



# Методологические проблемы кибернетики и информатики

Наукова думка

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
Институт кибернетики им. В.М. Глушкова

# **Методо- логические проблемы кибернетики и информатики**

материалы  
методологического  
философского  
семинара

Киев    Наукова думка    1986

Н.В.В.    2017    Киев

Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев Наук.думка, 1986. — 272 с.

Изложены основные положения информатики, показаны ее значение и ведущая роль в народном хозяйстве и механизации умственного труда, особенно в период его компьютеризации.

Для специалистов в области информатики, вычислительной техники и управления.

---

**Редакционная коллегия**

*В.С.Михалевич* (ответственный редактор), *А.А.Бакаев*, *С.А.Городничева* (ответственный секретарь), *В.И.Гриценко*, *В.Г.Гулеватый*, *Ю.М.Каныгин*, *А.И.Кухтенко*, *Л.Г.Лавров*, *И.И.Лукинов*, *Ю.Н.Пахомов*, *И.Е.Сергиенко*, *Е.Л.Ющенко*, *Ю.С.Яковлев*

Редакция информационной литературы

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

**Материалы методологического  
философского семинара**

Утверждено к печати ученым советом  
Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР

Редактор *Г.Л.Топчий*

Обложка художника *В.Б.Харика*

Художественный редактор *Л.А.Комяхова*

Технические редакторы *И.Ю.Алексахина*, *Л.Н.Муравцева*

Операторы *Н.Г.Калинникова*, *Л.И.Прокопчук*, *И.М.Зайцева*

Корректор *С.В.Лисицына*

ИБ № 7955

---

Подп. в печ. 25.08.86. БФ 06479. Формат 60х84/16. Бум. офс. № 1. Гарн. Пресс Роман. Офс. печ. л. 15,81. Усл. кр.-отг. 16,04. Уч.-изд. л. 19,94. Тираж 870 экз. Заказ Цена 3 р. 10 к.

---

Издательство "Наукова думка". 252601 Киев 4, ул. Репина, 3.  
Киевская книжная типография научной книги. 252004 Киев 4, ул. Репина, 4.

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе научно-технической революции человечество вступило в период всеохватывающей автоматизации с тенденцией к замене машинами многих производственных функций человека — физических и интеллектуальных. Создается машинизированная "нервная система" общественного производства, как в свое время была создана его "костно-мускульная" система. Технической базой этих процессов выступают ЭВМ, а основным связывающим звеном — информатика, представляющая новую технологию переработки и использования информации в познании и управлении.

Проблемы информатики (ее предмет, место в системе наук, социальное значение) становятся острее и масштабнее по мере "электронизации" народного хозяйства и "машинизации" умственного труда. В данном случае практика значительно обгоняет теорию, несмотря на формирование Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР, ряда новых научных учреждений в его составе, принятие общегосударственной программы создания, развития производства и эффективного использования вычислительной техники и автоматизированных систем на период до 2000 г. Информатика приобрела популярность раньше, чем сложилась в четко определенную систему знаний. Все более очевидным становится то, что нельзя дать исчерпывающее определение информатики как науки, выделить главные ее черты и практические функции без уточнения сущности, предмета, места и роли кибернетики, теории информации, системной техники и некоторых других областей знания, связанных с электронно-вычислительной техникой.

Организационно-экономическим и социальным аспектам использования ЭВМ и их сетей большое внимание уделял академик В.М.Глушков. Он настойчиво боролся против "голого техницизма" в развитии и использовании вычислительных систем, выступил с предложением наряду с активизацией исследований в области кибернетики шире развернуть научный



поиск в области информатики. Сама структура института, носящего его имя, создавалась с расчетом охвата исследованиями и разработками не только проблем кибернетики, но и главных аспектов информатики. В институте ведутся работы по развитию всех элементов машинизированных информационно-вычислительных технологий — технических средств, элементной базы, системного математического обеспечения, организации вычислительного процесса. Уделяется внимание разработке оптимизационных моделей планирования и управления народным хозяйством, формированию больших сетей ЭВМ, созданию РАСУ.

В последние годы получили развитие исследования проблем технологического формирования и организационного оформления машинной информатики как отрасли народного хозяйства, общих проблем информатики как фундаментальной науки. На этой основе методологический философский семинар Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР расширил круг рассматриваемых вопросов и обратился также к информатике.

"Электронизация" народного хозяйства представляет собой один из самых сложных видов деятельности, где решение инженерных задач переплетается с решением комплексных научных проблем — технических, математических, социальных. Этим и объясняется важность разработки теоретических аспектов информатики как новой науки.

Авторами настоящего сборника сделана попытка высказать предложения по разработке некоторых из указанных проблем на теоретическом и философском уровне.

## **НОВАЯ ОБЛАСТЬ НАУКИ И ПРАКТИКИ**

УДК 007.5

**В.С.Михалевич, Б.А.Малицкий, В.П.Соловьев**

### **ОБ ОПЫТЕ И ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ СЕМИНАРОВ ИНСТИТУТА КИБЕРНЕТИКИ им. В.М.ГЛУШКОВА АН УССР**

В научной и общественной жизни коллектива Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР важное место занимают философские (методологические) семинары. В институте действует 40 семинаров, объединяющих около 600 научных работников, в том числе 11 академиков и членов-корреспондентов АН УССР, 54 доктора и около 400 кандидатов наук.

Появление кибернетики — науки, изучающей, по определению В.М.Глушкова, общие законы получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах [1], явилось следствием резкого обострения противоречий между вещественно-энергетической и информационно-управляющей компонентами общественного производства. Практическим воплощением идей и методов кибернетики стали ЭВМ, которые многократно усилили интеллектуальные возможности человека, сделали реальностью прогноз К.Маркса о таком технологическом способе производства, когда человек полностью освобождается от непосредственного участия в производственном процессе, благодаря превращению общественного знания, науки в непосредственную производительную силу [2]. Оказывая революционизирующее влияние на современное общественное производство, кибернетика непосредственно или опосредованно является причиной многих изменений в материальной и духовной жизни современного общества.

С момента возникновения кибернетика заявила о себе как междисциплинарная наука, что обеспечило ее влияние на формирование современной научной картины мира [3], а значит — и на стиль мышления и методологию научного познания. Такая роль сделала кибернетику предметом активного обсуждения философами. В настоящее время стало совершенно очевидным,

что кибернетика не только не опровергла основных концепций и положений диалектического материализма, но и в существенной степени способствовала развитию некоторых из них. Особенно важную роль она сыграла в 60–70-х годах в качестве своеобразного "посредника" между марксистско-ленинской гносеологией и методологией конкретных наук. Основные понятия кибернетики (информация, сложность, управление, обратная связь, гомеостазис, модель) приобрели общенаучное значение, характеризуя формы движения, присущие и биологическим, и социальным, и техническим системам. Применение технических средств кибернетики как нового инструмента познания практически во всех естественных и социальных науках способствовало, с одной стороны, экспансии кибернетических понятий, а с другой — их обогащению и превращению в категории гносеологии.

В нашей стране сотрудничество специалистов в области кибернетики и философов носит конструктивный и взаимообогащающий характер. Свидетельством плодотворной связи марксистско-ленинской философии и кибернетики является создание теории функциональных систем П.К.Анохина, разработка под руководством Б.Н.Петрова информационной теории управления. Общеизвестно, что в больших теоретических и особенно практических достижениях, полученных учеными Института кибернетики АН УССР им. В.М.Глушкова, существенную роль сыграли диалектико-материалистическое понимание кибернетики как научного направления и разработка В.М.Глушковым и его учениками философских вопросов кибернетики [7].

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР с момента своего образования ведет исследования в самых актуальных направлениях компьютеризации промышленности и других сфер деятельности человека. В своей повседневной работе ученым и специалистам института приходится сталкиваться с необходимостью решения проблем, имеющих общенаучное, социальное значение. Умение оценить возможности и потребности использования в народном хозяйстве тех или иных кибернетических устройств и систем, учесть при создании автоматических и автоматизированных систем управления человеческий фактор в значительной степени определяют эффективность разработок, их социальную и технологическую совместимость с условиями производства. Отсюда вытекает необходимость создания специальной системы повышения уровня политических, экономических и философских знаний, учитывающей характер работы и образовательный уровень всех сотрудников института.

Такая система, созданная в 1965 г., в настоящее время представляет собой сеть методологических, теоретических и экономических семинаров, школ коммунистического труда, основ марксизма-ленинизма, научного коммунизма, общественно-политических знаний. Всего в институте работает 228 семинаров и школ, охватывая более 5000 сотрудников. Среди разных форм политического и экономического образования особую роль играют ме-

тодологические семинары, сформировавшиеся к началу 70-х годов как стройная система изучения и разработки философских проблем кибернетики. Именно к этому времени на основе опыта работы теоретических семинаров сформировались основные принципы организации деятельности методологических семинаров. С самого начала была четко выделена мировоззренческо-идеологическая функция семинаров, состоявшая в теоретическом углублении и систематизации научного мировоззрения слушателей, раскрытии существа и формирования коммунистических убеждений и активной жизненной позиции, в разоблачении реакционной сущности буржуазных учений и идеологии.

Первостепенное значение разработке методологических проблем науки придавал В.М.Глушков. Выступая 18 октября 1963 г. на расширенном заседании Президиума Академии наук СССР, посвященном обсуждению методологических проблем естествознания и общественных наук, он четко сформулировал те проблемы развития естественных наук, решение которых в первую очередь требует творческого использования, а порой и дальнейшего развития марксистско-ленинской методологии познания [8]. Эти установки стали, по существу, программой методологической деятельности ученых института и не потеряли своей актуальности до настоящего времени. Например, работа по теоретическому обобщению в области фундаментальных и прикладных наук ведется сегодня в условиях возрастающих темпов накопления фактического материала. Обработка этого материала теперь уже не мыслится без применения ЭВМ. Однако эффективность и диапазон применения средств вычислительной техники и информатики в значительной мере зависит от уровня математизации и формализации, т.е. в конечном итоге методологии соответствующих конкретных научных исследований.

Возросло требование к действенности нашей науки, ее влиянию на экономику, общественное производство. Здесь методологические и философские обобщения продолжают оставаться важным средством поиска путей максимальной отдачи науки для решения задач коммунистического строительства. В условиях обострения идеологической борьбы особую важность приобретает развитие форм проявления партийности естественных и технических наук. Поэтому философские обобщения научных достижений оказывают первостепенное влияние на установление социальной значимости открытий и теорий и тем самым способствуют действенной связи политики нашей партии и задач в области развития естественных и технических наук.

С самого начала создания в институте сети философских семинаров они формировались по научно-тематическому принципу, т.е. таким образом, что каждый семинар объединял специалистов, работающих в одинаковом научном направлении. Это создавало хорошие возможности для использования полученных на занятиях знаний в научно-производственной и общественной деятельности научных работников.

Много делалось и для обеспечения органического сочетания дифференцированного отношения к организации учебы различных категорий слушателей с требованиями преемственности и единства как самих семинаров, так и их учебных программ. Результатом такой работы явилось, в частности, создание в институте по инициативе В.М.Глушкова в 1971 г. объединенного методологического семинара "Философские проблемы кибернетики" для руководящих научных работников Института кибернетики и Института философии АН УССР. Возглавил объединенный методологический семинар и руководил им до 1982 г. В.М.Глушков, усилиями которого семинар стал центром формирования диалектического мировоззрения в кибернетике.

Работа семинара началась с доклада участника IV Международного конгресса по логике, методологии и философии науки М.В.Поповича, который изложил основные проблемы, рассмотренные на конгрессе и охарактеризовал кризис современной буржуазной философской мысли. С докладом на тему "Моделирование мыслительных процессов" на семинаре выступил В.М.Глушков.

Эти обсуждения способствовали координации усилий научных подразделений института в направлении развития научной концепции общегосударственной автоматизированной системы (ОГАС), создания элементов ее технического и программного обеспечения. Был разработан новый метод решения балансовых задач по оперативному управлению экономикой на республиканском уровне и предложена методика, позволяющая улучшить текущее планирование и быстрое реагирование на разные изменения. Были выполнены также разработки экспериментальной автоматизированной системы балансовых расчетов ("Дисплан"), эскизного проекта ГСВЦ, а совместно с ГлавНИИВЦ Госплана УССР — эскизного проекта информационного и математического обеспечения республиканской автоматизированной системы Украинской ССР. (РАСУ).

Общее собрание Отделения математики, механики и кибернетики АН УССР при анализе деятельности Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР за 1971—1974 гг. констатировало важность и высокий научный уровень перечисленных разработок и рекомендовало сосредоточить внимание на развитии научных основ автоматизированных систем управления народным хозяйством, отраслями промышленности, предприятиями и технологическими процессами, решении теоретических и прикладных проблем, вытекающих из программ ОГАС, государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ) и РАСУ. Эти рекомендации нашли отражение в тематической направленности работ института во второй половине 70-х годов.

В этот период Институт кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР был головным в стране по таким важным научным направлениям, как общественные вопросы и математическое обеспечение государственной сети вычислительных центров, вычислительных центров коллективного пользова-

ния, разработка типовых общесистемных и прикладных пакетов программ и программ массового применения в вычислительных центрах и автоматизированных системах управления и др. Значительный объем прикладных исследований и работ по внедрению этих научных направлений потребовал и определенных изменений в структуре института. Например, в 1978 г. был создан сектор автоматизированных систем управления, в 1980 г. — специальное конструкторско-технологическое бюро программного обеспечения (СКТБ ПО).

Во всех развитых странах темпы увеличения числа ЭВМ, АСУ, терминалов и особенно суммарной производительности ЭВМ и объемов накопленной в них информации резко опережают темпы роста всех других показателей, характеризующих экономику и научно-технический прогресс [9].

В социалистическом обществе трудосберегающий характер новых технологий направлен на освобождение человека от тяжелого и рутинного труда. При этом человек не "вытесняется" из производства как "ненужный" для него элемент, пополняя армию безработных, а получает возможность творчески включиться в него и в подлинном смысле слова подчинить его своим материальным и духовным потребностям [10]. Однако процесс "оживления" человека в новые условия производства материальных и духовных ценностей, характерные для современной НТР, не происходит идеально. Преимущества, которые в этом смысле дает социализм, могут быть реализованы только путем целенаправленной деятельности в области воспитания, образования, пропаганды, преодоления локальных противоречий и конфликтов.

Возросшая сложность обсуждаемых на объединенном методологическом семинаре вопросов потребовали поиски новых форм его работы. Одной из таких форм, хорошо зарекомендовавших себя на практике, оказались ежегодные конференции по проблематике объединенного методологического семинара. В апреле 1981 г. была проведена конференция по проблемам развития и повышения эффективности индустрии переработки информации. Пленарное заседание конференции привлекло более 350 участников — представителей научно-исследовательских и учебных институтов, а также ряда вычислительных центров Киева. На конференции развернулось всестороннее обсуждение узловых вопросов развития и использования в народном хозяйстве электронной вычислительной техники, общеметодологических и философских аспектов становления и развития интегрированных систем машинной переработки информации, широкого внедрения вычислительной техники во все сферы человеческой деятельности. Особое внимание было уделено обсуждению принципиальных признаков, которые характеризуют индустрию переработки информации (машинную информатику) как объективно обособившуюся отрасль человеческой деятельности. Было убедительно показано, что машинная информатика к началу 80-х годов приобрела все основные признаки самостоятельной отрасли народного хозяйства: эта сфе-

ра деятельности превратилась в область массового труда (в ней к этому времени было занято уже более 500 тыс. человек); возникла целостная индустриальная технология производства информации, допускающая расчленение на типовые элементы и операции; сформировалась материальная и организационная база поточного производства однородной продукции (информации), "потребляемой" другими отраслями народного хозяйства. На этом основании сделан вывод о неотложной необходимости придания данной отрасли соответствующего юридического статуса и разработки экономической-организационных принципов ее функционирования.

