресс».— Канев.— (Препр. / ИК АН УССР; 74—58).
490. Рекурсивные машины и вычислительная техника.— Киев.— 28с.— (Препр. / ИК АН УССР; 74—57).— Соавт.: Игнатъев М. В., Мясников В. А., Торгашев В. А.
491. Могут ли ЭВМ творить? // Техника и наука, № 7—12.
492. Логика математическая, формальная логика // Энциклопедия кибернетики.— Киев : Гл. ред. УРЭ.— С. 533—534.— Соавт. Кратко М. И.
493. Беседы об управлении.— М. : Наука.— 224 с.— Соавт.: Добров Г. М. Терещенко В. П.
494. Место и роль автоматизированных систем управления курортами в ОГАС // Кибернетика и вычис. техника. Биол. и медиц. кибернетика.— Киев : Наук. думка.— С. 3—11.
495. Алгебраическая теория автоматов // ЭК.— Киев : Гл. ред. УРЭ.— С. 80—83.— Соавт. Летицкий А. А.
496. Автоматизация проектирования ЦВМ // ЭК.— Киев : Гл. ред. УРЭ.— С. 32—34.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летицкий А. А.
497. Кибернетика і творчість // Літературна Україна, 24 травня.
498. Кибернетика від «А» до «Я» // Вечірній Київ, 13 вересня.
499. На основе внедрения типовых проектов // Социалистическая индустрия, 26 декабря.
500. On one version of non-homogeneous multimachine complex (sims and application) // Finnish — Soviet Symp.— Espoo, Finland.

1975

501. Что такое кибернетика.— М. : Педагогика.— 64 с.
502. Автоматизация проектирования вычислительных машин.— Киев : Наук. думка.— 231 с. Соавт.: Капитонова Ю. В., Летицкий А. А.
503. Характеристика и область применения ЭВМ МИР-2 // Кибернетика.— № 5.— С. 115—120.— Соавт.: Клименко В. П., Лосев В. Д., Молчанов И. П., Погребинский С. Б.
504. О диалоговом методе решения оптимизационных задач // Там же.— № 4.— С. 2—6.
505. О внешнем математическом обеспечении электронной вычислительной машины МИР-2 // Там же.— № 5.— С. 111—114.— Соавт.: Молчанов И. П., Погребинский С. Б., Клименко В. П., Фишман Ю. С., Яковлев М. Ф.
506. Теория автоматов и некоторые вопросы синтеза структур языковых процессоров // Там же.— № 5.— С. 1—20.— Соавт.: Цейтли Г. Е., Ющенко Е. Л.
507. Текстовая информационно-справочная система (ТИС) для журнала «Кибернетика» // Там же.— № 4.— С. 28—35.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Коваль О. А., Летицкий А. А., Лодысев А. П., Парницкий В. И., Чуйкевич В. А.
508. Некоторые проблемы автоматизации управления // Механизация и автоматизация управлений.— № 4.— С. 3—6.— Соавт. Тимофеев Б. Б.
509. О взаимодействии функциональных звеньев РАС УССР // Тр. сем. «Вопросы создания РАС и Государственной сети вычислительных центров».— Соавт.: Архангельский Ю. С., Быченок П. Н.
510. Программные средства моделирования непрерывно-дискретных систем.— Киев : Наук. думка.— 152 с.: Соавт.: Гусев В. В., Марьянович Т. П., Сахнюк М. А.
511. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС.— М. : Статистика.— 159 с.
512. О формальном языке для записи математических текстов // Тр. IV Междун. объедин. конф. по искусственному интеллекту. Ч. 1. Математические и теоретические аспекты искусств. интел.— М., С. 101—111.— Соавт.: Вершинин К. П., Капитонова Ю. В., Летицкий А. А., Малованый Н. П., Костырко В. Ф.
513. Вопросы реализации информационного обеспечения в условиях государственной сети вычислительных центров и распределенные банки данных // Принципы построения распределенного автоматизированного банка данных // Принципы построения распределенного автоматизированного банка данных ГСВЦ.— Киев.— С. 5—20.— Соавт.: Стогий А. А., Михеев Ю. А.
514. АСУ. Состояние и перспективы // Механизация и автоматизация управления.— № 1.— С. 3—13.