Отличительной чертой данного периода становления информатики стало широкое применение оптимизационных методов планирования и управления при создании АСУ различного уровня. Возникла необходимость обработки технологии взаимоувязанного решения оптимизационных задач путем создания многокритериальных иерархических систем управления, в которых через совокупность технико-экономических показателей и итеративных процедур оптимизации осуществляется "вертикальное" и "горизонтальное" согласование решений отдельных задач в рамках получения глобального народнохозяйственного оптимума.

Рассмотрение на конференции ряда частных вопросов организационно-экономического, социального и правового формирования индустрии информатики явилось основой их дальнейшей конкретно-научной разработки, а также широкого обсуждения в прессе. Таким образом, ученые Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР внесли определенный вклад в организационное оформление информатики, которое завершилось созданием в 1983 г. Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации управления Академии наук СССР.

Становление ныне сложившейся системы семинаров, состоящей из объединенного методологического семинара и методологических семинаров научных подразделений (его секций), происходило в несколько этапов.

Каждый из действующих в настоящее время семинаров начинал с рассмотрения на своих заседаниях отдельных философских и методологических тем, с изучения основ марксистско-ленинской методологии. Затем осуществлялся переход к целенаправленному исследованию на основе индивидуальных планов фундаментальных комплексных философско-методологических проблем конкретных дисциплин, определяющих научный профиль института. Часть семинаров переходила к организации работы на основе перспективных проблемных планов на пятилетку.

На первом этапе методологические семинары являлись, по существу, философско-мировоззренческими. Совершенствование философского мировоззрения, повышение философской культуры слушателей было их главной задачей. В ее успешном решении важную роль сыграло то, что на завершающей стадии первого этапа большинство методологических семинаров в соответствии с рекомендациями Центрального совета философских (методо-

логических) семинаров при Президиуме АН СССР работали по трехлетней программе "Книга В.И.Ленина "Материализм и эмпириокритицизм" и методологические проблемы современного научного познания", а затем — по программе "Актуальные проблемы развития науки в свете решений XXVI съезда КПСС и современные методы научного исследования".

Процесс последовательного совершенствования методологических семинаров путем изменения характера их работы с философско-мировоззренческой направленности на методолого-мировоззренческую наглядно подтверждается количественными и качественными показателями, характеризующими динамику сети семинаров института за последние 10 лет: в 1974 г. все 15 методологических семинаров (кроме объединенного методологического семинара) работали по типовой программе, а в 1979 г. впервые перешли на индивидуальные планы восьми методологических семинаров, работающих на базе ведущих научных отделов института.

Опыт работы объединенного философского семинара и лучших методологических семинаров научных подразделений постоянно анализируется партийным комитетом и ученым советом института. На этой основе, с учетом партийных установок и рекомендаций Центрального совета философских (методологических) семинаров при Президиуме АН СССР и других координирующих и направляющих эту работу органов, проводилась последовательная работа по переводу наиболее подготовленных семинаров на индивидуальные программы. В результате по самостоятельно разрабатываемым программам и пятилетним перспективным планам стали уже работать 29 из 40 отделовских методологических семинаров. Направленность формирования их тематики идет по пути согласования и взаимосвязи с профилем научных исследований отделов и лабораторий. Например, в Отделении теоретической и экономической кибернетики работают методологические семинары "Основы информатики", "Проблема отражения в дискретной математике и кибернетике", "Методологические проблемы экономики машинной информатики", а в отделении системного математического обеспечения — "Методологические проблемы медицинской кибернетики".

Тесная связь тематики методологических семинаров с тематикой научных исследований отделов и лабораторий находит отражение в планах их работы, в самой организации деятельности, которая строится по типу научно-исследовательских семинаров. Философско-методологические исследования слушателей семинаров отражаются в планах научно-исследовательской работы научных коллективов подразделений института. Результаты работы семинаров часто имеют практическое значение для профилирования тематики научных исследований отделов и лабораторий, оказывают существенное влияние на постановку научно-исследовательской деятельности.

Конкретный пример — организация работы методологического семинара "Философские проблемы кибернетики и методология построения кибернетических систем", объединяющего научных работников отдела управляю-



ших машин. В отделе проводятся фундаментальные исследования в области принципов построения средств вычислительной техники, предназначенных для управления технологическими и производственными процессами, для автоматизации научных экспериментов. Результаты теоретических исследований широко внедряются в практику. Отдел активно развивает творческие связи с промышленностью и другими научными коллективами, выполняет в институте координирующую роль в части разработок терминалов, средств передачи информации и средств связи с объектами, микропроцессорных систем, перспективной элементной базы кибернетической техники, систем автоматизации научного эксперимента. Широкий спектр научной деятельности отдела нашел отражение в перспективном пятилетнем плане работы его методологического семинара и в тематической направленности отдельных занятий. Активная и плодотворная разработка методологических проблем создания и применения кибернетических систем позволяет отделу находиться на передовых рубежах научно-технического прогресса.

Эффективность работы методологических семинаров в решающей мере зависит от организаторских способностей, авторитета и творческих возможностей их руководителей, правильного понимания ими идейно-воспитательных, пропагандистских, научных целей семинаров и умения достигать их кратчайшим путем. Все руководители методологических семинаров института имеют ученые степени и ученые звания. В числе пропагандистов 5 академиков и членов-корреспондентов АН УССР, 22 доктора наук. Совершенствованию методического уровня работы методологических семинаров способствует обмен опытом, который организован партийным комитетом путем взаимопосещений занятий семинаров пропагандистами, организации открытых занятий на базе опорных семинаров, руководимых наиболее опытными пропагандистами.

Методологические семинары играют неоценимую роль в выяснении и осмыслении конкретной методологии проводимых исследований, что очень ценно для достижения понимания замыслов ведущих ученых. Особенно это важно для творческого становления научной молодежи.

Наряду с широким привлечением молодых ученых к работе методологических семинаров в отделах и лабораториях, в институте проводится эксперимент по организации самостоятельных молодежных методологических семинаров. В частности, на протяжении ряда лет успешно работает методологический семинар "Методологические проблемы повышения эффективности использования в народном хозяйстве электронно-вычислительного потенциала". Слушателями этого семинара являются члены творческого комсомольско-молодежного коллектива, занятого разработкой программного обеспечения ВЦКП и сетей ЭВМ. Эффективность семинара определяется в значительной мере тем, что с его помощью удается естественным образом соединить процессы овладения марксистско-ленинской методологией с творческим развитием молодых исследователей.

Активное систематическое участие в деятельности семинаров способствует формированию у слушателей правильного представления о значимости собственной научной работы и ее общественной полезности, позволяет по-государственному оценить ее, побуждает к дальнейшим поискам наиболее актуальных направлений научной работы, воспитывает чувство ответственности за судьбу результатов научных исследований как своих, так и всего коллектива. Одним из проявлений результатов этой работы является деятельность ученых института по пропаганде достижений кибернетической науки.

Участие в лекционной пропаганде слушателей семинаров (начиная от академика и заканчивая молодым исследователем) рассматривается в институте как важнейшее направление общественно-политической практики сотрудников. Ежегодно ученые института читают более 2500 лекций и докладов как перед широкой аудиторией, так и на предприятиях и в организациях, с которыми институт поддерживает творческие связи в рамках целевых комплексных программ и координационных планов. Стало правилом, что лекторы института активно участвуют в семинарах, конференциях, днях науки, коллективных выходах на предприятия и в других лекционных мероприятиях, организуемых обществом "Знание".

Современный этап разработки марксистско-ленинской теории применительно к потребностям методологии конкретных наук требует от ученых и особого внимания к проблемам контрпропаганды. Стремление глубже раскрыть научную несостоятельность и враждебную классовую направленность буржуазных ревизионистских извращений реального социализма [12] становится неотъемлемой частью всех направлений пропагандистской работы партии. Буржуазные идеологи для пропаганды капиталистического образа жизни активно используют современную науку в качестве "носителя" технократических концепций развития общества, обосновывая свою концепцию тем, что естественнонаучная теория в современном понимании представляет собой прочный сплав экспериментальных фактов, законов природы, методологических принципов и философии. Но попытки разделить перечисленные составляющие на независимые компоненты с тем, чтобы доказать, например, несостоятельность социальной интерпретации научной теории в отрыве от методологии, системы экспериментальных фактов и других остаются несостоятельными. Подтверждением этому является борьба с антидиалектическими тенденциями в мировой науке, порожденными появлением кибернетики. Попытка западных философов придать некоторым кибернетическим принципам статус всеобщности вызвала справедливые возражения философов-материалистов. Нельзя забывать, что неправильная и неумелая контрпропаганда в первые годы становления кибернетики привела в дальнейшем к некоторой настороженности и недоверию к новой зарождающейся науке, особенно при решении вопросов ее широкого внедрения в практику в связи с автоматизацией технологических процессов и организационного

управления. Это дало повод западным философам выступать с утверждениями о том, что при диалектико-материалистическом осмысливании понятий теории информатики возникают непреодолимые трудности и что имеются реальные противоречия между кибернетикой в целом и советской философией [13]. Поэтому вопросы контрпропаганды остаются одним из наиболее важных направлений в работе методологических семинаров. Здесь первостепенное значение приобретает не только доказательство несостоятельности тех или иных утверждений буржуазных философов, но и аргументированная защита материалистической сущности научных теорий и открытий, демонстрация плодотворности и эффективности диалектического метода в применении к новым научным направлениям [4, 15].

Перспектива совершенствования деятельности сети методологических семинаров института неразрывно связана с претворением в жизнь решений партии, направленных на ускорение социально-экономического развития нашего общества. Первоочередными здесь являются дальнейшая конкретизация тематики методологических семинаров, развитие творческой инициативы пропагандистов и слушателей, глубокое осмысление и ускоренное развитие индустрии информатики как общественного явления.

1. Глушков В.М. Кибернетика. Энциклопедия кибернетики. — Киев : УРЭ, 1974. — с. 440—445.
2. Маркс К., Энгельс Ф. Критика политической экономии. — Соч. 2-е изд., т. 46, ч. II. — 618 с.
3. Мороз А.Я. Научная картина мира и кибернетика. // Научная картина мира. Логико-гносеологический аспект. — Киев : Наук. думка, 1983. — С. 135—149.
4. Аксенов И.Я. О втором международном конгрессе по кибернетике (по материалам отчета делегации АН СССР). // Философские вопросы кибернетики. — М. : Соцэкгиз, 1961. С. 359—373.
5. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в живом и машине. — М. : Наука, 1983. — 340 с.
6. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. — М. : Мир, 1966. — 272 с.
7. Урсул А.Д. Философия и кибернетика // Кибернетика и диалектика. — М. : Наука, 1978. — С. 5—19.
8. Глушков В.М. Значение разработки методологических вопросов для естественных наук // Методологические проблемы науки: Материалы заседания Президиума Академии наук СССР. — М. : Наука, 1964. — С. 208—209.
9. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. — М. : Наука, 1982. — 552 с.
10. Фролов И. Высокое соприкосновение: О некоторых социальных проблемах на новом этапе развития НТР. — Правда, 1984, 23 нояб.
11. Соловьев В.П. Обеспечение высокого качества и эффективности лекционной пропаганды (из опыта работы первичной организации общества "Знание" УССР Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР). — Киев. Изд-во "Знание" УССР, 1983. — 8 с.
12. Постановление ЦК КПСС "О повышении роли Института экономики Академии наук СССР в разработке узловых вопросов экономической теории развитого социализма". — Правда, 1984, 24 фев.
13. Бирюков Б.В. Кибернетика и методология науки. — М. : Наука, 1974. — 414 с.
14. Глушков В.М. Социально-экономическое управление в эпоху научно-технической революции. — Киев, 1979. — 54 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т кибернетики; № 79—2).
15. Глушков В.М., Каньшин Ю.М. Что же такое современная НТР? — Киев, 1980. — 68 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т кибернетики; № 80—5).

УДК 007

И.И.Лукинов

## ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ В ТРУДАХ АКАДЕМИКА В.М.ГЛУШКОВА

Разработка методологических проблем информатики занимает важное место в творческом наследии академика В.М.Глушкова. Особое значение он придавал социально-экономическим аспектам использования ЭВМ. Будучи непосредственным их создателем и обладая широчайшим научным кругозором, В.М.Глушков, как никто другой, понимал, какие могучие силы прогресса таит в себе преобразование на качественно новых технических, технологических и организационных принципах всей системы информатики в самом широком ее толковании.

Под информатикой понимается теперь не просто новая информационно-перерабатывающая технология, основанная на электронно-вычислительной технике, а технология, соответствующим образом "встроенная" в общественную практику, ставшая органической составляющей того или иного социально-коммуникативного процесса — управления, научных исследований, образования, прогнозирования, планирования и проектирования, охраны окружающей среды, криминалистики, медицины и т.д. Для верного понимания информатики важно не только учитывать социальные аспекты компьютеризации, но и точно определять их место и роль в общественной жизни и многогранной человеческой деятельности. Именно такой подход характерен для В.М.Глушкова, который первым в нашей стране выдвинул задачу: наряду с расширением исследований по кибернетике, развернуть исследования по информатике [1].

В.М.Глушков одним из первых увидел, что развитие электронно-вычислительной техники и ее широкое использование в практике (создание автоматизированных и информационно-поисковых систем различного уровня и назначения, сетей ЭВМ, вычислительных центров коллективного пользования, моделирующих комплексов и стендов) обнажили глубинные проблемы, относящиеся ко всему технологическому циклу переработки и использования информации в планово-управленческих, познавательных и других процессах — учитывая постоянное творческое развитие научной мысли, трудно рассчитывать на адекватность отражения во времени ранее выдвинутых идей и разработок. Они неизбежно трансформируются, развиваются. Принципиально новые научные открытия приводят к расширению горизонта, сдвигам в наших представлениях, производительных силах, отношениях, во всем общественном и хозяйственном устройстве. Здесь роль информатики неце-

нима. Она сама обособляется в самостоятельную научную дисциплину, комплексно изучающую проблемы научной разработки, проектирования, создания, функционирования основанных на новых поколениях ЭВМ систем переработки информации, их применения и воздействия на различные области экономической и социальной практики.

Информатика теснейшим образом связана с кибернетикой по общности изучаемых процессов и явлений, но имеет свою специфику, обладая общественно-социальной направленностью. Если одной из главных проблем кибернетики является "интеллектуальный уровень" искусственных устройств с прямыми и обратными связями, создания все более надежных, компактных и простых в эксплуатации систем, т.е. развития ЭВМ, то одна из главных проблем информатики — "состыковки" ЭВМ и возникающие на их базе информационные системы с человеком и средой. Речь идет об органичном включении вычислительных технологий в ту или иную область социальной практики — производство и управление, научные исследования и проектно-конструкторские разработки, самые разнообразные сферы жизни и человеческой деятельности.

К пониманию информатики как особой комплексной дисциплины, характеризующейся в отличие от кибернетики большей общественно-социальной направленностью В.М.Глушков пришел в результате того, что его деятельность была с самого начала сосредоточена не только на создании ЭВМ, но и на подготовке социальных предпосылок их широкого и эффективного использования. Это можно объяснить не только чертами характера ученого, но и тем, что кибернетика — по своей природе "всепроницающая", не признающая традиционной специализации наука, изучающая законы преобразования и передачи информации в сложных системах разной природы — биологических, технических и общественных. Последние, прежде всего социально-экономические, были в центре внимания ученого. В первую очередь это относится к нашей социалистической общественной системе, самой обобществленной и высокоинтегрированной в истории человечества из всех, которые когда-либо выступали объектом управления.

В.М.Глушков внес весомый вклад в развитие некоторых направлений общественной мысли, в частности философских аспектов математики и кибернетики, теории социального планирования и управления. Он немало сделал для того, чтобы вооружить математиков и обществоведов новыми средствами исследования и эксперимента, базирующимися на современных ЭВМ. Тем самым расширены области применения математики, особенно в гуманитарных и экономических науках. Он осуществил глубокий философский анализ предмета и методов кибернетики, гносеологических и социальных последствий ее развития и той исключительной роли, которая отведена вычислительной технике в современную эпоху НТР.