515. Функциональные особенности «контролирующих интеллектуальных» терминалов // УСиМ.— 1, № 2.— С. 53—58.— Соавт.: Малиповский Б. П., Деисенко В. П.
516. Структура общесистемного математического обеспечения комплекса ЭВМ, ориентированного на автоматизацию проектирования // Механизация и автоматизация управления.— № 4.— С. 7—11.— Соавт.: Брона И. И., Капитонова Ю. В., Пикитенко И. Н.
517. Основные направления работ в области роботостроения // Изв. АН СССР (Препр. 75—45).— 22с.— Соавт. Рыбак В. И.
518. К решению проблемы автоматизации проектирования и изготовления ЭВМ в их компонентах // Микроэлектроника.— 4.— Вып. 6.— С. 531—535.— Соавт.: Деркач В. П., Капитонова Ю. В.
519. О разработке математических и физико-технологических основ автоматизации проектирования и изготовления ЭВМ и их компонентов // Механизация и автоматизация управления.— № 5.— Соавт.: Деркач В. П., Капитонова Ю. В.
520. Республіканська автоматизована система // Наука і культура.
521. Управление наукой и фундаментальные исследования // Вестн. АН СССР.— 10.— С. 13—20.
522. Сравнительный анализ ряда крупных зарубежных сетей ЭВМ // УСиМ.— № 5.— С. 1—13.— Соавт.: Кушнер Э. Ф., Николенко Д. И., Стогний А. А., Фурсин Г. М.
523. Функциональная структура и элементы сетей ЭВМ // УСиМ.— № 3.— С. 1—10.— Соавт.: Стогний А. А., Кушнер Э. Ф.
524. Эффект системности // Наука и жизнь.— № 1.— С. 26—29.
525. Компьютер и человек // Радуга. № 6.
526. Мрії та замало // Молодь України, 14 вересня.
527. Романтика науки // Наука і суспільство.— № 7.— С. 4—5.
528. Партиїсть — крила науки // Радянська Україна, 26 жовтня
529. Стратегия автоматизации // Известия, 13 мая.
530. Кибернетика и творчество // Дои.— № 7.— С. 135—141.
531. АСУ: первые уроки // Литературная газета, 29 января.
532. АСУ: стан і перспективи // Радянська Україна, 18 березня.
533. Для науки и производства // Социалистическая индустрия, 8 февраля.
534. Новые задачи управления // Наука и жизнь.— № 4.— С. 26—29.
535. Грані інтелекту робота // Вечірній Київ, 10 квітня.
536. Проблемы ОГАС на современном этапе // Алгоритмы и организация решения экономических задач.— М.: Статистика.— Вып. 6.— С. 5—14.
537. Говорит машина // Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Наука управления».— М.: Знание.— № 2.
538. Эстафета духовного бессмертия // Техника — молодежи.— № 5.— С. 26—27.
539. Prírominky k vedeckovyzkumnemu tematu IIASA // Zkoumani metod predikee kypocetni techniky a systemy Zpracovani dat.— Vyszkumne zameru v oblasti pocitacovych Systemu— P. 126—128.
540. Mathematical model and optimization of algorithms.— Kiev, preprint 75—79.— 13 p.— Соавт.: Kapitonova U. V., Letichevsky A. A.
541. USSR Construction Giant National Computer Network (Use in interactive Planning Poses Major Software problems) // Publication of Society for industrial and Applied Mathematics.— 8, N 1.
542. Use in interactive Planning Poses major Software Problems // Siam news.— 8, N 1.— P. 1.
543. Počítace a systémy: Navrny pro IIASA // Vyskumne Zamery v oblasti pocitacovych systemu. (Soubov materiálů z konference IIASA).— Praga.— P. 119—125.

1976

544. О некоторых проблемах развития электронной вычислительной техники // Вопр. кибернетики.— Вып. 20.— С. 51—60.
545. Проблемы построения активных систем восприятия внешнего мира робота // Тр. VI Всесоюз. симпозиума по теории и принципам устройства роботов и манипуляторов (Тольятти).— М.: Наука.— Соавт.: Рыбак В. И.
546. Единый автоматно-лингвистический подход к технологии разработки пакетов прикладных программ.— Тбилиси: Мецниереба.— Соавт.: Вельбицкий И. В., Стогний А. А.
547. Программное обеспечение ЭВМ МИР-2 и МИР-1. Т. 1. Численные методы.— Киев: Наук. думка.— 280 с.— Соавт.: Молчанов И. И., Брусинский Б. П., Визнюк Г. И., Москальков М. Н., Николенко Л. Д., Приказчиков В. Г., Решетуха И. В., Степанец Н. И., Яковлев М. Ф.

548. Основы автоматизации управления народным хозяйством республики (рецензия на книгу) // УСиМ.— № 5.— С. 136—137.— Соавт. Быченко П. П.
549. К вопросу о состоянии проблемы автоматизации проектирования больших интегральных схем // Кибернетика.— № 6.— С. 44—49.— Соавт.: Деркач В. П., Кияшко Г. Ф.
550. Методологические проблемы построения региональных АСУ // УСиМ.— № 6.— С. 45—53.— Соавт.: Кожурин Ф. Д., Стогний А. А.
551. Принципи побудови загальнодержавної автоматизованої системи збирання та обробки економічної інформації // На магiстралях науки.— Киев : Наук. думка.— С. 17—28.
552. О применении метода мультипликативного представления обратной матрицы в диалоговой системе планирования // Кибернетика.— № 4.— С. 142—144.— Соавт. Олейрш Г. Б.
553. Задачи и пути повышения эффективности электронных систем сбора и обработки данных в СССР // Механизация и автоматизация управления.— № 6.— С. 3—7.— Соавт. Матвеев М. Т.
554. ЭВМ сегодня и завтра // Под знаменем ленинизма.— № 22.— С. 50—53.
555. Основные направления развития АСУ и принципы их реализации на базе проблемно-ориентированных технических комплексов // УСиМ.— № 1.— С. 5—11.— Соавт. Антипов Ю. Е., Земсков А. Ф., Кудрик М. Ф., Морозов А. А., Овсепян Г. Е., Скурихин В. И., Шкуркин Ю. П.
556. Технология программирования и проблемы ее автоматизации // Там же.— № 6.— С. 75—93.— Соавт. Вельбицкий П. В.
557. Теория структур данных и синхронные параллельные вычисления // Кибернетика.— № 6.— С. 2—15.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
558. Задачи синхронизации производства // Там же.— № 5.— С. 1—4.— Соавт. Ермолов Ю. М.
559. Диалоговая система планирования ДИСПЛАН // УСиМ.— № 4.— С. 123—124.— Соавт. Олейрш Г. Б.
560. Плани интеграції в дії // Вісті в Україні.— № 40.
561. Кибернетика і практика управління // Вечірній Київ, 2 жовтня.
562. Загальнодержавна АСУ // Наука і суспільство.— № 2.— С. 12—14.
563. Об одной модели планирования на макроуровне с оптимизацией транспортных затрат // ДАН СССР.— 231, № 3.— С. 555—558.— Соавт.: Кудрицкий В. Ю., Охрименко М. Г.
564. Наука управления наукой // Комсомольская правда, 21 декабря.
565. Бути ближче до природи // Молода гвардія, 25 серпня.
566. А що на видвокраї // Молодь України, 5 серпня.
567. Мета реальна // Україна.— № 30.
568. Я — за активний відпочинок // Робітнича газета, 6 червня.
569. Могучий пульс // Наука и жизнь.— № 4.— С. 6—7.
570. Искусственный интеллект // Литературная газета, 1 января; 7 июля; 3 ноября; 29 декабря.
571. Кибернетический город // Социалистическая индустрия, 26 декабря.
572. Как рождаются компьютеры // Техника — молодежи.— № 9.— С. 6—9; № 10.— С. 16—19.
573. Проблемы автоматизации дедуктивных построений // Управление. Информация Интеллект.— М. : Мысль.— С. 300—313.
574. ЕОМ на виробництві і вдома // Наука і суспільство.— № 12.— С. 6—7.
575. Прогресс вычислительной техники // Экономическая газета.— № 30.
576. Потенциал автоматизации // Социалистическая индустрия, 6 июня.
577. Иптуция — хорошо, а ЭВМ — лучше // Комсомольская правда, 16 мая.
578. Электронный мозг країни // Молодь України, 10 березня.
579. Наукоедение и фундаментальные исследования // Наукоедение и информатика.— Киев : Извук. думка.— Вып. 15.— С. 9—41.
580. АСУ должны быть рентабельными // Труд, 15 октября.

1977

581. Сети ЭВМ.— М. : Связь.— 279 с.: Соавт.: Калининко Л. А., Лазарев В. Г., Сифоров В. И.
582. Об одном классе динамических макроэкономических моделей // УСиМ.— № 2.— С. 3—6.
583. Важнейшие задачи в области автоматизации проектирования больших интегральных схем // Там же.— № 6.— С. 88—92.— Соавт.: Деркач В. П., Кияшко Г. Ф.

584. Микропроцессоры на ПЗУ // Там же.— № 5.— С. 64—70.— Соавт.: Деркач В. П., Корсувский В. М., Хачатрян В. Б.
585. Индустрия переработки информации // Там же.— С. 3—6.
586. Автоматизированная система управления районом. Пусковой комплекс // Там же.— № 4. С. 104—112.— Соавт.: Ошко В. П., Стогний А. А., Мосин В. Д., Грозницкий Г. М., Кожурин В. Д., Голованов Э. К.,
587. Программная реализация мультипликативного метода решения задачи межотраслевого баланса // Там же.— № 3.— С. 28—32.— Соавт.: Никитин А. И., Стукаленко А. А.
588. Вопросы операционного управления гальванической линией // Тр. Междун. федер. информ. процессов, Торонто.— С. 256—267.— Соавт.: Никитин А. И., Сергиенко И. В.
589. Индустрия переработки информации // Коммунист.— № 12.— С. 41—50.
590. Перспективы развития входных языков серии МИР // Тр. конф. «Теория и практика программирования на ЭВМ серии «МИР».— Владивосток.— Соавт.: Клименко В. П., Грищенко Т. А.
591. Пути автоматизации исследования в математике // Всесоюз. симп. «Искусственный интеллект и автоматизация исследования в математике». Тез. докл. и сообщения.— Киев: ИК АН УССР.— С. 18—19.
592. Моделирование оптимизации распределения рабочих мест между отраслями производства групп А и Б // Кибернетика.— № 6.— С. 117—131.— Соавт.: Сиванов В. В.
593. Проблемы проектирования РАС // Проблемы проектирования и моделирования обеспечивающих подсистем РАС.— Киев.— С. 3—12.— Соавт.: Матвеев М. Т., Стогний А. А., Быченко П. П.
594. Сотрудничество стран — членов СЭВ в области сотрудничества научно-технического прогнозирования // Экономическое сотрудничество стран — членов СЭВ.— № 5.— С. 84—87.
595. Об одной математической модели развивающейся экономики // Кибернетика.— № 4.— С. 1—4.— Соавт. Пшеничный Б. П.
596. Теоретические основы проектирования дискретных систем // Там же.— № 6.— С. 5—20.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летячевский А. А.
597. Вопросы построения диалоговой системы планирования ДИСПЛАН.— Киев.— 21 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 77—36).— Соавт.: Олеярн Г. Б.
598. Общие принципы построения иерархических мультимодульных структур // Кибернетика.— № 6.— С. 78—86.— Соавт.: Иваськив Ю. Л., Белявский В. Л.
599. Язык управления заданиями.— Киев.— 32 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 77—17).— Соавт.: Дородницина А. А., Клименко В. П., Погребинский С. Б.
600. Резервы оптимизации вычислений.— Киев.— 53 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 77—67).— Соавт.: Иванов В. В., Михалевич В. С., Сергиенко И. В., Стогний А. А.
601. Основные направления совершенствования управления наукой в республике и принципы создания РАС управления развитием науки и техники (РАСУИТ) // Вопросы теории и практики управления наукой.— Киев.— С. 3—10.— Соавт.: Стогний А. А., Шевченко В. П., Матвеев М. Т., Брусиловский Б. И.
602. Сообщение о семинаре «Основные направления создания и развития РАС и АСПР в УССР» // Правда Украины, 5 апреля.
603. Прогресс ЭВМ // Авиация и космонавтика.— № 7.— С. 36—37.
604. БАРС, который знает все // Техника — молодежи.— № 9.
605. Системный подход к моделированию в медицине // Кибернетика и вычислительная техника.— Киев: Наук. думка.— Вып. 36.— С. 3—8.— Соавт.: Попов А. А., Петрухин В. А.
606. Некоторые задачи стохастического программирования, возникающие в диалоговых системах планирования в условиях неполной информации // Кибернетика.— № 3.— С. 100—104.— Соавт. Олеярн Г. Б.
607. О чем «думает», робот? // Прометеевы мосты.— Киев: Политиздат Украины.
608. Шлях до вершини // Вечірній Київ, 19 березня.
609. АСУ: новий етап // Радянська Україна, 9 січня.
610. Професія кібернетики // Вечірній Київ, 16 листопада.
611. Комп'ютер на долоні // Радянська Україна, 18 грудня.
612. Кибернетика — любовь моя // Техника — молодежи.— № 3.
613. Плани інтеграції в дії // Молода гвардія, 16 березня.
614. Кибернетика — людина і машина // Радянська Буковина, 9 вересня.