В начале 60-х годов XX ст. В.М.Глушков дал новую, более широкую в сравнении с известной винеровской, трактовку предмета кибернетики, ее

содержания и особенно методов, в частности основополагающей роли машинного эксперимента в кибернетическом "освоении" действительности. По его определению, кибернетика — это наука об общих законах получения, отбора, хранения, передачи и преобразования информации в сложных технических, биологических, административных и социальных системах. Такая трактовка была принята сначала в Украинской Советской, затем в Большой Советской Энциклопедиях и в очередном (14-м) издании Британской энциклопедии и стала теперь классической.

Признанная заслуга ученого заключается в том, что он ввел исследования и разработки в области кибернетики, а впоследствии и информатики, в единое русло. Раньше и лучше других В.М. Глушков увидел в ЭВМ не просто сверххарифмометр, средство решения отдельных задач науки и практики, а мощный движитель современного научно-технического и экономического прогресса. Впервые в нашей стране социально-экономические функции ЭВМ стали трактоваться во всей их широте, главная из которых управленческая. Еще в начале 60-х годов В.М. Глушков первым в стране выдвинул концепцию совершенствования технологии планирования и управления народным хозяйством на основе больших сетей ЭВМ. Переход от разрозненного использования машин к их объединенным системам, позволяющим обмениваться данными, приравнивается по значению к самому появлению ЭВМ. Алгебраист, теоретик цифровых автоматов, создатель нескольких типов ЭВМ становится поборником новой человеко-машинной технологии организации управления экономическими и социальными процессами.

В.М. Глушков в 1962 г. выдвинул идею создания Государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ). К ее разработке были привлечены соответствующие институты, организации и предприятия, многие специалисты. Однако построение этой сети, не имеющей аналогов в мировой практике, оказалось делом сложным, в техническом, технологическом и организационном аспектах недостаточно проработанным. Требуются дальнейшие исследования, создание более компактных, надежных и эффективных систем. Их формирование и функционирование на базе новейших вычислительных и связующих средств должно олицетворять собой одно из преимуществ плановой экономики.

В период первых попыток использования ЭВМ в управлении экономическими объектами нужно было доказать практическую целесообразность ГСВЦ и В.М. Глушков создает эффективно работающую автоматизированную систему управления (АСУ) Львовским заводом "Электрон", привлекая к разработке системы весь коллектив института. Подключение целого академического института к решению, казалось бы, частной, сугубо практической задачи — перестройке управления одним заводом — было необычным шагом, не сразу принятым в академической среде. В среде экономистов также не сразу по достоинству была оценена идея организационных АСУ. Но стране нужен был конкретный опыт, реальный образец АСУ, который бы

убедил производителей в преимуществах новой организационной технологии управления. Им и явилась система "Львов", сданная в эксплуатацию в 1967 г. — первая АСУ экономического назначения, принятая Государственной комиссией и ставшая типовой для ряда отраслей промышленности. Несмотря на несовершенство этой системы с позиций современных достижений и представлений, решенная задача оказалась не только чисто практической. Родился новый взгляд на АСУ, принципы их построения. Система "Львов" стала школой для многих производителей, а монография В.М.Глушкова "Введение в АСУ" превратилась в настольную книгу для многих специалистов по использованию ЭВМ.

АСУ в трактовке ученого выступили не просто как средство "автоматизированного сервиса" руководителей, придаток управленческого аппарата (такой узкий взгляд был распространен у нас и за рубежом), а как важнейшее качество современных управляющих систем. Они позволили максимально использовать мероприятия по НОТ, воплотить в жизнь достижения организационной науки, теории оптимизации, кибернетики, системотехники. Внедрение АСУ стало критической областью деятельности предприятия, здесь надо было быстро продвигаться вперед, ломая рутину. Необходимо было менять структуры управленческого аппарата, его штаты, документооборот, привычный стиль работы. Поэтому участие во внедрении АСУ "первого лица" в руководстве В.М.Глушкова считал принципиально важным.

Постановки и решения В.М.Глушкова в области народнохозяйственного использования ЭВМ отличались глубиной и широтой, но главное внимание в них обращалось не на технические, а на экономические и социальные стороны проблем. Его взгляды далеко опережали время и складывающиеся в тот период возможности. Практика показала, что с дальнейшим развитием "электронизации" хозяйства сложнее и острее становятся управленческие проблемы. В высоты современного опыта хорошо видно, что главные просчеты в использовании ЭВМ заключались в том, что машины насаждались в неподготовленную для них экономическую среду, заведомо обуславливающую низкую отдачу компьютерной техники.

В экономических работах В.М.Глушкова [2–7] поставлены, по существу, многие вопросы повышения эффективности электронно-вычислительной техники: проблемы организации, стимулирования, подготовки кадров. Но степень оперативности их практической реализации в то время серьезно отставала, что привело к определенным недостаткам и просчетам.

Уже на первых этапах создания ЭВМ В.М.Глушков увидел рождающуюся на их базе огромную по масштабам и важности сферу народного хозяйства — информационную индустрию. Кардинальная перестройка ее на новейшей технической базе, сокращение численности занятых и органическое включение в систему народнохозяйственного управления выдвигаются на первый план, становятся сейчас насущной проблемой и велением времени. Только на такой базе уникальная система межмашинного информационного

обмена может постепенно превратиться в естественный элемент нашего общества. В многочисленных статьях и публичных выступлениях В.М.Глушков обосновал необходимость технологической консолидации и организационного оформления этой сферы в качестве особой отрасли. Плодотворные в своей основе идеи ученого требуют дальнейшей теоретической и практической разработки, углубленных и конкретных исследований.

Широкая экономическая эрудиция, знание технологии планирования и управления выдвинули В.М.Глушкова в число выдающихся экономистов, решающих вопросы конкретных процедур, порядка, форм выработки планово-управленческих решений на всех уровнях — от Госплана СССР до предприятия. Подготавливая эскизный проект ГСВЦ и разрабатывая АСУ, ученый совместно с руководителями и специалистами Госплана, ЦСУ, многих министерств и предприятий участвовал в увязке плановых сводок, обработке информационных массивов, изыскании мер по устранению дефицитов и прорывов. Сочетание таланта и опыта, знание планово-управленческой практики и делопроизводства — вот что рождало предложения В.М.Глушкова в области совершенствования планирования и управления. Многие проблемы в области развития информатики, выдвинутые им, становятся все более актуальными по мере развития электронно-вычислительного потенциала страны.

Информатика как новая область социальной деятельности разветвляется в крупную индустрию, удовлетворяющую общественные потребности. Это объективный процесс: машинно-информационная "нервная сеть" общества формируется, исходя из принципа осуществления единой технической политики, унифицированных структур и регламентов, централизованного руководства. Он требует тщательного определения кто и как осуществляет заказы на электронно-вычислительные системы и их математическое обеспечение, каковы вложения и текущие издержки и насколько они эффективны у того или другого заказчика, что они обещают народному хозяйству.

Базой информатики выступают сейчас многочисленные вычислительные центры (ВЦ), которые нередко не имеют четких структур и функций, с высоким удельным весом ручного труда, невысоким квалификационным составом кадров. Они рассчитаны, как правило, на "индивидуальное" пользование, выступают придатками создавших их промышленных объединений и предприятий и оказываются неспособными осуществлять массовое обслуживание потребителей. Система информатики должна иметь сферу технического обслуживания ВЦ, сеть исследовательских и проектно-конструкторских институтов, разрабатывающих автоматизированные системы. В рамках отдельных отраслей сделано немало для организации подобных специализированных институтов. Созданное всесоюзное объединение "СоюзЭВМкомплекс" и его региональные отделения в определенной степени решают проблемы централизованного обслуживания ВЦ, поставки целостных программно-технических комплексов. Однако все это пока не отвечает общественно необходимым стандартам информатики, без которых нельзя двинуть вперед



не только АСУ, но и применение роботов и гибких автоматизированных производств. Нужно выводить программирование за рамки разрозненных маломощных ВЦ, сосредоточивая его в специализированных организациях.

Предстоит также существенно улучшить оперативное управление "затратами и результатами" на уровнях каждого хозяйственного объекта, каждой отрасли, всего народнохозяйственного комплекса. Для целей хозяйственного управления требуются компьютерные системы, более компактные по размерам, с большим объемом памяти, широким диапазоном возможностей автоматического накопления и обработки информации, решения многомерных задач, быстрого выбора оперативных оптимальных решений, но простых в эксплуатации, надежных, с минимумом обслуживающего персонала. Тогда они станут более действенными и эффективными, позволят устранить двойственность в учете и отчетности, вытеснить малопродуктивный ручной труд в этой важнейшей сфере социалистического хозяйствования. Точное накопление затрат и результатов в нарастающем итоге, повседневное управление их объемами и структурой, выбор удешевляющих сдвигов превращают экономическую информацию в непосредственный элемент хозяйственного руководства: из пассивно фиксирующей те или другие количественные изменения она становится активным инструментом сознательного формирования лучших конечных результатов. Когда информация лишь отражает то, что уже совершилось, она превращается в источник сведений для тех или других исторических осмыслений, но если она служит делу непосредственного планового регулирования и управления, круг ее задач коренным образом меняется. Проблема оперативности и скорости протекания информационных процессов (сбор, обработка, анализ, моделирование, выбор лучших вариантов и выдача "управляющих команд") являются определяющими. Быстродействие, точность, массовость исходных данных и увязка их в единый информационный поток через посредство электронно-вычислительной системы в корне меняют функции экономической информатики, сохраняются и расширяются прежние функции фиксации меняющихся показателей в динамике и структуре для своевременного обеспечения статистической и отчетной информацией как заинтересованных потребителей, так и всех членов общества. На такой совершенной технической основе существенно повышается степень достоверности всей экономической информации, что позволяет точнее вскрывать проявляющиеся долговременные тенденции, закономерности динамизма хозяйствования под влиянием противоречивого действия тех или других факторов. Отсюда расширение возможностей целенаправленного факториального регулирования, достижения более планомерного и устойчивого функционирования экономики, выявления и использования резервов ускорения хозяйственного развития.

Особую роль призваны сыграть принципиально новые информационные системы в стратегическом и тактическом управлении общественным производством и рынком, в балансовой увязке меняющихся ресурсов и потреб-

ностей, платежеспособного спроса и предложения. Система может и, видимо, будет пронизывать все поры сложной экономической жизни общества, трудового коллектива и каждого человека, облегчая и упрощая связи и отношения не только между крупными хозяйственными ячейками, звеньями управления по горизонтали и вертикали, но и между заинтересованными органами и лицами, в нее включенными. Подключившись, например, в систему торговли, сберегательных касс, кредитно-банковских органов, всевозможных услуг (поликлиники, больницы, организации транспорта, связи и т.д.), каждый человек через посредство соответствующих приставок к обычному домашнему телевизору мог бы не только получать нужную информацию, но и выбирать с минимальной затратой времени лучшие для себя условия пользования услугами, осуществлять заочные покупки, производить безналичные расчеты при наличии денег на своем расчетном счете в сберегательной кассе. В будущем, возможно, зарплата в виде денежных знаков будет заменена более простой и удобной формой расчетной карточки, по которой могли бы производиться любые платежи после предварительного запроса через компьютерную систему о наличии реальных денег на расчетном счете потребителя. При сформированной и четко работающей системе можно индивидуально каждому получать информацию о наличии рабочих мест в том или другом предприятии или учреждении, билетов в кассах, мест в больницах, товаров в магазинах и даже с разбивкой по группам их качества и ценам, осуществлять заказы (с доставкой на дом) и производить расчеты, не прибегая к денежным знакам.

Создание новых информационных систем связано с соответствующей перестройкой методов и форм учета, планирования и отчетности, перевода их на машинные носители информации. О необходимости такой перестройки ведутся разговоры на протяжении многих лет, однако отсутствие достаточно надежных и простых в эксплуатации компактных систем и хорошо подготовленных кадров пока не дало существенных результатов. Такая работа должна проводиться последовательно (позатпно) по мере накопления практического опыта (от более простого к более сложному), улучшения научных и проектно-конструкторских разработок новых более совершенных технических средств со стандартным обеспечением, быстрым промышленным освоением и массовым распространением. Одновременно необходимо добиваться общедоступности и сокращения численности работников в производственной эксплуатации информационно-управляющих систем. Применительно к планоно-регулируемой экономике такого рода принципиально новые явления в развитии информатики периода конца XX и начала XXI вв. обещают революционные сдвиги во всей системе управления. Начало этому уже положено в действующих системах АСУ на предприятиях и объединениях многих отраслей, в плановых, статистических, финансово-кредитных, ценовых и других органах.

Принципиально новые технические и технологические возможности

широкого использования многообразной информатики в экономической и социальной жизни общества и личности требуют кардинально новых научных идей и поворота мышления в области традиционно сложившихся рутинных методов и способов учета и отчетности. Очевидно, предстоит изменить и перестроить научные исследования в ряде важнейших областей экономической науки (в статистике и бухгалтерском учете, отчетности и анализе хозяйственной деятельности). Исходя из основных положений марксистско-ленинского учения и бурного развития технических средств, в совершенно новом свете предстают методология и методы этих наук. Кардинальной перестройки требует и подготовка кадров в этой области. Сейчас не эффективны традиционно сложившиеся подходы и методы, которыми пользовались статистики и бухгалтеры многие десятилетия. Бухгалтерские службы во многих случаях все еще базируются на ручном ведении бухгалтерских операций, книг и записей, подсчетов на технически устаревших средствах, не исключающих возможности искажения учетной информации вследствие ошибок, сознательных подтасовок и приписок со стороны недобросовестных работников. Все это может быть полностью устранено в системе современного автоматизированного машинного учета и отчетности, планового регулирования. Между тем, на бухгалтерских и статистических факультетах, отделениях и кафедрах вузов, не говоря уже о техникумах, продолжают обучать и готовить специалистов по учебникам и учебным пособиям, которые устарели и не отражают современных научно-технических достижений. Объективная необходимость перестройки работы учетно-экономических служб состоит не только в том, что неизмеримо расширяются при этом возможности учетно-статистического арсенала в используемой информатике, но и в кардинальном изменении ее функций, охвата объектов и параметров самого количественного и качественного отображения происходящей экономической действительности.

Отсутствие надежной оперативной информации о фактических издержках, а также возможностей активного влияния на их выбор, определение рациональной структуры — одна из немаловажных причин проявляющихся негативных тенденций удорожания общественного производства, снижения хозрасчетного эффекта при стабильных оптовых (закупочных) ценах или же неизбежности их соответствующего повышения для поддержания стабильного уровня рентабельности. И тот, и другой варианты отражают негативные проявления в экономике. Рост оптовых цен затрудняет практическое осуществление государственной политики стабилизации и тем более снижения розничных цен на товары и услуги населению.

Вот почему проблема активного планового регулирования на уровне каждого предприятия и объединения издержек и индивидуальной стоимости играет ключевую роль в хозяйственном управлении. Снижение себестоимости, фондо-, материало-, энерго- и трудоемкости продукции немыслимо без концентрации усилий на решении этой проблемы инженерно-техниче-

ской и экономической мысли, целенаправленного формирования и эксплуатации ресурсного потенциала, высокорезультативной структурной комбинации затрат на выпуск товаров, пользующихся спросом потребителя.

Суть проведения такой работы многократно упрощается в автоматизированной системе управления. Фиксация с автоматических датчиков в памяти машины на "вводе" всех производственных компонентов (сырья, материалов, комплектующих узлов и деталей, энергоресурсов, трудовых затрат, амортизации основных фондов и др.) в нарастающем итоге по предприятию в целом, в разрезе цехов, участков, хозрасчетных бригад дает возможность иметь на каждый данный момент суммарную величину производственных затрат и их структуру, сравнивать с плановыми и нормативными. Одновременная фиксация на "выводе" выпуска и реализации готовой продукции или услуг, получаемых доходов позволяет постоянно сопоставлять затраты и результаты, иметь своего рода "подвижный баланс" итогов хозяйствования, постоянно корректируя его в эффективном направлении.

В условиях ресурсной ограниченности важное значение приобретают своевременное обеспечение удешевляющей взаимозамены ресурсов, разработка и введение ресурсосберегающих технологий замкнутого цикла с минимумом отходов, а в идеале — безотходных. Именно в автоматизированной системе хозяйственного управления с подлинной достоверностью выявляется потребность в ресурсах и возможности их минимизации под планируемый выпуск.

Взгляды В.М.Глушкова в этой части имели особенно широкий диапазон: от АСУ предприятия до глобального народнохозяйственного уровня. Его идея об оперативной корректировке плана в связи с меняющимися условиями и ресурсами (под кодовым названием "дисплан"), на наш взгляд, заслуживает особого внимания, дальнейшего развития и более тщательной проработки со стороны плановиков и кибернетиков, обеспечения реальных технических и математических возможностей гибкости народнохозяйственных балансовых увязок. Сама по себе статичность модели межотраслевого баланса, пригодная для отчета и его анализа, подчас безжизненна в плановом управлении. Динамизм хозяйственной жизни требует соответствующего динамического моделирования и планирования.

Постановку этих сложных проблем и задач предстоящего будущего мы находим в трудах и выступлениях выдающегося советского ученого академика В.М.Глушкова.

1. *Е.П.Велихов*. Об организации в Академии наук СССР работ по информатике, вычислительной технике и автоматизации // Вестн. АН СССР. — 1983. — № 6. — С. 30.
2. *В.М.Глушков*. Введение в АСУ. — Киев : Техника, 1972. — 310 с.
3. *В.М.Глушков*. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. — М. Экономика, 1974. — 160 с.
4. *В.М.Глушков*. Социально-экономическое управление в эпоху научно-технической революции. — Киев, 1978. — 60 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т кибернетики; № 79-2).

5. В.М.Глушков, Ю.М.Каныгин. Что же такое современная НТР? — Киев, 1980. — 66 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т кибернетики; № 80—5).
6. В.М.Глушков. Индустрия переработки информации. — Коммунист. — 1977. — № 12. — С. 41—50.
7. В.М.Глушков, Ю.М.Каныгин. Основы экономики и организации машинной информатики. — Киев, 1981. — 62 с. — (Препринт / АН УССР. Институт кибернетики; № 81—12).

УДК 007

В.С.Михалевич, Ю.М.Каныгин, В.И.Гриценко

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИНФОРМАТИКИ

Информатика как наука выявила свою практическую значимость и приобрела популярность раньше, чем сложилась в четкую систему знаний со своими предметом, границами, базовыми категориями. В таких случаях научным дисциплинам угрожают не только "разночтения", но и эклектика — механическое объединение (смещение) разнородных проблем и областей знаний, подмена логически выстроенной системы категорий наборами практически односторонних суждений. И возникла информатика не на "голом месте", а при наличии многих дисциплин кибернетического цикла. Она не заменила и не обесценила сложившиеся ранее направления кибернетики, теории информации, системотехники, а отпочковавшись продолжает тесно взаимодействовать с ними. В этом заключается сложность постановки информатики как особой науки (определения ее предметной области, вычисления проблематики), что в данном случае позволяет перейти на новый уровень самосознания в каждой из дисциплин кибернетического цикла. Особенно важно выработать более строгие представления о кибернетике, теории информации и системотехнике, границы и содержание которых зачастую трактуются расширительно.

**Предметная область информатики.** Ф.Энгельс отмечал, что в каждую эпоху продукты теоретического мышления принимают исторически конкретную форму [1]. Современное теоретическое мышление определяется как системное, родившееся в связи с переходом науки к рассмотрению целенаправленных систем, в том числе человеко-машинных (автоматизированных).

Информатика — наука, изучающая фундаментальные свойства, структуру, функции автоматизированных информационных систем, а также основы их проектирования, создания, оценки, использования и воздействия на различные области социальной практики. В рамках этой науки разрабатываются фундаментальные (теоретические) и прикладные (инженерные) проблемы автоматизированных информационных систем (АИС). ЭЕМ

тельные технологии становятся элементом той или иной социальной среды (производства, управления, науки, образования, медицины и т.д.), проявляя себя как орудия социальной практики посредством АИС, имеющих разные формы и функции: управленческие (АСУ различного класса и назначения, число которых в нашей стране приближается к нескольким тысячам), проектирующие (САПР), научно-поисковые (АСНИ), моделирующие, диагностические и др. Содержание всех этих систем заключается в том, что они воплощают собой принципиально новую человеко-машинную технологию переработки информации в виде человеческих знаний (гносеоинформации).

Общая теория автоматизированных (основанных на ЭВМ) систем, усиливающих интеллект, и, следовательно, теория самих ЭВМ как орудий умственной деятельности разработаны крайне недостаточно. Во-первых, теоретический анализ указанных систем если и проводился, то в основном применительно к их конкретным формам, прежде всего в АСУП и АСУТП. Во-вторых, доминировал "системотехнический", односторонний подход к АИС, когда решение вопросов их создания и функционирования сводилось преимущественно к формированию технической базы, математического обеспечения и организации внутримашинных и межмашинных информационных потоков, тогда как решению социальных проблем (перестройке управленческих структур, штатных расписаний, документооборота, юридических норм, подготовке кадров) не уделялось должного внимания. В-третьих, изучение АИС проводилось применительно к их неразвитым формам, когда системообразующим элементом выступали ЭВМ второго-третьего поколений. До сих пор в теории и на практике речь шла о системах, реализующих машинную обработку данных (СОДах), тогда как в полной своей определенности АИС выступают в виде систем, реализующих машинную обработку знаний (СОЗов), иначе говоря, систем (основанных на ЭВМ пятого поколения), реализующих функции искусственного интеллекта.

Что касается ЭВМ, то их теория разрабатывалась с позиций технической кибернетики, математики и системотехники, т.е. с позиций их создания. И если иметь в виду теорию ЭВМ как цифровых автоматов (логико-вычислительных устройств для автоматического преобразования буквенно-цифровой информации на основе использования двоичных элементарных сигналов), можно говорить не просто о существенных продвижениях в указанной области, а по-видимому, о завершении в основных чертах создания теоретического фундамента — принципиальном решении физических, логико-математических и других проблем, лежащих в основе конструирования машин как физических устройств, реализующих обратные связи. Однако еще слабо изучена природа ЭВМ как орудий умственного труда, движителя социально-экономического прогресса. Как определить качественно и количественно полезную работу (отдачу) ЭВМ? Каков их КПД? Как установить экономический эффект? Без ответа на эти основные вопросы нельзя рассчиты-

вать на строго научный подход к использованию ЭВМ, их дальнейшему развитию и рациональному "встраиванию" в общественный организм.

Характеристика сущности (природы) АИС и их свойств позволяет представить информатику в качестве фундаментальной науки, очертить ее предметную область и границы с кибернетикой, теорией информации, системной техникой, семиотикой и другими науками.

Автоматизированные информационные системы имеют человеко-машинную (социально-техническую) природу, потому что, с одной стороны, в рамках АИС описаны не индивиды, а сообщества людей (коллективы предприятий, НИИ, руководящих органов), а с другой — "консорциумы" машин, формирующих вычислительные сети отраслей, регионов, страны в целом. Становится все яснее, что машины индивидуального пользования — всего лишь "окончания" возникающей машинно-информационной "нервной" системы общества. Кибернетика возникла как наука об общих свойствах целенаправленных систем биологической, технической и социальной природы. Соответственно и информация выступает в трех видах: биологическая (внутри живых организмов и между ними); машинная (внутри машин и между машинами); социальная (внутри человеческих сообществ и между ними). В виде АИС рождаются социально-технические симбиозы — информационные системы "четвертой природы", реализующие человеко-машинные (эрго-технические) информационные процессы сложной природы, в которых внутримашинные и межмашинные потоки информации "сливаются воедино" с потоками социальной информации\*. Это принципиально новый и важный исторический феномен, знаменующий переход общества на новый уровень жизнедеятельности.

Уже в настоящее время перед обществом встают сложнейшие проблемы обеспечения эффективного взаимодействия искусственной рабочей силы (в виде интеллектуализированных роботов) и естественной рабочей силы (людей), искусственного интеллекта, возникающего в виде вычислительной сети пятого поколения, и естественного (исторически сложившегося) социального интеллекта. Такое взаимодействие требует решения не только технологических проблем сочетания машинных и "человеческих" способов представления информации, но и эргономических, и кадровых. Все они относятся к предметной области информатики, поскольку их решение так или иначе связано с формированием и использованием АИС.

---

\* Информационные системы биологической и технической природы, не связанные с переработкой человеческих знаний (гносеоинформации), изучаются биологией, а также непосредственно биологической и технической кибернетикой, генетикой, системной техникой, теорией автоматического регулирования. По отношению к ним система знаний не выделяется в самостоятельную науку. Здесь аналогия с наукой управления (организационной наукой), которая выделилась в самостоятельную область знаний лишь применительно к самым сложным социальным системам, тогда как функционирование биологических и технических систем осталось в рамках предмета генетики и системной техники.

АИС воплощают в себе социальные технологии разной формы и направленности (управленческие, исследовательские, учебные, медицинские и т.д.). Технология в строгом понимании — комплекс научных и инженерных знаний, воплощенных в приемах труда, наборах материальных, технических, энергетических, трудовых факторов производства, способах их соединения для создания продукта или услуги, отвечающих определенным требованиям (стандартам). В таком понимании термин "технология" неразрывно связан с механизацией производственного или непроизводственного (социально-го) процесса, где АИС выступают механизированными гносеоинформационными системами, реализующими инженерную обработку знаний.

До второй половины XX ст. человечество не знало социальных технологий. Были известны лишь технические новшества и производственные технологии, имевшие те или иные социальные последствия. Но социальных технологий, т.е. механизированных, расчлененных, стандартизированных социально-коммуникативных процессов не было.

Информатика не заменяет собой кибернетику, а имеет свой "коридор" движения. Кибернетика изучает общие свойства больших целенаправленных систем разной природы и абстрагируется от конкретной специфики каждого вида этих систем\*. Последние — предмет других наук: биологии и генетики (живые организмы), системотехники (целенаправленные автоматы), социологии (общественные формы), информатики (информационные системы). На путях кибернетического подхода идет также развитие диалектико-материалистической концепции детерминизма. В.И.Ленин подчеркивал, что "Каузальность, обычно нами понимаемая, есть лишь малая частичка всемирной связи,..." [2, с. 144]. Видеть не только причинно-следственные связи, но и функциональные цепи, учитывать не только воздействие причины на следствие, но и обратное влияние следствия на причину, и не просто учитывать, а количественно измерять такое взаимодействие, и не просто измерять, а моделировать структурные взаимоотношения сложных систем — это то новое и важное, что дала нам кибернетика в области научного поиска. Кибернетика, иными словами, расширяет методологический арсенал науки и вскрывает изморфизмы — структурно подобные механизмы управления (целеполагания и достижения цели) в живой природе, технике, общества, с чем и связаны ее специфика и общенаучный статус\*\*.

\* А.А.Ляпунов говорит, что общая проблематика больших систем "... по сути дела является составной и центральной частью кибернетики" [4, с. 13]. Вместе с тем, конечно, кибернетика не поглощается общей теорией, о чем лучше всего сказал основатель системного движения Л.Берталанфи: "Теория систем часто отождествляется с кибернетикой и теорией управления. Это неверно. Кибернетика как теория механизмов управления в технике и природе, основанная на понятиях информации и обратной связи, есть только часть общей теории систем; кибернетические системы — частный, хотя и важный случай системы" [5, с. 40].

\*\* Идеалом научного объяснения явлений природы в классическом естествознании было причинное объяснение. Явление считалось понятным и объясненным, если найдена



ЭВМ в кибернетике и информатике; природа кибернетических машин. Указание на эрго-техническую природу автоматизированных информационных систем — краеугольный камень в построении дисциплины информатики. Гносеоинформационный процесс всегда предполагает субъекта (наблюдателя), с позиций которого происходит снятие энтропии объекта, где человек — активный элемент в системе, генератор информации (новых знаний), целеполагающий элемент, первоисточник и конечный потребитель (оценщик) информации. Марксистская социологическая концепция рассматривает человека как единственного субъекта труда, творчества, общения. Эту концепцию информатика берет на вооружение. Кибернетические автоматы, собирающие и передающие данные, имеющие память, реализующие сигналы обратных связей, занимают, тем не менее, промежуточное положение в информационно-коммуникативных процессах общественной практики, являясь средством познавательной и организационной работы людей.

Такое же промежуточное положение в информационно-коммуникативных связях общества занимают и машины (автоматы), наделенные функциями интеллекта, несмотря на их способность к логическому выводу и самостоятельному оперированию базами знаний, т.е. способностью к обработке семантической информации. Автоматы могут больше "знать", чем конкретный человек (иметь более емкую память), быстрее "думать" (вычислять, фильтровать данные, делать выборы и даже формально логические выводы), осуществлять промежуточное целеполагание, накапливать "знания" (собирать дополнительные данные об окружающем мире, сжимать информацию). Но познавать мир в содержательном смысле, углублять понимание действительности, снимать неопределенность своего существования искусственные системы не могут и ставить так вопрос философски неправомерно.

Рассмотрим вопрос о разночтениях понятия "наука об ЭВМ", распространенного у нас и во многих странах. Чаще всего за рубежом под наукой об ЭВМ понимают информатику. В то же время этот термин отождествляется с кибернетикой, вычислительной технологией, системотехникой, трактуется как дисциплина по чисто машинной обработке данных, целью которой является ответ на вопрос: как должны выглядеть искусственные интеллектуальные системы. Это можно понимать как спор о словах. И кибернетика, и системотехника, и информатика так или иначе относятся к наукам об ЭВМ, но рассматривают информационно-перерабатывающие машины с различных сторон. Другими словами, объект у этих наук общий — ЭВМ (программно-технические комплексы), а предметы исследований (конкретные стороны машинных систем) разные. Кибернетику ЭВМ интересуют как "бестелесные" (цифровые) автоматы. Системотехника, наоборот, изучает "плоть" ЭВМ, их

его причина. Однако для современного естествознания более приемлем оказывается другой подход: явление считается понятным, если найдена его структура [6].

устройство как логико-вычислительных систем, реализующих обратные связи. Информатику интересуют ЭВМ как орудия социальной практики, средства переработки семантической информации и осуществления организационных процессов\*.

Функции ЭВМ нельзя правильно понять вне связи с функциями человека в творческом процессе, подобно утверждению К.Маркса, что нельзя понять функции энергопреобразующих машин, рассматривая их изолированно. Сами по себе ЭВМ не создают новую информацию, не увеличивают интеллектуальный потенциал человечества (это прерогатива людей), а лишь сохраняют, трансформируют, переносят знания и тем самым увеличивают интеллектуальную отдачу человека. Точно также энергопреобразующие машины сами по себе не создают новой стоимости и не увеличивают национальный доход; они лишь сохраняют стоимость, создаваемую трудом людей, переносят ее на продукт. Информатика, следовательно, распространяет и на ЭВМ марксистский подход к машинам как орудиям социальной практики.

**Переработка содержательной информации в АИС.** Содержательный анализ гносеоинформационных систем, каковыми являются АИС, нельзя осуществить с позиций канонической теории информации (статистической теории связи Винера-Шеннона), так как последняя сводится к формальной (абстрактной) трактовке информационных феноменов, характеризуя их лишь вероятностными свойствами сообщений. Все другие свойства сообщений, включая их смысл и ценность, не принимаются в расчет.

Информатика утверждает многомерный подход к информационным феноменам, учитывающий как количественный подсчет интенсивности информационных связей, стадии информационной переработки, правила кодирования, пропускную способность каналов связи и другие данные, открытые теорией информации, так и смысл, ценность информационных сообщений как средства познания человеком действительности, оптимизации его решений и действий.