615. Математические аспекты проектирования ЭВМ // I Всесоюз. совещ. по автоматизации проектирования в машиностроении.— Минск.
616. АНАЛИТИК-74 // Кибернетика.— № 5.— С. 114—147.— Соавт.: Гринченко Т. А., Дородницын А. А., Драж А. М., Капитонова Ю. В., Клименко В. П., Крес Л. Н., Летичевский А. А., Погребинский С. Б., Савчак О. Н., Стогний А. А., Фришман Ю. С., Царюк Н. П. — (Препр./АН УССР; 77—60).
617. Некоторые задачи создания и развития методов и средств кибернетики и вычислительной техники, стоящие перед молодыми учеными Ин-та кибернетики АН УССР // Там же.— С. 3—5.
618. О применении метода формализованных технических заданий к проектированию программы обработки структур данных // Программирование.— № 6.— С. 31—43.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
619. О развитии структур мультипроцессорных ЭВМ с интерпретацией языков высокого уровня // УСиМ.— № 6.— С. 61—66, Соавт.: Погребинский С. Б., Рабинович З. Л.
620. Моделирование внутри — и межклеточных взаимодействий на основе одного класса динамических макромоделей.— Киев.— 40 с.— (Препр./ИК АН УССР; 78—71.— Соавт.: Иванов В. В., Яненко В. М.
621. Решение задач обработки данных с помощью ЭВМ.— Киев : Вища шк.— 463 с.— Соавт.: Стогний А. А., Ющенко Е. Л., Войтко В. Н., Машбиц Е. И.
622. Научные и практические проблемы создания сетей ЭВМ и систем коллективного пользования // Всесоюз. конф. Вычислительных систем сетей и центров коллективного пользования.— Новосибирск.— Соавт.: Никитин А. И.
623. Информационно-диспетчерская служба ГСВЦ // УСиМ.— № 5.— С. 5—12.— Соавт.: Стогний А. А., Кушнер Э. Ф., Паньшин Б. Н., Фурсин Г. И.
624. Алгоритмическое обеспечение пакета программ ВЕКТОР-1, предназначенное для решения одного класса задач проектирования ЭВМ // Кибернетика.— № 4.— С. 1—5.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Касишицкая М. Ф., Сергеев И. В.
625. Математизация научного знания и теории решений // Вопр. философии.— № 1.— С. 28—34.
626. Пути автоматизации исследований в математике // Теа. докл. Всесоюз. симп. «Искусственный интеллект и автоматизация исследований в математике».— Киев: ИК АН УССР.— С. 18—19.
627. Проблемы разработки программного обеспечения для организации взаимодействия АСУ различных уровней // Вопросы построения сетей ЭВМ и ВЦ коллективного пользования.— Киев : ИК АН УССР.— С. 3—9.— Соавт.: Стогний А. А., Паньшин Б. Н., Фурсин Г. И.
628. Математическое моделирование реакций организма на повторяющиеся воздействия химических веществ.— Киев.— 64 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 78—77).— Соавт.: Савоцкий И. В., Антомонов Ю. Г., Котова А. Б., Попов А. А., Уланова Н. П.
629. К теории проектирования схемного и программного оборудования многопроцессорных ЭВМ // Кибернетика.— № 6.— С. 1—15.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
630. Моделирование процессов регуляции рецепторных функций клеток на основе одного класса нелинейных динамических макромоделей // II Междунар. конф. стран — членов СЭВ по основным проблемам бионики. «Бионика—78».— М.—Л., С. 24—28.— Соавт.: Иванов В. В., Яненко В. М., Колотылов П. Н.
631. Искусственный разум // Наука и жизнь.— № 9.— С. 23—26.
632. Кибернетика и искусственный интеллект // Кибернетика и диалектика.— М.: Наука.— С. 162—182.
633. Сергей Алексеевич Лебедев (Вступительная статья).— Киев : Наук. думка.— 39 с.— Соавт.: Бурцева В. С., Рабинович З. Л., Цукерник Л. В.
634. Обчислювальна система, наділена штучним інтелектом, через 20 років // Наука і суспільство.— № 12.
635. Писнаги творчої джерела // Вечірній Київ, 6 листопада.
636. Муза і комп'ютер // Новини кіноекрану.— № 10.— С. 6—7.
637. Який робот потрібен людині? // Вечірній Київ, 22 серпня.
638. Алгебра. Язика. Программирование.— 2-е изд., перераб.— Киев : Наук. думка.— 318 с.— Ющенко Е. Л., Цейтлин Г.
639. Испытание проводит компьютер // Техникв — молодежи.— № 2.— С. 22—23.
640. Горизонти кибернетики // Молода гвардія, 15 лютого.
641. З чого складається комплекс // Наука і суспільство.— № 7.
642. На благо людини, в ім'я майбутнього // Там же.— № 2.— С. 2—4.