Эффективность новой информационной технологии определяется интеллектуальным совершенством ЭВМ и степенью их включения в процесс мышления у человека. Более того, информатика в своем развитии, "ставшем" виде возникает лишь с переходом от машинной обработки данных к машинной обработке знаний. Современные базы данных имеют жесткую структуру, включают в себя структурированные наборы фактов (элементов базы), связь между которыми закладывается заранее и независимо от того, в каких целях ими будет пользоваться человек. Это как бы энциклопедии, в которых собраны и разбиты по рубрикам "мертвые" знания. База знаний в от-

---

\* На "объектном" уровне науки кибернетического цикла практически неразличимы: появление любой из них детерминированно технической потребностью или потребностью технизации информационно-организационных сторон человеческой деятельности, реализованной благодаря компьютеру.

личие от базы данных не "энциклопедия", а думающий, развивающийся "мозг" ЭВМ. Здесь связи между фактами, идеями, философскими истинами подвижны, меняются при решении каждой конкретной задачи. Большой объем информации логически выводится из малого количества базовых фактов (идей) с помощью машины логических выводов. ЭВМ выбирает из базы знаний необходимую информацию, "осмысливает" ее в соответствии с заданным вопросом (человеческой потребностью), делает логические выводы и отвечает на вопрос.

Таким образом, для создания технического базиса развитой информатики нужны машины, построенные на принципах, отличающихся от тех, что закладывались в основу создания первых четырех поколений ЭВМ — машин, реализующих функции интеллекта, включая функцию абстрактного мышления. Это — машины пятого поколения, проекты создания которых не случайно вызывают большой резонанс в мире, так как речь идет о решающем шаге к новой информационной основе общества.

Становление информатики имеет переходные этапы. Можно говорить о современных машинно-информационных технологиях как более или менее общественно значимых формах информатики. Компьютеризованные системы любого поколения вырабатывают знания (гносеоинформацию) — в этом смысл их создания. Все они являются творческими системами, но различаются по уровню участия ЭВМ в творческом процессе, т.е. по распределению функции между человеком и машиной. Процесс творчества в АИС любого уровня всегда включает элемент человеческого доопределения машинных выводов (ответов), который зависит как от степени интеллектуализации используемой ЭВМ, так и от сложности задач, решаемых в системе.

В современных формах АИС (АСУ, САПР, АСНИ и т.д.), основанных на имеющейся электронной технике (включая микропроцессоры и ЭВМ четвертого поколения), производство информации (новых знаний) осуществляется на уровне машинной обработки данных ("косвенного" задействования машин в творчестве людей). Используются лишь огромные арифметические возможности ЭВМ и их гигантская память, хотя собственно семантический (смысловой) элемент гносеоинформационного процесса приходится на доопределение пользователем машинной выдачи.

Имеющиеся системы обработки данных (СОДы) и будущие системы обработки знаний (СОЗы) одинаковы в том смысле, что они вырабатывают гносеоинформацию (новые знания), но качественно различаются тем, что в СОДах машины задействованы на рутинных операциях (запоминание, выборка, счет), а в СОЗах осуществляют также логические выводы, извлекают знания из "интеллектуального сырья". Об информатике и ее значении в настоящее время, конечно, можно говорить, но в том смысле, в каком можно было прежде говорить о машинной технологии физического труда и ее значении в доуаттовский период, когда работали паровые машины Ползунова и Ньюкомена. Переворот в промышленности вызвал лишь двухтактный па-

ровой двигатель Уатта, обеспечивший непрерывную отдачу полезной работы потребителю. Подобно этому, в информатике подлинная революция начинается не с автоматизации рутинных операций и "подготовки" творчества, а с автоматизации самого творчества, что возможно лишь на базе искусственного интеллекта.

Пока процедуры подготовки данных для познания и принятия решений структурно отделены от процедур "человеческого" анализа и управления, пока пользователи вынуждены "пробиваться" к вычислительным ресурсам с помощью искусственных языков управления заданиями в конкретных операционных системах, — можно говорить лишь о первых шагах информатики, ее неразвитых формах. Цель и значение информатики состоят в машинном извлечении смысла из сообщений (текстов) на естественном (человеческом) языке и, обратно, в переводе (представлении) машинных сообщений на язык человека, превращении данных, относящихся к той или иной предметной области, в знания, удовлетворяющие определенным требованиям цельности и полноты. Попытка достижения требуемой полноты за счет более подробной "переписи" свойств и состояний объекта и увеличения этим путем массивов данных (что легко делают современные ЭВМ) не обеспечивает переход к развитой информатике.

Знания (индивидуальные и общечеловеческие) оставались и все еще остаются вне баз данных. Лишь поверхностное, рутинное, легко поддающееся формализации в области интеллектуального потенциала включалось в машинные системы. Между тем рост совокупного объема знаний и усложнение общественных связей ведут к тому, что отдельные люди теряют возможность получать нужные им знания, а общество лишается ценнейших индивидуальных знаний. Для устранения этих противоречий предназначены ЭВМ пятого поколения как основа перехода к развитой информатике.

Тривиальная истина, что ЭВМ (независимо от своего "разума") не являются живыми существами, не обладают сознанием, духовностью, а выступают технологическими орудиями человека — имеет для информатики принципиальное значение. ЭВМ производят интеллектуальную работу, дополняют и заменяют в определенном смысле человека как умственного работника. Но нельзя не видеть качественной разницы между мышлением человека и "мышлением" ЭВМ, разницы, не снижаемой совершенством машин, их "интеллектуализацией". Это важно для проектирования и создания гносеоинформационных систем, правильного распределения функций между машинным и человеческим элементами. Только в рамках АИС (информатики) можно правильно решить проблему соотношения "человеческого" и "машинного" — одну из основных проблем в процессе компьютеризации и информатизации общественной практики.

Человеческое мышление имеет образное (умозрительное) содержание, направленность, глубина, полнота и результативность которого зависят не только от поступающей на "входы" информации, памяти, подготовки (об-

разования) человека, но и от его мировоззрения, подкоркового (интуитивного) сознания, интересов, жизненной позиции, общественного окружения. Финишный (решающий в мыслительном процессе) акт творчества ("внезапное прозрение") во многом иррационален, неалгоритмичен, случаен, носит характер информационно-разгрузочной, упрощающей "вспышки" сознания, дающей ключ к пониманию закономерности, обесценивающей в какой-то мере массив ранее накопленной информации и громоздкие умозрительные построения.

Конкретные и абстрактные образы сознания формализуются и объективируются посредством сложной знаковой системы — вербальной или другими формами обозначений, которыми человек оперирует по алгоритмическому методу. Но выражаемая семантически (формализуемая) часть человеческого "умозрения" при всей своей важности — только часть умственной деятельности человека, который умеет справляться не только с задачами, поддающимися полной формализации, но и плохо формализуемыми или совсем неформализуемыми. Последние составляют весьма значительную часть задач человеческой практики и человек находит для них решение, прибегая к самым неожиданным источникам информации, объединяя противоречивые сведения, "угадывая" истину, т.е. принимает практически верные решения в условиях большой неопределенности. Машина формирует свое знание (наборы сведений) об объекте алгоритмически, путем его формального описания на языке исчисления высказываний или ином формализованном языке. Она "мыслит" исключительно знаками (словами, числами, символами), за которыми, в отличие от человека, "ничего не видит"\*. Сведение мышления ЭВМ к формально-логическим операциям (по крайней мере на современном этапе и в обозримом будущем) — необходимое условие передачи мыслительных функций человека машине (искусственному интеллекту).

**Полезная работа (отдача) ЭВМ.** Понятие полезной работы ЭВМ — одно из важнейших в информатике. Тот или иной тип машин появляется на базе сложившихся научных и технических представлений, но по мере развития и проникновения в практику новый тип машин вызывает к жизни и новую науку. Например, развитие паровых машин родило термодинамику, электрических двигателей — электродинамику, летательных аппаратов — гидродинамику и аэродинамику. Развитие и внедрение в общественную практику ЭВМ вызвало к жизни информатику.

Генетически информатика находится в таком же отношении к ЭВМ, как, например, термодинамика к паровым машинам. Название "информатика" точно и емко отражает сущность дисциплины, которая в основу научного понимания природы ЭВМ, их функций, полезной работы (отдачи) кладет изучение "движущей силы информации" в системах, наподобие то-

\*Созданы ЭВМ, имитирующие человеческую речь, но конструкции машинного языка, хотя и могут быть глубокими по смыслу, носят формально-логический характер в отличие от диалектики человеческого мышления.

го, как, например, термодинамика в основу понимания природы энергопреобразующих машин (их полезной работы) кладет изучение "движущей силы огня" в термодинамических системах. Если информация — категория всеобщая, присущая всем историческим периодам, то информатика — категория конкретно-историческая, присущая лишь современному и будущим историческим периодам: на базе ЭВМ рождаются информационные системы, реализующие специальную технологию сбора, обработки, передачи, применения информации, т.е. рождается информатика, возникновение которой следует относить к основному содержанию современной НТР.

Понимание роли любых машин базируется на изучении природы того процесса, для улучшения которого они используются. Например, для развития теории энергопреобразующих машин принципиальное значение имело то, что авторы второго начала термодинамики от механических устройств перешли к рассмотрению термодинамических систем и тем самым создали учение о теплообмене, которое радикально продвинуло теорию тепловых машин. Информатика от машинизированных систем также идет к интеллектуальным процессам с целью их измерения и выработки эффективных методов автоматизации. Умственная (интеллектуальная) деятельность оставалась областью, где отсутствовала метрика, фигурировали лишь качественные, трудно определяемые понятия. Фундаментальное значение информатики в том, что она позволила квантифицировать, ввести количественно определяемые понятия в умственную (познавательную и организационную) деятельность\*.

Согласно второму началу термодинамики (в общенаучной интерпретации Больцмана), энтропия замкнутой системы не может убывать: реальные процессы в ней носят односторонний характер — в сторону возрастания энтропии (от менее вероятного к более вероятному состоянию). Для сохранения или понижения энтропии всегда требуются внешние компенсирующие усилия. Этот принцип можно распространить и на целенаправленные (кибернетические) системы, в которых осуществляется информационный обмен. Целенаправленные действия наблюдателей не только противостоят самопроизвольному росту энтропии, но и обеспечивают перевод объектов в новое более информативное (низкоэнтропийное) состояние. Наблюдатель выполняет роль внешней силы по отношению к управляемому (изучаемому) объекту, компенсирует самопроизвольный рост энтропии объекта. Для усиления такого рода компенсационных (антиэнтропийных) действий наблюдателя и нужны ЭВМ. Отсюда вытекает важное понятие аксиоматиче-

---

\* Информатику нельзя трактовать как "науку об интеллекте". Природа интеллекта, его физиология и психология, определение умственных способностей людей не относятся к прерогативе информатики. Для информатики интеллект — "черный ящик". Ее интересуют "входы" и "выходы", т.е. условия интеллектуальной работы и полезный результат (отдача). Информатика вскрывает природу интеллектуальной отдачи (ее системный характер, вероятностную форму, антиэнтропийную направленность) и дает ее количественное описание.

ского характера: величина полезной работы (отдачи) наблюдателя, и, следовательно, ЭВМ ограничена разницей энтропий исходного и целевого (проектируемого) состояния рассматриваемой системы (управляемого объекта). Это положение при всей своей простоте не более тривиально, чем положение Карно (работа паровой машины ограничена разницей температур нагревателя и холодильника); с которого начинается термодинамика как наука.

Полная работа (компенсирующие усилия) наблюдателя складываются из двух частей: 1) работа по поддержанию объекта в определенном (достигнутом) энтропийном состоянии; 2) работа по переводу объекта в менее энтропийное (более информативное) состояние. Если даже объект не меняет своего состояния, для сохранения его энтропии (противодействия ее росту) наблюдатель должен осуществлять информационную работу. Если же система прогрессирует, то объект должен получать от наблюдателя такие "порции" информации, величина которых должна быть достаточной не только для удержания системы на данном уровне энтропии, но и для перевода ее в более информативное (низкоэнтропийное) состояние. Наблюдатель в системе совершает "внутреннюю" информационную работу (по поддержанию объекта в исходном состоянии) и "внешнюю" информационную работу (по переводу объекта в новое состояние).

Из сказанного следует еще одно основополагающее понятие информатики: величина "внешней" работы наблюдателя выступает как "остаток" от его работы, пошедшей на преодоление "внутренней" энтропии объекта, характеризующей меру реального отклонения последнего от эталонного состояния. Чем дальше система от эталонного состояния, тем больше усилий ее регулирующего элемента (наблюдателя) поглощается "внутренней" неупорядоченностью и тем меньше этих усилий можно направить "вовне", т.е. на цели развития системы. Реальной отдачей наблюдателя и, следовательно, ЭВМ надо считать их "внешнюю" отдачу, обеспечивающую перевод объекта в новое состояние. Это положение созвучно термодинамическому принципу: чем выше энтропия системы, тем меньше ее внутренняя энергия способна к превращениям, тем меньше система способна увеличить свою внешнюю (реальную) отдачу.

Социальная отдача ЭВМ зависит от того, в каких областях практики и для решения каких задач они применяются. Этим диктуется необходимость "взвешивания" величины работы ЭВМ, определяемой ранее указанным способом, на специально установленные ранги социальной (системной) значимости задач и областей применения техники. Эти ранги, определяемые экспертным путем, должны характеризовать относительную важность той или иной области социальной практики и тех или иных наборов решаемых задач для функционирования и развития всей рассматриваемой системы (предприятия, отрасли, региона, народного хозяйства). Таким образом, одна из категорий информатики устанавливает связь между полезной работой во-

оруженного ЭВМ наблюдателя и общественной значимостью той области народного хозяйства, в которой применяются ЭВМ\*.

Если теория информации ввела бит — информационную единицу, "свободную" от смыслового характера сообщения и его значимости, то информатика вводит ранжированный (социально "окрашенный") бит — информационную единицу, отражающую величину системной (социальной) ценности конкретного сообщения. Дополнительно полученная единица информации (бит), например, на уровне Госплана СССР (или на уровне другого жизненно важного центра народного хозяйства), имеет большее значение для всей социальной системы, чем такая же единица (бит), полученная на уровне рядового предприятия или цеха. Различие значений (весов) информационных единиц количественно можно установить экспертным путем. Все информационные системы являются специфическим инструментарием преодоления энтропийных характеристик той области социальной практики, в которой они применяются. Для одних систем этот их статус более очевиден (например, для АСУ, которые явно направлены на преодоление элементов неупорядоченности в сфере управления технологическими процессами и организационными), для других — менее очевиден (например, для поисковых, диагностических систем, антиэнтропийная направленность которых раскрывается при информационной трактовке познания — как процесса снятия неопределенности).

Родившись из стремления общества лучше использовать ЭВМ в интеллектуальных процессах, информатика в центр внимания ставит информационные процессы вообще. Отталкиваясь от машинизированных информационных систем, она идет к познанию информационной составляющей функционирования и развития любой общественной подсистемы и общества в целом. Тем самым информатика открывает новые "пласты" информационно-организационных ресурсов, значение которых растет по мере развития и усложнения системы народного хозяйства.

Главная практическая функция информатики заключается в обосновании методов технологизации информационно-коммуникативных процессов, т.е. их качественной перестройки на базе электронно-вычислительной техники, математического моделирования, программного управления. Но это требует изучения самих информационных технологий как определенного исторического феномена.

---

\* Любую, даже простую и малозначительную задачу можно представить усложненно, изобразив в виде системы из множества уравнений. Если мерить информационную емкость такой задачи числом команд, то она может быть большой и, следовательно, работа ЭВМ по решению данной задачи может выглядеть значительной. Однако если задача имеет низкий ранг системной значимости (что устанавливается заранее), то реальная отдача ЭВМ будет незначительной или даже нулевой (если ранг равен нулю). Дорогостоящие машинные ресурсы в данном случае будут тратиться на малополезную работу, что зачастую и бывает.



Информатика изучает общие моменты, свойственные всем многочисленным разновидностям конкретных информационных процессов (технологий). Им присущи следующие атрибуты: носители информации, каналы связи, информационные контуры, сигналы, прямые и обратные связи, данные, сведения и т.д. Они описываются характеристиками надежности, эффективности, информационного шума, избыточности и др. Информационные процессы делятся на идентичные фазы и подпроцессы — прием, кадрирование, передача, декодирование, хранение, извлечение, отображение информации.

Поэтому общая информатика дифференцируется на конкретные "ветви" в соответствии с разновидностями информационных технологий, к которым прилагаются специальные информационные системы. Очевидно, такие информационные технологии, как, например, управление (АСУП, АСУТП), проектные разработки (САПР) или криминалистика имеют общие черты, но в то же время существенно различаются между собой. Разные "наборы" операций и процедур, разные виды кибернетического оборудования, разная степень замкнутости информационных контуров, даже разные информационные носители (как, например, в АСУП, где главным носителем выступает документ, деловая бумага, заполняемая человеком, и в АСУТП, где главным носителем выступает электрический импульс, посылаемый датчиком и т.д.) — все это становится объектом изучения конкретных информатик.

Нетрудно видеть, что ни одна из сложившихся научных дисциплин не имеет в качестве своего предмета комплексное рассмотрение вышеназванных проблем. Между тем, в современных условиях резкого усложнения информационно-организационных сторон общественной жизни и необходимости их автоматизации отмеченные проблемы требуют тщательного анализа, доведенного до уровня инженерных расчетов и выкладок. От этого все больше зависит эффективность функционирования жизненно важных сфер общественной практики, чем и определяются назначение информатики и ее функции.

1. *Энгельс Ф. Диалектика природы* // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. т. 20. — С 366.
2. *Ленин В.И. Философские тетради.* — Полн. собр. соч., т. 29. — С. 144.
3. *Алтер М. Кибернетика и развитие.* — М.: Мир, 1970, с. 256.
4. *Ляпунов А.А. В чем состоит системный подход к изучению реальных объектов сложной природы? // Системные исследования. (Ежегодник). 1971.* — М.: Наука, 1972. — С. 13.
5. *Бергаланфи Л. Общая теория систем — обзор проблем и результатов // Системные исследования. (Ежегодник). 1969.* — М.: Наука, 1969. — С. 40.
6. *Овчинников И.Ф. Структура и симметрия // Системные исследования. (Ежегодник). 1969.* — М., 1969. — С. 111.
7. *Эшби У.Р. Введение в кибернетику.* — М.: Изд-во иностр. лит., 1959, с. 397.
8. *Винер Н. Кибернетика и общество.* — М.: Изд-во иностр. лит., 1958. — 153 с.
9. *Поспелов Г.С. Системный анализ и искусственный интеллект для планирования и управления. Кибернетика: дела практические.* — М.: Наука, 1984. — 141 с.
10. *Глушков В.М. Основы безбумажной информатики.* — М.: Наука, 1982. — 552 с.

УДК 681.306:51:100

А.А.Стогний, Н.М.Глазунов

## ИНТЕГРАЦИЯ ЗНАНИЙ В СИСТЕМАХ БАЗ ДАННЫХ

Характеризуя процесс развития естествознания в XIX в., Ф.Энгельс писал: "... диалектика становится абсолютной необходимостью для естествознания..." [1, с. 520]. В начале XX в. В.И.Ленин, анализируя развитие науки, отметил: "...естествознание прогрессирует так быстро, переживает период такой глубокой революционной ломки во всех областях, что без философских выводов естествознанию не обойтись ни в коем случае". [2, с. 31]. Эти слова, как показывает теперешнее состояние развития научного знания, тем более справедливы сейчас. Развитие современного научного знания обусловлено значительным числом факторов и процессов, среди которых определяющими являются процессы дифференциации и интеграции, анализа и синтеза.

Дифференциация сужает область исследования, принося одновременно углубленное знание о ней. Интеграция как в частных науках, так и на основе междисциплинарных связей состоит в выявлении обобщающих закономерностей, в едином методологическом подходе к объектам исследования, возникновении интегративных наук и наук стыковых, заполняющих промежуточное пространство между уже существующими и развитыми научными направлениями. Прогресс науки и превращение ее в непосредственную производительную силу является в значительной степени результатом происходящего на всех уровнях развития научного знания и всеохватывающего процесса интеграции наук и научных знаний. Важность и насущная необходимость реализации интегративных процессов проявляются на самых разных уровнях развития науки и при решении ею прикладных задач [3, 4].

Проблема "личность – общество" – один из важнейших побудительных мотивов интеграции. Сумма знаний, которыми обладает современное человеческое общество, слагаемая из индивидуальных знаний живущих в данное время личностей, а также знаний, накопленных в результате развития человеческой цивилизации, постоянно возрастает. Некоторые индивидуальные знания становятся всеобщими, а общечеловеческие знания, отраженные и преломленные отдельной личностью, дают ей фундамент для профессиональной деятельности и ориентиры в жизни. Но сумма накопленных знаний и усложнение общественных отношений привели к тому, что человек теряет возможность получать нужные ему знания, а общество лишается ценнейших индивидуальных знаний. Решение этой задачи состоит в том, чтобы на основе индивидуальных знаний создавать интегрированную систему знания, и, наоборот, давать человеку необходимую ему сумму общечеловеческих знаний,

обеспечивая взаимодействие между совокупными и индивидуальными знаниями.

Что же такое знание? В марксистской философии знания определяют через систему знания, понимая под ней совокупность идей человека, посредством которых он духовно овладевает явлениями, процессами объективной реальности. Эта система имеет определенную структуру, включающую в себя связи (отношения) между образующими ее элементами по известным правилам. Она имеет свои законы построения и функционирования, непрерывно обогащается новыми элементами, изменяет свою структуру, развивается. Знания представляются в виде теорий и связаны с областями наук или практической деятельности людей. Объективной основой интеграции знаний является, с одной стороны, материальное единство окружающего нас мира, с другой — процессы в современной общественной жизни, когда происходит усиление функциональных взаимосвязей между всеми элементами общественной системы. Наука, продолжая оставаться совокупной системой знаний о мире, стала и непосредственной производительной силой, так что, например, при создании сложных технических систем используются достижения не только областей производства, но и результаты многих наук [4, 5].

Все возрастающее применение ЭВМ в самых различных областях человеческой деятельности, перенос акцента с использования ЭВМ для вычислений на применения в невычислительных задачах, для обработки и хранения информации любой структуры и формы, создание и развитие на их основе новых научных направлений позволяет по-новому взглянуть на проблему интеграции знаний, а также на связанный с проблемой интеграции ряд новых проблем, которые не возникали или находились на периферии основного направления развития кибернетики, вычислительной техники и информатики [5–9].

Актуальна следующая проблема: каковы возможности и перспективы интеграции знаний в системах баз данных (СБД) по отношению ко всему комплексу фундаментальных и прикладных наук. Для ее решения необходима серьезная и глубокая проработка всего комплекса вопросов представления, интеграции и использования знаний в СБД. Проблема интеграции знаний является сложной проблемой, которая не может быть решена локально. В то же время глобально применительно к интересующей нас тематике эта проблема мало исследована. Не пытаясь дать здесь классификацию уровней знания, отметим, что достаточно четко выделяются уровни знаний профессионалов в данной области деятельности, знаний студентов по учебным специальностям, знания, даваемые средними учебными заведениями.

Процесс разработки и создания баз данных пошел снизу вверх от цеха, предприятия, группы предприятий, отрасли и т.д. При интеграции знаний и разработки интегрированных баз данных и баз знаний нужны, по-видимому, разумное согласование, синтез полученных результатов в движении снизу вверх и сверху вниз на каждом из уровней знания.

На протяжении всего периода существования и развития науки получаемые в ней информация и знания фиксировались в основном в следующих формах представления: в текстовой форме в виде текстов на естественных языках, содержащих описание задач исследования, результатов или некоторой теории; в структурированной форме в виде таблиц, списков научных фактов, законов, кратко описывающих свойства или некоторые взаимосвязи исследуемых объектов (сюда же включается фактографическая информация); в форме образов (изображений) исследуемых объектов в виде рисунков, карт, снимков, голограмм; в форме приборной информации, поступающей от датчиков в физических, биологических, космических и других исследованиях и экспериментах и обычно записываемой на магнитные ленты.

Документ, например книга, содержит обычно помимо текстовой структурированную информацию (в виде таблиц, сводок результатов), информацию в виде образов (рисунки, фотографии), а также иногда и приборную информацию в виде графиков или табулограмм, снимаемых с приборов данных, и таким образом интегрирует различные формы представления информации, в целях удовлетворения информационных и других потребностей читателей. Но документ интегрирует эти различные формы представления в статическом виде. Появление и развитие СБД и автоматизированных информационных систем (АИС) дает возможность осуществлять интеграцию в динамике.

Проблема разработки интегрированных баз данных возникла сравнительно недавно и к ее решению только начали приступать. Изложим ряд соображений применительно к информационному обеспечению исследования и развития научного направления.

Интегрированная база данных по этому научному направлению включает среди прочих следующие базы данных: структура научного направления; публикации, отчеты, рефераты этих документов; библиография; тематика работ; семинары, школы, конференции; научные сотрудники и тематика их интересов.

Но если (а обычно так и бывает на практике) библиографическая информация представляется в одной форме, патенты в другой, персоналии и планы работ — в третьей, причем все это готовится в различных и территориально разделенных организациях, то возникают проблемы их интегрального представления (проблема разработки концептуальной модели) и их интеграции по данным с использованием для этих целей различных систем связи. Распределенная обработка информации (персональные ЭВМ, локальные информационные центры на средних ЭВМ и один или несколько головных информационных центров на супер-ЭВМ) и их включение в сети ЭВМ для целей совместного хранения, обработки и использования информации приводит к необходимости интеграции по технике.

Условимся о некоторых понятиях. Если речь идет о представлении, пересылке и обработке текстов, фактов, понятий, таблиц, инструкций, пред-

ставленных в буквенно-цифровой, оцифрованной, текстовой или графической форме, безотносительно к тому, как и для чего они в дальнейшем будут использоваться, обычно употребляют термин "данные". Если данные используются для осуществления выбора из некоторого множества возможных исходов, то для обозначения этих определяющих исходы данных употребляют термин "информация".

Как с данными, так и с информацией могут быть связаны информационные меры Шеннона, Колмогорова, Харкевича и другие, применяемые для оптимального кодирования, передачи и переработки информации. Термин "знание" мы будем употреблять в ситуациях, когда имеются элементы трех типов: объекты; отношения, в которых находятся эти объекты; преобразования, определяющие создание, уничтожение, модификацию и другие типы манипулирования с объектами и отношениями. Например, знания о шахматной игре состоят из описания всех шахматных фигур, шахматной доски и правил ходов фигур. Эти знания могут быть дополнены правилами дебюта, энцикла и множеством других эвристик и стратегий шахматной игры.

Развитие вычислительной техники, кибернетики и информатики и на их основе автоматизированных информационных систем (АИС) и систем баз данных (СБД) автоматизирует некоторые этапы процесса интеграции научного знания, в то же время конкретизируя и развивая эти этапы. Интеграция знаний невозможна без предварительного их анализа и находится с ним в диалектическом единстве. Этап анализа при интеграции знаний в СБД включает информационный анализ предметной области (ПО), ее структуризацию и учет информационных потребностей пользователей. Важнейший вопрос, который здесь возникает, состоит в том, чем обуславливается структуризация знаний и где границы такой структуризации [11, 12].

Автоматизированные информационные системы являются подклассом класса обобщенных динамических систем [5, 13]. В настоящее время они в ряде случаев разрабатываются на основе СБД. База данных по Инглису — совокупность хранимых операционных данных, используемых прикладными системами некоторого предприятия [14, 15], где под предприятием понимается функционирующий объект большого масштаба в области экономики, науки или техники. Операционные данные — данные, отражающие деятельность предприятия. Если объект разбит на подобъекты, то каждому такому подобъекту может соответствовать своя база данных.

О базе знаний говорят, когда имеется одна или несколько баз данных, база процедур, элементы которой реализуют функции и отображения данной предметной области, а записи базы знаний содержат описания (в виде аксиом) объектов ПО и правила поведения или законы функционирования этих объектов, причем в этих описаниях используются переменные и функциональные символы, интерпретируемые в базе данных и базе процедур соответственно. Иногда в этом случае употребляют термин "база данных — база процедур — база знаний".

Выделяют различные классы АИС: информационно-поисковые; информационно-справочные; информационно-логические; информационно-распознающие [6]. Общим для них является то, что они представляют собой системы регистрации, переработки и хранения информации, предназначены для поиска и выдачи в ответ на запросы или в режиме избирательного распространения необходимой информации.

Переход от эмпирического уровня объединения данных для решения классов задач к теоретическому осмысливанию информационных моделей предметных областей, возрастание роли теоретических исследований являются в настоящее время определяющими для направления банки данных (БД) и информационно-поисковые системы (ИПС). Встраивание вычислительной техники, методов кибернетики и информатики практически во все сферы человеческой деятельности, автоматизация на основе СБД самых различных процессов в основных направлениях такой деятельности получают все большее распространение. Поэтому исследование логики и методологии развития систем баз данных получает сейчас общенаучный характер, далеко выходящий за рамки потребностей собственно этого научного направления.

Интеграция знаний в системах баз данных идет по следующим пяти основным направлениям: теоретический синтез знаний на методологическом уровне; математическая теория СБД; программное обеспечение СБД; интеграция по формам представления и через технику. В последнее включается, в частности, интеграция локальных баз данных в информационно-вычислительных сетях. Далее объектом нашего рассмотрения в основном будут первые четыре направления интеграции знаний в СБД.

Важное значение имеют фиксация основных результатов данного научного направления и классификация научных направлений. Согласно имеющимся данным, в мире сейчас насчитывается примерно 2000 областей знаний, каждая из которых делится еще на подобласти. Актуальной становится задача создания терминологических словарей науки, которые были бы толковыми не только для человека, но и для автоматизированной информационной системы (АИС). Необходимы разработки языка системы представления результатов данного научного направления, структуры научной области и способов фиксации ее состояний. Актуальна проблема коллективной разработки некоторой ассоциацией "творцов" данной области знания, где системы баз знаний становятся рабочим инструментом таких ассоциаций. Интересна постановка проблемы целостности для таких баз знаний. Если в обычном понимании целостность БД — отсутствие противоречивых данных и отношений, то здесь наличие противоречивых данных и отношений должно предусматриваться.

Фиксация результатов научной работы в документальной форме (статья, обзор) позволяет описывать как результаты исследования, так и используемую методику и методологию. Сами же системы фиксации документальной

информации в процессе проведения научного исследования носят и будут носить вспомогательный характер.

Из одной и той же работы разные читатели извлекают различную информацию, поэтому возникает чрезвычайно сложная проблема объективного выделения и представления основных результатов публикации. Ряд подходов к решению этой проблемы имеется. Например, в системах на базе ЭВМ пятого поколения в базах знаний предполагается фиксировать не только результаты, но и методы их получения. Решение этой проблемы не может привести к отказу от документального описания проведенных исследований. По-видимому, по отношению к БЗ внешняя документальная база будет служить аналогом природы для естествоиспытателя. Процесс представления знаний в новой форме, т.е. в структурированном виде, потребует больших временных сроков. Здесь возникают следующие, имеющие и философское значение, проблемы. Первой может быть названа проблема самостоятельности этого вида информации: публикация статьи или монографии фиксирует результаты и авторство их получившего или получивших, но при представлении результатов в структурированном виде потребуются аналоги процедур прохождения заявок на изобретения и открытия. Второй проблемой является следующая: если мы дадим исследователю будущего вместо библиотеки машинную БЗ, то каким образом представить себе аналог публикаций? Сходная проблема, но на более простом уровне, возникла и решается с помощью электронной почты в системах автоматизации управленческих работ, поэтому возможно развитие системы электронных публикаций.