643. Горизонты кибернетики // Молода гвардія, 15 лютого.
644. Калькуляция перспективных идей // Техника и наука.— № 8.
645. A mathematical model of dynamically evolving economics // Cybernetics.— N 1.— P. 475.— Соавт.: Pshenichny B. N.
646. Experience in multichational forecasting of science and technology advance // Systems Assessment of New Technology: International Perspectives (August) Laxemburg, Austria.— Соавт.: Dobrov G., Maksimenko V., Ershov Y.
647. Psychologische Faktoren der Optimierung der Arbeitstätigkeit // Sovjetwissenschaft Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge. 31 Jahrgang, Februar, Heft II.
648. Makroekonomické modely a principy budovania celostatného automatizovaného systému riadenia // Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry.— Bratislava.
- 1979
649. Инструментальные средства проектирования программ обработки математических текстов // Кибернетика.— № 2.— С. 37—42.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
650. Теоремы о неполноте формальных теорий с позиций программиста // Там же.— С. 1—5.
651. О новом классе динамических моделей и их применении в биологии // Там же.— № 4.— С. 131—139.— Соавт.: Иванов В. В., Яценко В. М.
652. Преобразователи Черча — Россера // Там же.— С. 1—8.— Соавт.: Аппсимов А. В.
653. Система БАРС. Назначение, структура, характеристики // УСМ.— № 2.— С. 3—7.— Соавт.: Морозов А. А., Скурихин В. И.
654. Метод формализованных технических заданий проектирования программы // Тр. I Всесоюз. конф. по технологии программирования.— № 13.— С. 16—17.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
655. Автоматизация поискового конструирования // Вести. АН СССР.— № 7.— С. 42—49.— Соавт.: Мясников В. А., Половинкин А. И.
656. Методологические вопросы применения математических методов в биологии.— Киев.— 63 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 79—60).— Соавт.: Иванов В. В., Яценко В. М.
657. Теория рака с позиций общей теории систем.— Киев.— 20 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 79—26).
658. Автоматизация процесса медицинского обеспечения курортов.— Киев: Наук. думка.— 280 с.— Под общ. ред. В. М. Глушкова.
659. Флуктуационная системология // Кибернетика.— № 2.— С. 114—115.
660. Теория языковых процессоров и параллельные вычисления // Там же.— № 1.— С. 1—19.— Соавт.: Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.
661. Развитие абстрактного мышления и запрет Геделя // Философский сборник.
662. Сети с коммутацией пакетов (состояние проблемы и пути ее решения // Вычислительные сети коммутации пакетов / Тез. докл. Всесоюз. конф.— Рига: Зинатне.— С. 12—21.— Соавт. Никитин А. И.
663. Современная техническая база управления // Академия общественных наук ЦК КПСС. Научные основы управления социально-экономическими процессами. Кн. II, тл. 8.
664. Проект-ЕС. Базовый инструментальный язык программирования.— Киев.— 50 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 79—22).— Соавт.: Бублик В. В., Гороховский С. С., Капитонова Ю. В., Летичевский А. А., Чуйкевич В. С.
665. Организационно-программный комплекс «ЭТАП-1».— Киев.— 75 с.— (Препр. / ИК АН УССР; 79—58).
666. Справа годишнього дня // Трибуна лектора.— № 2.
667. Сети с коммутацией пакетов // Вычислительные сети коммутационных пакетов / Тез. докл.— Рига: Зинатне.— С. 12—21.— Соавт.: Никитин А. И.
668. Использование искусственного интеллекта в деятельности инженеров // Матер. междунар. конгр. ФИАНИ.— Чехословакия.
669. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на магистральных нефтепроводах // Материалы междунар. симп. по нефтепроводам, Румынии.— Соавт.: Караченец Д. В., Митулинский Ю. Т.
670. Математические модели вычислений и проектирование многопроцессорных систем // Конф. по обработке информации (Лондон, сентябрь).— М.: Наука.— Соавт.: Летичевский А. А., Капитонова Ю. В.
671. Фундаментальные среды исследования и технология программирования // Технология программирования / Тез. докл. II Всесоюз. конф. Пленарные докл.— Киев: ИК АН УССР.— С. 7—11.

672. Об одном классе динамических моделей // Тр. II междунар. конф. по мат. моделированию. САН-ЛУИ, США.— 3 с.— Соавт.: Иванов В. В., Яценко В. М.
673. Новые профессии ЭВМ // Под знаменем ленинизма.— № 23.— С. 57—59.
674. Перспективы создания сверхбыстродействующих ЭВМ на базе криоэлектронных элементов // Бюл. координ. ком. АН СССР по вычисл. техн.— № 3.— Соавт. Войтович И. Д., Михайлов Г. А.
675. ПРОЕКТ-ЕС. Программирование на языке L2B — Киев.— 36 с.— (Препр.) ИК АН УССР; 79—73).— Соавт.: Бублик В. В., Гороховский С. С., Капитонова Ю. В., Летичевский А. А., Чуйкевич В. С.
676. Компьютеры осваивают экономику // Молода гвардія, 16 жовтня.
677. Прятать килець кибернетики // Прапор комунізму, 18 вересня.
678. Кибернетика на Олімпіаді // Вечірній Київ, 10 вересня.
679. Нагрузки регулирует ... ЭВМ // Комсомольское знамя, 11 сентября.
680. Подвиг во имя науки // Правда Украины, 22 августа.
681. Шлях у науку // Вечірній Київ, 31 березня.
682. Молодість науки // Радянська Україна, 4 лютого.
683. Диалог третій // Київська правда, 10 січня.
684. Час комп'ютерів // Наука і суспільство.— № 2,
685. Безсмертя інтелекту // Прапор комунізму, 29 липня.
686. Алгоритмы жизни // Смена.— № 3.
687. На підступах до штучного інтелекту // Наука і суспільство.— № 3.— С. 35.
688. Калькуляция инженерных идей // Техника и наука.— № 8.
689. Кибернетика в керуванні технологічними процесами // Наука і культура.— Киев.— С. 105—111.
690. USSR, computing // Encyclopedia of computer science and technology.— 13. New-York and Basel, M. Dekker.— P. 498—507.