Следует отметить некоторую условность понятия документальной информации применительно к описанию и фиксации знаний. Это вызвано имеющейся рассогласованностью между знаниями данного специалиста и его публикациями, что определяется стилем работы этого человека. Некоторые исследователи не публикуют или почти не публикуют своих результатов, хотя являются высококвалифицированными и активно работающими специалистами в своих областях. Методы изложения, уровни изложения различных авторов также различны, так как у каждого автора свои взгляды и требования к степени доказуемости, достоверности и очевидности излагаемого им материала. Поэтому остается актуальной задача предоставления специалисту таких средств и инструментария, которые не навязывали бы ему регламентации и способы поведения, а обеспечивали поддержку его деятельности так, как он сам ее планирует и ведет. Тогда специалист получил бы возможность фиксировать в базе знаний СБД свои материалы и результаты, открывая доступ коллегам и ученикам к определенным уровням изложения материала, в его руках оказался бы динамический интерфейс и через СБД он смог бы обмениваться с коллегами полученными результатами.

Опишем более подробно разработанную и реализованную на ЕС ЭВМ интегрированную БД по конкретной математической теории — теории формальных и алгебраических групп [16]. Первоначально, в результате кон-

тактов со специалистами в этой теории О.Н.Введенским и Ю.И.Маниным [17, 19] и изучения литературы, одним из авторов данной статьи были выполнены исследования в этой математической теории, заключающиеся, в частности, в решении задач. Были получены конкретные математические результаты [19]. Далее коллективом авторов [20, 21] была собрана и проанализирована практически вся изданная в мире литература по теории формальных групп, начиная с 1954 г., когда появились первые публикации Дьедонне и Лазара, и прореферированная в советских и международных реферативных журналах. Были разработаны общая структура этой теории, ее концептуальная модель [22], тезаурус теории [20]. Реализованная на дополненном диалоговыми средствами ППП АСПИД-2 в ДОС ЕС интегрированная БД содержала следующие элементы: тезаурус основных объектов теории, в котором были отражены связи между объектами; файлы определений, теорем, основных результатов, нерешенных проблем теории с указанием взаимных связей между этими объектами [21]. Доступ к интегрированной БД осуществлялся как в пакетном режиме, так и на специально разработанном языке запросов в диалоговом режиме. Эта БД интегрировала на концептуальном уровне и на уровне внешней и внутренней моделей значительную часть знаний теории формальных групп. Был проработан вопрос о проведении необходимых вычислений в теории с использованием библиотеки процедур, включающей, в частности, процедуры символьных и аналитических преобразований [23].

При отображении информационных объектов в памяти ЭВМ возникает проблема отбора информации для хранения. Если для документальных систем в принципе ясно, какие объекты подлежат хранению, то для фактографической или приборной информации вопросы отбора и хранения стоят подчас чрезвычайно остро. Один метод отбора информации для хранения — задачный, состоящий в том, что для описания объектов отбираются и в дальнейшем хранятся те параметры, которые используются в задачах. Второй — информационный, состоящий в разработке информационной модели исследуемого объекта и выделении хранимых параметров на основе этой информационной модели. Здесь возникают проблемы оценки ценности информации, задачи старения информации. Можно сказать, что системы баз данных возникли в связи с потребностями интеграции, интеграции как по данным, так и по их обработке.

В настоящее время разработаны и разрабатываются СБД, интегрирующие текстовые и структурированные данные, структурированные и в виде образов, текстовые и речевые данные и другие комбинации этих форм представления данных в СБД. Модельное направление интеграций СБД путем построения взаимных отображений различных моделей данных интегрируют сетевые, иерархические, реляционные и другие модели данных [24]. Возрастает интеллектуализация СБД. Одна из целей интеллектуализации — освобождение пользователя системы от забот, связанных с внутренним представлением



данных. Использование формальных методов агрегации и дезагрегации накопленных данных также повышает интеллектуальность СБД. Методы агрегации данных уже предоставляются в руки пользователей СБД. Эти методы автоматизируют классификацию и кластеризацию и подсказывают исследователю группировки в классы в таких предметных областях, где зачастую только интеграция базы данных и методов агрегации данных и могут привести к успеху. На основе развития языковых средств СБД развиваются также методы содержательной интеграции.

В философии и методологии науки общепризнанным является положение о том, что в современном познании материального мира одно из ведущих мест принадлежит математике, являющейся важнейшим средством интеграции науки. В разных науках процесс математизации идет различными путями; проследить путь диалектического развития этого процесса в комплексах наук и в конкретной науке — задача, имеющая важное как теоретическое, так и прикладное значение. Процесс математизации применительно к задачам интеграции знаний в СБД во многом аналогичен процессу математизации кибернетики, информатики и других наук кибернетического цикла. Он проходит в направлении от использования моделей и методов теории множеств и комбинаторики, математической логики и теории алгоритмов, последующей алгебраизации, с применением на всех этапах процесса математизации развитого аппарата математического анализа. Так как СБД имеют дело с обработкой, хранением и поиском информации, то в изучении таких информационных процессов важная роль принадлежит методам теории информации, семиотики и математической лингвистики. На начальных этапах развития теории ИПС для описания моделей поиска документальной информации использовались теоретико-множественные модели, топологический аппарат теории толерантных пространств и методы математической статистики, а для описания моделей информационных систем — аппарат функциональных отношений, формальных грамматик и теории динамических систем. В настоящее время в разработке СБД наиболее активно используется алгебраический подход, основанный, в частности, на использовании реляционных алгебр.

Аппарат математической логики и теории формальных систем используется в разработке концептуальных и инфологических моделей [25]. Интегрирующим и унифицирующим инструментом здесь, как и вообще в математике в настоящее время, является теория категорий. При интеграции в единое целое технических комплексов сетей передачи данных, их программного обеспечения и информационного наполнения, единую методологию такой интеграции дает теория систем.

Интеграция знаний — такой вид представлений знаний, который имеет отношение и к алгоритмам ее предварительной обработки и структуризации (например, представление в виде линейных файлов, графов и др.). Интеграция знаний связана со способами представления знаний. Например, при

представлении знаний с помощью логического исчисления интегрирующую функцию выполняет само исчисление, когда оно описывает заданную предметную область (мир пользователя) в виде набора аксиом и правил вывода. Аналогичную роль выполняют модели, основанные на семантических сетях, фреймах и другие.

Отметим также проблему взаимоотношений между специалистами по СБД и специалистами в данных предметных областях (областях знания). Никто специалистам в данных ПО баз знаний не создаст. Разработка БД и БЗ — их задача. Специалисты СБД имеют свои задачи: создание общих схем языков и самих языков интеграции знаний; непротиворечивость; целостность и полнота моделей знаний.

В принципе, здесь имеется еще один (последний по порядку нашего изложения) аспект интеграции — совместная работа специалистов по СБД и АИС и специалистов в других областях знания с целью разработки интегрированных баз данных и баз знаний. А результаты такой деятельности не заставят себя ждать, как и в более ранних областях применения ЭВМ в научных исследованиях: для автоматизации расчетов, вычислений и моделирования.

1. Маркс К., Энгельс Ф. Дialeктика природы. — Соч., т. 20. — 700 с.
2. Ленин В.И. О значении воинствующего материализма. Полн. собр. соч., т. 45. — С. 31.
3. Глушков В.М. Математизация научного знания и теория решений // *Вопр. философии*. — 1978. — № 1. — С. 10–18.
4. Кухтенко А.И. О физике и кибернетике // *Кибернетика*. — 1981. — № 4. — С. 133–138.
5. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. — М.: Наука, 1982. — 552 с.
6. Глушков В.М., Стогний А.А., Афанасьев В.Н. Автоматизированные информационные системы. — М.: Знание, 1973. — 46 с.
7. Поспелов Г.С., Разин А.М. Проблемы интеграции автоматизированных систем научно-технической информации и автоматизированных систем управления. — М. НТИ. — Сер. 2. — 1981. — № 4. — С. 1–9.
8. Михалевич В.С., Каньгин Ю.М., Гриценко В.И. Информатика (общие положения). — Киев, 1983. — 45 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т Кибернетики; № 83–31).
9. Стогний А.А. Об автоматизированной системе информационного обеспечения научных направлений. — М.: ВИНТИ, 1981. — 11 с.
10. Чепиков М.Г. Интеграция науки. — М.: Мысль, 1981. — 275 с.
11. Философия и современность. — М.: Наука, 1971. — 373 с.
12. Синтез современного научного знания. — М.: Наука, 1973. — 639 с.
13. Стогний А.А. Об основных принципах построения автоматизированных информационных систем // *Управляющие системы и машины*. — 1972. — № 2. — С. 3–11.
14. Информационные системы общего назначения / Под ред. Е.Л.Ющенко. М.: Статистика, 1975. — 470 с.
15. Дейт К. Введение в системы баз данных. — М.: Наука, 1980. — 464 с.
16. Стогний А.А., Глазунов Н.М. О работе по системе СОАМИ // *Вычисления в алгебре и комбинаторике*. — Киев: ИК АН УССР, 1978. — С. 31–63.
17. Введенский О.Н. О локальных полях классов эллиптических кривых. — *Изв. АН СССР. Сер. Математика*. — 1973. — 37, № 2. — С. 20–28.
18. Манин Ю.И. Теория коммутативных формальных групп над полями конечной характеристики // *Успехи материалистических наук*. — 1963, вып. 6 (114). — С. 3–90.
19. Глазунов Н.М. Замечания о  $n$ -мерных коммутативных формальных группах над

- кольцом целых поля  $p$ -адических чисел. — Укр. матем. журн. — 1973. — 25, вып. 3. — С. 352–355.
20. Глазунов Н.М., Дриянский В.М., Комарова Т.Н., Рыбалко Ю.А. Тезаурус по теории формальных и алгебраических групп и его реализация на ЕС ЭВМ. — Киев, 1978. — 51 с. — (Препринт / АН УССР. — Ин-т Кибернетики; № 78–27).
  21. Алешкина С.М., Глазунов Н.М., Дриянский В.М., Комарова Т.Н. Банк данных по математической теории и его реализация на ЕС ЭВМ // I Всесоюз. конф. "Банки данных". Тез. докл. Сер. V. Тбилиси : ВНИИПОУ, 1980. — С. 48–49.
  22. Глазунов Н.М. Структурирование математической теории и разработка концептуальной модели базы знаний // Автоматизация научных исследований : Тез. докл. 2-я респ. конф. Киев : ИК АН УССР, 1981. — С. 5–6.
  23. Стогний А.А., Глазунов Н.М., Кожевникова Г.П. Об одном классе систем обработки данных, ориентированных на математические исследования // Кибернетика. — 1977. — № 1. — С. 6–11.
  24. Калиниченко Л.А. Методы и средства интеграции неоднородных баз данных. — М. : Наука, 1983. — 424 с.
  25. ANSI (X3) SPARC DBMS Framework Report of the study group on database management systems // Inform. Syst., 1978. — P. 173–191.

\*УДК 007

А.И.Кухтенко

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И КИБЕРНЕТИКА

В современной научной литературе значительное внимание уделено научно-технической революции (НТР). Однако ответ на вопрос, в чем же фактически состоит научная компонента этих революционных событий, раскрыт недостаточно. Чаще всего говорят о математизации гуманитарных и социально-экономических дисциплин, использовании физики и химии при изучении биологических объектов, применении методов моделирования с использованием ЭВМ, развитии системных методов исследования и т.д. Подобного рода ответы свидетельствуют, что имеется много различных характерных черт развития как НТР в целом, так и ее научной компоненты, в частности.

Сравнительно недавно Б.М.Кедров опубликовал специально посвященную проблеме научных революций фундаментальную монографию [2]. В ней он детально рассмотрел основные характерные черты научной революции, дал их классификацию и с этих общих позиций проанализировал развитие всего естествознания от древности до середины текущего столетия. Однако теоретический и практический интерес представляют освещение и анализ современного характера НТР.

В одной статье осветить с необходимой полнотой современное развитие математики, физики, биологии, кибернетики и других наук не представ-

ляется возможным. Поэтому в настоящей работе поставлена значительно более скромная задача: рассмотреть главную, по мнению автора, линию развития современных научных знаний. Речь идет о концептуальной революции, происходившей в первой половине XX в. в математике, и о ее влиянии на современное развитие физики и формирование теоретической кибернетики. Наиболее известным событием, действительно революционизировавшим науку, является "новейшая революция в естествознании", как назвал В.И. Ленин переход от классической к современной физике, начавшийся в конце XIX ст. В настоящее время имеется уже много работ различных авторов, в которых эта тема достаточно подробно освещена [1–11].

Важным фактором для развития НТР на современном этапе явилось появление нового научного направления – кибернетики. Закономерным показателем общее для гуманитарных и других не относящихся к циклу точного естествознания наук стремление к использованию математических средств, а в последнее время – кибернетических методов математического моделирования. На конец 40-х годов XX с. относят факт превращения научной революции в НТР. Достижения в области атомной энергетики, космических исследований, в автоматизации и кибернетизации производства и научного эксперимента (ускорители элементарных частиц, установки для термоядерного синтеза, успехи в области генетики и селекции растений и т.д.) – примеры слияния научной и технической революций.

В.М. Глушков и Ю.М. Каньгин в работе [9] дали достаточно полную характеристику основных черт НТР и показали, что главное ее содержание заключается в переходе общества на новую человеко-машинную технологию организации технического и экономического прогресса, базирующуюся на использовании ЭВМ и современных средств связи. Ими показано, что НТР является многоплановой: это одновременно техническая, информационная, научная и организационная революция.

Ниже одна из этих четырех сторон анализируется более детально, основное внимание сосредоточено не на том, как повлияло развитие кибернетики на научную революцию, а на обратном процессе – выясняется влияние научной революции на процесс становления кибернетики как науки. Чтобы вскрыть истинное содержание этого процесса, прежде всего необходимо рассмотреть более детально ту перестройку научного фундамента, которая происходила в математике в течение уже прошедших десятилетий XX в. и выявить влияние этих событий на физику и даже на все естествознание в целом, а также и на кибернетику.

1. **О научной революции в математике.** Осознать истинный характер процесса перестройки математики, происходившего в основном в первой половине XX в., необходимо по той причине, что это повлекло за собой существенные изменения в физике и других науках, повлияло на формирование кибернетики как самостоятельной науки.

По данным Н.Бурбаки [12], в конце XIX – начале XX вв. математика, ранее бывшая единой и монолитной, распалась на такое количество смежных дисциплин, что один математик во многих случаях перестал понимать другого. Они разговаривали как бы на разных языках, что и дало повод говорить о "вавилонском столпотворении в математике". Такое положение дел признавалось опасным для дальнейшего развития математики и расценивалось как кризисное, вполне аналогичное тому, какое возникло в это же время в физике. Кризисное состояние усугублялось еще и тем, что были выявлены известные парадоксы в теории множеств и математической логике, что ставило под сомнение надежность всего фундамента, на который опирались математика и логика.

Как утверждает Н.Бурбаки в разделе "Архитектура математики" своей книги [13], понадобилось свыше пятидесяти лет для того, чтобы была найдена основа, пригодная для преодоления кризисного положения, возникшего в математике к концу XIX в. Такой основой оказался аксиоматический метод построения всей математики на базе порождающих математических структур. В силу исключительной важности этих понятий рассмотрим более детально каждое из них в отдельности, без чего нельзя понять, в чем же изменился стиль мышления математиков и в чем произошла коренная ломка концептуальных представлений.