1980

691. Система управления базами данных «Пальма» // УСУМ. № 5.— С. 94—97.— Соавт.: Бакаев А. А., Грамаренко Р. П.
692. Средства работы со структурированными данными в сетях ЭВМ (обзор) // Там же.— № 6.— С. 63—69.— Соавт.: Стогний А. А., Базилевич И. А.
693. ДИСПЛАН — новая технология планирования // Там же.— № 6.— С. 5—10.
694. Многоуровневая система управления производственным объединением в организационно-программном комплексе ЭТАП // Там же.— № 3.— С. 3—7.— Соавт.: Михалевич В. С., Подчасова Т. П., Хвзапов И. Б., Шкурба В. В.
695. Служба сетеметрии. Функции и методы организации программного обеспечения // Там же.— № 2.— С. 3—8.— Соавт. Стогний А. А., Кушпер Э. Ф., Папшин Б. П.
696. О формальных преобразованиях алгоритмов // Ургенчский симп. «Алгоритмы в современной математике и ее приложениях.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние.— С. 34—35.
697. Об одном подходе к реализации параллельных вычислений в многопроцессорных вычислительных системах // Параллельное программирование и высокопроизводительные системы. Ч. 1.— Новосибирск.— С. 5—20.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летичевский А. А.
698. Управляющие пространства в асинхронных параллельных вычислениях // Кибернетика.— № 5.— С. 1—9.— Соавт.: Анисимов А. В.
699. Параллельный алгоритм решения краевых задач для систем дифференциальных уравнений // Там же.— № 6.— С. 68 — Соавт.: Пешинчий Б. Н., Булашый А. П.
700. Успехи вычислительной техники и автоматики // Физика в школе.— № 4. Разд. физика и техника.— С. 9—13.
701. Методы математической биологии.— Киев: Вища шк.— Соавт.: Амосов Н. М., Антомонов Ю. Г., Ключков А. М., Коган А. Б., Котова А. Б., Любимов А. Н., Стогний А. А., Молчанов П. П., Хаппи М. А., Чораян О. Г.
702. Фундаментальные исследования и технология программирования // Программирование.— № 2.— С. 3—14.
703. О системной оптимизации // Кибернетика.— № 5.— С. 89—90.
704. Методы символьной мультиобработки.— Киев: Наук. думка.— 243 с.— Соавт.: Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.
705. Что же такое современная ИТР? — Киев.— (Препр. / ИК АН УССР; 80—5). Соавт.: Каиньгин Ю. М.
706. О новом классе динамических моделей и его приложения в биологии // Кибернетика.— № 4.— С. 109—118.— Соавт.: Иванов В. В., Яценко В. М.
707. Система автоматизации доказательств (САД) // Автоматизация обработки математических текстов.— Киев: ИК АН УССР.— С. 3—30.

708. Аналитическое исследование одного класса динамических моделей // Кибернетика.— № 2.— С. 1—12.— Соавт.: Иванов В. В., Яценко Ю. П.
709. Профессия ЭВМ-конструктор // Правда 22 января.
710. Комплексный метод прогнозирования на основе диаграммы перемещения нормативных технологий // Методические, организационные вопросы совместного научно-технического прогнозирования, в рамках СЭВ и использование прогнозных результатов. Секция 2, с. 17—19. (София, 1—4 октября).— Соавт.: Бородянский Ю. М., Ершов Ю. В., Цикунов И. К.
711. Математическая информационная среда и проектирование системы искусственного интеллекта // Материалы II Междунар. совещ. по искусственному интеллекту (Репино, Ленинград, октябрь 1980).— Л.: Наука.
712. РАСУНТ — важнейшая подсистема РАС УССР // Механизация и автоматизация управления.— Киев.— № 2.— С. 8—11.— Соавт.: Матвеев М. Т., Шкурба В. В., Брусилковский Б. Я.
713. Многоуровневая реляционная модель данных в СУБД «Пальма» // Кибернетика.— № 6.— С. 32—36.— Соавт.: Бакаев А. А., Крамаренко Р. П., Коструба Т. В.
714. О средствах моделирования развивающихся систем.— Киев.— (Препр./ИК АН УССР; 80—37).— Соавт.: Иванов В. В., Яценко В. М., Яценко Ю. П., Кавкичев С. В.
715. Пути к воплощению: Проблемы производства и внедрения автоматических манипуляторов в народное хозяйство // Техника — молодежи.— № 11.— С. 2—4.
716. Алгебра и логика структурного программирования // Тр. конф. «Методы мат. логики в проблемах искусственного интеллекта и систематического программирования».— Вильнюс.— С. 7—23.— Соавт.: Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.
717. Электронный двигатель прогресса // Под знаменем лепниизма.— № 14.— С. 61—63.
718. Вопросы оптимизации в АСУ // Вопр. радиоэлектроники.— Сер. АСУ.— Вып. 3.— С. 5—28.
719. Региональные автоматизированные системы управления.— Киев: Знання.— Сер. 12, № 1.— С. 63.— Соавт.: Кожурин Ф. Д.
720. Індустрія інформації // Наука і суспільство.— № 12.
721. Управление научно-техническим прогрессом // Плавное хозяйство.— № 6.— С. 45—54.
722. Кибернетика, нужная всем // Слово лектора.— № 10.
723. Человек в завтрашнем городе // Техника — молодежи.— № 3.
724. Главные часы суток // Правда, 23 марта.
725. Электроника — двигатель прогресса // Радио.— № 4.
726. Головна ланка // Прапор комунізму, 12 березня.
727. Наслідувати його життєві принципи // Наука і суспільство.— № 4.
728. ЕОМ — тисяча і одна професія // Україна.— № 20.
729. Віддай себе до остатку // Знання та праця.— № 6.
730. Кибернетика — Олімпіада // Наука і суспільство.— № 7.
731. Поступ кібернетики // Радянська Україна, 20 липня.
732. Спасет ли природу кибернетика? // Вокруг света.— № 6.
733. Кибернетика и творчество // ИТР и развитие художественного творчества.— Л.: Наука.— С. 166—175.
- 734/735. Algebra, Sprachen, Programmierung // In deutscher Sprache herausgegeben Von Prof. P. Lindner, H. Meibner. Mit 34. Abbildungen und 15.— Tabellen. Berlin. Akademie-Verlag, 340 s.— Соавт.: Zeitlin G. J., Justichenko J. L.

1981

736. Что такое ОГАС.— М.: Наука.— 160 с.— Соавт.: Валах В. Я.
737. ЭВМ со структурной реализацией языков высокого уровня // Кибернетика.— № 4.— С. 73—81.— Соавт.: Михновский С. Д., Рабинович З. Л.
738. О новом классе динамических моделей и его приложения в биологии // Там же.— № 5.— С. 113—127.— Соавт.: Иванов В. В., Яценко В. М.
739. Системы автоматизации творческих процессов в научных исследованиях проектирования и задачах управления роботами // Там же.— № 6.— С. 110—115.— Соавт.: Стогний А. А., Биба И. Г., Ващенко Н. Д., Гологан Ш. П., Гладун В. П., Рабинович З. Л., Сакунов И. А., Хоменко Л. Г.
740. Математизация научного знания (мировоззренческие и методологические проблемы) // Философия, мировоззренческие проблемы современной науки.— М.: Наука.— С. 174—218.— Соавт.: Урсуд А. Д.
741. Транспортная станция для ЭВМ единой системы // УСнМ.— № 5.— С. 3—8.—

Соавт.: Гусев В. В., Дасен И. Л., Николенко Д. И., Петрухпа В. Л., Тумко В. А.

742. Макроковейерные вычисления функций над структурами данных // Кибернетика.— № 4.— С. 13—21.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летишевский А. А., Горлач С. П.
743. Основные архитектурные принципы повышения производительности ЭВМ // Проблемы вычислительной техники. Спецвыпуск.— Киев : С. 6—21.
744. О возможных особенностях физических полей биосистем // Кибернетика.— № 3.— С. 105.
745. Проблемы анализа и синтеза структурированных параллельных программ // Там же.— № 3.— С. 1—16.— Соавт.: Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.
746. Многоуровневое структурное проектирование программ.— формализация метода — сфера приложений // Там же.— № 4.— С. 42—65.— Соавт.: Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л.
747. О построении семейства алгоритмических языков для программирования и проектирования многопроцессорных вычислительных систем // Там же.— № 1.— С. 1—7.— Соавт.: Капитонова Ю. В., Летишевский А. А.
748. О выборе длины машинного слова при решении систем линейных алгебраических уравнений на ЭВМ // УСиМ.— № 3.— С. 12—15.— Соавт.: Молчанов И. Н., Николенко И. Д.
749. Машина доказывает // Новое в жизни науки и техники. Сер. Математика, кибернетика.— М. : Знание.— № 12.— 64 с.
750. О некоторых проблемах решения задач на ЭВМ с параллельной организацией вычислений // Кибернетика.— № 4.— С. 82—88.
751. Спираючись на обчислювальну техніку // Під прапором ленінізму, 6 березня.
752. Основи економіки і організації машинної інформатики.— Киев : НК АН УССР.— 64 с.— Соавт. Кавыгин Ю. М.
753. Шляхи створення штучного інтелекту // Наука і культура.— № 3.— С. 130—136.— Соавт. Капитонова Ю. В.
754. Некоторые проблемы создания и развития сетей ЭВМ // Программное обеспечение вычислительных сетей и систем реального времени // Тез. докл. Всесоюз. конф.— Киев.— С. 3—6.— Соавт. Никитин А. И.
755. Машинний інтелект — цілком реально // Прапор комунізму, 26 лютого.
756. Гармонію перевірити кібернетикою // Огонек.— № 1.
757. Логія економіки // Молода гвардія, 20 лютого.
758. АСУ: перспективи розвитку // Молода гвардія, 9 червня.
759. Для всей страны // Правда, 13 декабря.
760. Помогает открытиям // Правда, 11 марта.
761. Опирайсь на вычислительную технику // Под знаменем ленинизма.— № 6.
762. Электроны, волны, живые клетки // Техника — молодежи.— № 12.
763. Технологические проблемы управления // Правда, 30 июня.
764. On system optimization // Collaborative Paper. March, CP—81—10.— Laxemburg, Austria.
765. On formal transformation of algorithms // Algorithms in modern mathematic and computer science. Lecture notes in computer science, Springer Verlag. Berlin Heidelberg.— N.— Y., 122.— P. 430—440.

1982

766. Алгебра алгоритмов и динамическое распараллеливание последовательных программ // Кибернетика.— № 5.— С. 4—11.
767. К вопросу системной оптимизации в многокритериальных задачах линейного программирования // Там же.— № 3.— С. 4—8.— Соавт.: Михалевич В. С., Волкович В. Л., Доленко Г. А.
768. Основы безбумажной информатики.— М. : Наука.— 552 с.
769. Накет прикладных программ решения систем линейных алгебраических уравнений // УСиМ.— № 5.— С. 104—106.— Соавт.: Дракин В. И., Березкин Б. С., Иванов В. В., Сергиенко И. В., Кудринский В. Ю., Трутень В. Е.
770. Состояние и задачи проектирования и создания сетей вычислительных центров коллективного пользования // Механизация и автоматизация управления.— № 3.— С. 1—4.— Соавт. Никулин В. Н.
771. Počítačové síte.— Praha SNTL. Nakladatelství technické literatury, 210 s.

1960*

1. Два универсальных критерия эффективности вычислительных машин // Докл. АН УССР.— № 4.— С. 477—481.
2. Об оптимальном объеме оперативных запоминающих устройств ЭЦМ // Докл. АН УССР.— № 5.— С. 571—575.

1961

3. Електронні обчислювальні машини // УРЕ.— 4.— С. 462—468.

1962

4. Некоторые результаты по моделированию мыслительных процессов на ЭВМ (на английском языке) // Current Research and Development in Scientific Documentation.— No. 10.— USA.— 2 p.
5. Об одном принципе построения универсального читающего автомата // Автоматика.— № 1.— С. 55—65.
6. Управляющая машина широкого назначения и некоторые возможности ее использования // Материалы научн.-техн. совещания.— М.: Изд-во ЦВТИ.— С. 206.— Соавт. Малиновский Б. Н.
7. Кибернетика — могучий фактор научно-технического прогресса // Коммунист Украины.— № 7.— С. 44—50.
8. Кибернетика и управление производством // Правда, октябрь.

1964

9. О свойствах локально бикомпактных групп // Докл. АН СССР.— № 2.— С. 229—232.
10. Panel on numerical control. // Proc. IFIP Congress 62, Munich, North Co., Amsterdam, Holland.— P. 258—264.
11. Symposium on artificial intelligence. Proc. IFIP Congress 62, Munich, North Holland Co., Amsterdam, Holland Computing Reviews.— 1964.— 5, N 5.— P. 6255.

1965

12. Вопросы автоматизации синтеза логических устройств. Расширенные тезисы доклада // Тр. Пражского симпозиума по автоматической обработке информации. Октябрь, 1964.— Прага.

1968

13. А. с. 219291. Цифровая вычислительная машина / № 777553; Заявл. 09.05.62; Опубл. 16.03.68.— Соавт.: Михайлов Г. А., Рабинович Э. Л., Шаманский В. Е., Михновский С. Д., Подколзина К. И., Гладун В. П., Стогний А. А.

1969

14. Множитись кібернетичному родоводу // Вечірній Київ, 8 грудня.— Соавт. Сергійченко І. В.

1970

15. ЭВМ «Мир—2» // Конструирование и внедрение новых средств ВГ.— Вып. 1.— С. 3—11.
16. Кибернетика и вычислительная техника // Научно-технический прогресс в УССР, 1961—1970 гг.— С. 55—75.

1971

17. Будущее экономики страны // Раюк.
18. Основные принципы построения автоматизированных систем управления // Кибернетика и вычислительная техника.— Вып. 12.— Киев: Наук. думка.— С. 5—19.
19. АНАЛИТИК (алгоритмический язык для описания вычислительных процессов с использованием аналитических преобразований) // Кибернетика.— № 3.— С. 102—134.

* Литература добавлена на стадии корректуры.

20. Принципы построения, опыт разработки и создания АСУС // На стройках России.— № 6.— Соавт. Слипченко П.

1974

21. А. с. 602099. Цифровая машина для проектирования и управления технологическими процессами в микроэлектронике / № 1993566; Заявл. 25.01.74.— Соавт.: Деркач В. П., Згуровец Л. Я., Зубко Л. М., Клевментович В. А., Ракитский В. Р.

1977

22. Алгоритмическое обеспечение пакета программы ВЕКТОР-1, предназначенное для решения одного класса задач проектирования ЭВМ // Тр. Всесоюз. конф. «Автоматизация проектирования ЭВМ».— Соавт.: Капитонова Ю. В., Каспицкая М. Ф., Сергиенко И. В.
23. Кибернетика и искусственный интеллект // Сб. Ин-та философии АН СССР «Кибернетика и диалектика».
24. Индустрия переработки информации // Коммунист.— № 12.— С. 90—99 Проблемы создания перспективных ЭВМ и задачи их реализации.— Препр / ИК АН УССР; 77—21.

1978

25. Сети ЭВМ // Препр. / ИК АН УССР 78—68.— 16 с.
26. Об архитектуре высокопроизводительных ЭВМ // Препр. / ИК АН УССР; 78—65.— 16 с.
27. О новом классе в нелинейных интегро-дифференциальных уравнениях и их приложениях // Тр. шк.— сем. по качеств. теории диф. уравнений.— Львов.
28. Теория, приложения и приближенные методы решения нового класса систем нелинейных интегро-дифференциальных уравнений // II Респ. симпоз. по дифференц. уравнениям (29 сент.— 2 окт. 1978).— Одесса.

1979

29. Электронные машины и автоматизация умственного труда // Кибернетика. Итоги развития.— М: Наука.— С. 122—138.

1980

30. А. с. 738023. Электронно-лучевое запоминающее устройство / № 2556250; Заявл. 19.12.77; Опубл. 08.05.80.— Соавт.: Деркач В. П., Заброна А. М., Корсунский В. М.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ	5
Вычислительные машины и автоматизация управления производством	6
Перспективы использования автоматизированных систем управления в народном хозяйстве	11
Современные проблемы научного управления	16
Об одном методе прогнозирования	26
Основные принципы построения автоматизированных систем организационного управления	33
Оценка сложности задач управления в связи с проблемой его автоматизации	47
Стратегия автоматизации	52
Об одном классе динамических макроэкономических моделей	56
Экономика и кибернетика	61
РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСУ	65
Автоматизированные системы управления в народном хозяйстве	66
Вычислительная техника и проблемы автоматизации управления АСУ. Состояние и перспективы	76
Автоматизированная комплексная территориально-отраслевая система планирования (АКТОСП)	85
О некоторых проблемах автоматизации плановых расчетов	90
Проблемы ОГАС на современном этапе	127
ДИСПЛАН — новая технология планирования	140
РАЗДЕЛ 3. РАЗНЫЕ РАБОТЫ	148
Теорема о неполноте формальных теорий с позиций программиста	157
Гносеологическая природа информационного моделирования	158
Происхождение жизни. Наука или эженаука?	165
Науковедение и фундаментальные исследования	171
Флуктуационная системология	173
Теория рака с позиций общей теории систем	182
О возможных особенностях физических полей биосистемы	186
Кибернетика — любовь моя!	196
Список печатных работ академика АН СССР В. М. Глушкова	198