1а. Об аксиоматическом методе. Аксиоматический метод в науке возник давно и прежде всего упоминают об аксиоматическом построении геометрии (Евклид) и механики (Ньютон). Известны и другие попытки аксиоматического построения наук в прошлом, в частности Спинозой (философия и этика), но они оказались неудачными. Однако его систематическое применение, по мнению Н.Бурбаки, только в XX в. стало исключительно сильным оружием, позволившим не только упорядочить математические знания, но и стать действительным средством для новых математических открытий. Поэтому широкое использование аксиоматического метода представляется, по их мнению, одной из самых оригинальных черт современной математики. Именно аксиоматический метод является той первоосновой, которая позволила родиться новому стилю математического мышления и привела к смене парадигмы в математике, т.е. к ее революционной перестройке (в чем это выразилось фактически см. ниже). Знаменитый многотомный трактат Н.Бурбаки, по сути дела, и явился фактической демонстрацией возможности построения единого здания современной математики.

Важный этап (XIX в.) связан с построением Н.И.Лобачевским и Я.Бояи неевклидовой геометрии. Так как и Евклидова геометрия, и геометрия Лобачевского-Бояи, рассматриваемые как дедуктивно построенные теории, не противоречили друг другу, то была осознана возможность приписывать различные трактовки первичным терминам той или иной аксиоматической теории и аксиомы трактовать уже не как истины, не требующие доказатель-

ства, а как некоторые исходные положения теории, вне зависимости от того, насколько они просты, очевидны и интуитивно ясны для всех.

Следующий период (конец XIX – начало XX вв. обусловлен программой Д.Гильберта формального обоснования математики. Теперь в любом из вводимых формальных исчислений аксиомы оказались простым набором недоказуемых формул, из которых, по правилам логического вывода этого исчисления, получают все остальные доказуемые в нем формулы. В полном соответствии с этими тремя периодами различной трактовки самого термина "аксиома" обычно упоминают и о трех периодах становления аксиоматического метода: содержательной аксиоматизации; полуформальной аксиоматизации; формальной аксиоматизации. Примером содержательной аксиоматической теории являются знаменитые "Начала геометрии" Евклида.

Обычным для математики источником возникновения аксиоматических теорий является обнаруженный изоморфизм некоторых математических объектов, которые первоначально казались совершенно непохожими друг на друга, а в действительности обладали глубокими чертами сходства, именно и обуславливающими их изоморфизм. В связи с этим говорят, что каждая теорема аксиоматической теории может быть интерпретирована в каждой из этих изоморфных друг другу систем.

Интерпретацией теории именуют акт приписывания значений первичным понятиям этой теории. Любую совокупность проинтерпретированных ее аксиом называют моделью этой теории. Поэтому можно утверждать, что характерной чертой содержательных аксиоматических теорий является то, что они имеют только одну модель, представляющую ее.

При полуформальной аксиоматизации теория и ее аксиомы могут обладать целым рядом интерпретаций, т.е. иметь много изоморфных друг другу моделей. Создание Лобачевским так называемой гиперболической, а Риманом – эллиптической геометрий, появление проективной и дифференциальной геометрий и привело к выделению в качестве самостоятельного направления метода аксиоматизации. При построении полуформальных аксиоматических теорий оказалось уже необходимым рассматривать вопросы выяснения полноты системы аксиом, непротиворечивости и независимости их, в результате чего пришли к созданию формальных аксиоматических теорий.

Наиболее важным свойством дедуктивного метода является возможность получать общие результаты, пригодные одновременно для всех возможных интерпретаций данной теории. Дедуктивный метод предназначен для построения формализованных теорий. Следует при этом осознавать следующее. К.Гедель показал, что для всякой формализованной теории, даже с достаточно развитыми логическими средствами, доказательство непротиворечивости нельзя провести, пользуясь только средствами языка, принятого в этой теории. Это означает, что задуманный Д.Гильбертом грандиозный план формального построения всей математики не может быть реализован пол-

ностью. В связи с чем и возникла необходимость в создании современного аппарата математики и метатеорий. Первая — это совокупность теорий, предназначенных для рассмотрения формализованных аксиоматических теорий, о которых шла выше речь. Для изучения некоторой совокупности формализованных теорий, а всегда имеется в виду изучение именно некоторого множества таких теорий, а не одной какой-либо конкретной из их числа, должен быть найден подходящий язык для описания свойств и структуры таковых, который именуют метаязыком. Этот язык обычно отличается от языка самих формальных теорий, но он тоже должен быть формализован и для этой цели могут быть использованы те или иные разделы математики, которые в таких случаях именуют математикой для метаматематики.

Каждое из четырех основных для XX в. направлений обоснования математики внесло свою лепту: логицизм — в части логической системы выводов; интуиционизм и конструктивизм — содействовали (в качестве дополнительных) построению формальных ее основ. Главенствующую роль формализма подчеркивают в философских работах, посвященных проблеме естествознания [4], по двум причинам. Во-первых, благодаря попыткам осуществления программы Д.Гильберта стала ясной несостоятельность абсолютизации каких бы то ни было допущений о природе математического знания. Во-вторых, было выяснено существенное различие между формальными аксиоматическими теориями и метатеориями. Последние всегда должны быть не чисто формальными, а в той или иной мере содержательными и выполнять роль регулятивных и гносеологических принципов, позволяющих в конструктивной форме ответить на вопрос о том, что значит познать (в математическом смысле). Отмечается также, что философские выводы, вытекающие из теоремы К.Геделя о полноте, по своей значимости выходят за рамки математики и представляют собой общий результат, имеющий отношение к основаниям любой науки.

Изложенное ценно для всякого исследователя, который бы попытался построить основы теоретической кибернетики на той же самой базе, на которой была создана современная математика.

**16. О порождающих математических структурах.** Аксиоматический метод — первооснова, которая дала новый стиль математического мышления и привела к смене парадигмы в ней. Знаменитый многотомный трактат "Элементы математики" Н.Бурбаки [12] и многочисленные монографии последователей явились фактической демонстрацией нового пути построения единых основ научного здания современной математики.

Но самым главным является то, что для построения всего этого гигантского научного здания потребовалось совсем немного различных типов "конструкционных материалов", именуемых Н.Бурбаки порождающими математическими структурами. При изучении сложных математических объектов аксиоматический метод позволяет выявить общность свойств

этих объектов, а затем сгруппировать их и классифицировать, в результате чего и приходят к понятию математической структуры. К основным (порождающим) математическим образованиям такого рода принадлежат следующие структуры: теоретико-множественные (т.е. упорядоченные и частично упорядоченные множества); абстрактно-алгебраические (полугруппы, группы, кольца, поля, тела, векторные пространства, модули, алгебры, решетки); топологические (различные топологические пространства); дифференцируемые (дифференцируемые многообразия и внешние дифференцируемые формы). И, как иногда говорят, впереди всего находятся логико-математические понятия.

Пояснить примерами все эти типы математических структур в кратком сообщении не предоставляется возможным. Им посвящены многочисленные учебники и монографии по теории множеств, абстрактной алгебре, теоретико-множественной топологии, дифференциальной геометрии и т.д. Наиболее популярное изложение, специально посвященное математическим структурам, теперь доступно всем после выхода брошюры И.М.Яглома [14]. С педагогической и литературной точки зрения заслуживает внимания и книга Яна Стюарта "Современная концепция математики" [15], в которой также основное внимание уделено математическим структурам.

Все это отразилось на стиле и содержании университетских курсов математики, о чем свидетельствует появление вслед за трактатом Н.Бурбаки целой серии учебников и монографий. В этом плане достаточно типичным является двухтомный учебник Лорана Шварца "Анализ" [16], в котором в отличие от классического изложения курса математического анализа, читавшегося десятилетиями во всех университетах, излагаются абстрактная алгебра, теоретико-множественная топология и сам анализ (в старом понимании) как одно целое, пользуясь аксиоматическим методом. Дифференциальное исчисление и дифференциальные уравнения зиждутся на единой основе — понятии о дифференцируемом многообразии, а теория интегрирования строится одновременно для функций как одной, так и многих переменных (что раньше было невозможно), на базе такой дифференцируемой структуры, как внешняя дифференциальная форма. Этот новый стиль изложения и дал основание говорить о глобальном или абстрактном анализе.

Примером построения в этом же ключе курса обыкновенных дифференциальных уравнений являются книги А.Картана [17] и В.И.Арнольда [18, 19], а с изложением основ теории дифференциальных уравнений в частных производных можно ознакомиться по работам [20, 21].

По-новому строится и векторный анализ. В частности, большое и универсальное значение приобретают "абстрактная теорема Стокса" и ее частные случаи — абстрактные теоремы Грина и Гаусса-Остроградского. С преимуществами использования аппарата внешних дифференциальных форм вместо классического векторного анализа можно ознакомиться по книге



Г.Грауэрт, И.Либ, В.Фишер [22], написанной с большим педагогическим мастерством. В ней также изложены в новом стиле некоторые разделы электродинамики (уравнения Максвелла и др.) и показаны проявляющиеся при этом преимущества по сравнению с классическим векторным изложением. Вслед за анализом и дифференциальными уравнениями коренной перестройке подверглась и такая классическая дисциплина, как дифференциальная геометрия. То, что действительно произошли фундаментальные изменения в ее изложении, немедленно обнаруживается при сравнении более старых курсов дифференциальной геометрии (например, С.П.Финикова или Н.И.Кованцова) и современных (С.Стернберг или Р.Зуланке, П.Винтген) и, что особо важно, оказалось, что аксиоматика дифференциальной геометрии и используемые для ее построения порождающие структуры (дифференцируемые многообразия и внешние дифференциальные формы) одновременно могут служить для цели аксиоматического построения аналитической механики. Насколько вообще изменилось содержание учебников и монографий, посвященных изложению основ геометрии в этом новом стиле, можно судить по книгам [23, 24].

Дифференцируемые многообразия и внешние дифференциальные формы еще недавно, по образному выражению известного алгебраиста С.Ленга, были "ничейной территорией" между тремя великими дифференциальными державами: дифференциальной геометрией, дифференциальной топологией и дифференциальными уравнениями, а в настоящее время они являются основой не только для построения всех этих дисциплин, но играют ту же роль и для не менее великой вновь возникшей четвертой державы — дифференциальной динамики [25], имеющей большое значение для формирования аксиоматически построенной теоретической кибернетики, по меньшей мере, в части, касающейся изучения динамических управляемых систем. На этой же основе возникли и такие новые разделы математических знаний, как теория расслоенных пространств [86], теория струй (джетов) [27], теория особенностей дифференцируемых многообразий [28] и др.

Математику, созданную на основе порождающих структур и аксиоматического метода ее построения, часто именуют "абстрактной математикой" в отличие от более ранних классических ее разделов. Но дело, конечно, не в названии, а важен тот факт, что охарактеризованный выше путь построения основ единого здания современной математики — не только переложение уже известного, а это смена "парадигмы", замена одного способа мышления другим, коренная ломка воззрения, имеющая принципиально новый методологический аспект.

Таким образом, можно констатировать, что наряду с общеизвестной революционной перестройкой, происходившей в XX в. в физике, в это же время не менее существенные события также революционного характера происходили и в математике, что скажется, как мы это увидим ниже, и на пе-

рестройке многих разделов физики, а также оказывает влияние на развитие и формирование кибернетики как самостоятельной науки, не говоря уже о том, что "смена парадигмы" прежде всего привела к гигантским достижениям в самой математике и были созданы или реконструированы целые новые ее области: дифференциальная топология, алгебраическая геометрия, риманова геометрия в целом, заново переосмыслены такие классические разделы, как теория групп и алгебр Ли и т.д. Испытала на себе влияние нового подхода даже такая ветвь знаний, как математическая статистика [29]. Существенно развилась и сама теория математических структур [30].

В заключение этого подраздела отметим, что встречающиеся в философских работах суждения о том, что: "... формализм как течение в науке оказался несостоятельным..." [6, с. 39], необходимо понимать как крушение надежд Лейбница и Гильберта о полной формализации математики, но фактические успехи современной математики, основанные на объединении формальных методов, интуиции и конструктивного подхода, говорят сами за себя. Достаточно полная трактовка философских проблем, связанных как с классическим, так и современным этапом развития математики, приведена в книге [31].

2. О научно-методическом единстве физики. В своей известной книге "Физика и реальность" А.Эйнштейн писал: "...На протяжении долгих лет я всеми силами стремился придать ясность основаниям науки и совершенствовать их... Пока мы должны признать, что не имеем для физики общей теоретической основы, которую можно было бы считать ее логическим фундаментом..." [32, с. 75]. Это значит, что механика, термодинамика, оптика, электродинамика, специальная и общая теория относительности, квантовая механика и другие разделы физики излагаются порознь, а не на единой методической и формально-математической основе. Призывов к созданию единого научного здания физики было немало, и, по-видимому, одним из наиболее громко прозвучавших еще в 1900 г. на международном конгрессе математиков в Париже был призыв Д.Гильберта (его знаменитая шестая проблема) к аксиоматизации теоретической физики.

Мы не сможем сейчас перечислить всего того, что было сделано в этом направлении за период более чем три четверти столетия, а сошлемся на целую серию как отрицательных, так и в определенной мере положительных результатов, освещенных в известной книге канадского физика-науковеда М.Бунге "Философия физики" [33]. Отметим только то, что попытки аксиоматизации физики касались самых различных ее разделов. Д.Гильберт пытался построить аксиоматически теорию гравитации и электромагнетизма. Каратеодори и Рейхенбах пытались это же сделать для специальной теории относительности, Дж.фон Нейман — для квантовой механики и т.д. По мнению М.Бунге, все эти попытки оказались неудачными и цель не была достигнута. Положительными можно считать попытки аксиоматизации механики материальной точки [34, 35] и механики сплошной среды [36].

В добавление к [33] приведем примеры, относящиеся к более позднему периоду времени и сосредоточим внимание именно на тех из них, когда использовались порождающие математические структуры в смысле Н.Бурбаки или их имманентное объединение. Иначе говоря, продемонстрируем тот факт, что путь аксиоматизации различных теорий на этой основе был в последние десятилетия генеральной линией не только в математике, но и в физике. Особо существенную роль при этом сыграли топологические и дифференцируемые структуры (дифференцируемые многообразия и внешние дифференциальные формы).

Построенный на этой основе понятийный и формальный аппарат стал рабочим языком не только при построении дифференциальной геометрии в новом стиле, но он же сыграл решающую роль и при аксиоматической трактовке аналитической механики и многих разделов теоретической физики.

Для аксиоматического построения аналитической механики не потребовались какие-либо дополнительные аксиомы, так как аксиоматика дифференциальной геометрии в новом ее изложении и аналитической механики оказалась общей. Нельзя формально ставить знак равенства между аксиоматикой самой математики и аксиоматикой физики. Между ними имеется существенное отличие и специфика второй должна всегда учитываться. За деталями отошлем вновь к книге М.Бунге [33], где этот вопрос достаточно полно рассмотрен.

Благодаря установленной общности аксиоматической основы современной дифференциальной геометрии и аналитической механики удалось многого достичь и продемонстрировать возможности нового подхода. Появился ряд новых учебников [37–40], характеризующих универсальность избранного подхода и его эвристическую мощь, заключающуюся в том, что удалось на единой методической основе и с помощью одного и того же формализма изложить механику Ньютона, механику Лагранжа, механику Гамильтона, статистическую механику и квантовую механику. Вслед за аналитической механикой на той же базе применения порождающих математических структур и аксиоматического пути построения курса были разработаны новые трактовки механики сплошной среды, некоторые разделы теории упругости и гидромеханики [36] и математической физики [41]. При этом вновь существенное значение отводится топологическим и дифференцируемым структурам, но не только им. При создании механики сплошной среды показана роль алгебраических структур, в частности, алгебры Буля [36]. Полезная роль математической логики и той же алгебры Буля многократно продемонстрирована в трудах В.Л.Рвачева, посвященных изложению различных разделов математической физики, в результате чего получено много новых результатов [42, 43 и др.]. Алгебраические структуры широко использовались и в книгах [44, 45], посвященных алгебраической трактовке проблем математической и теоретической физики.

Подобно тому как риманова геометрия сводится локально к евклидо-

вой геометрии, расслоенное пространство — понятие, позволяющее рассмотреть соответствующее топологическое пространство локально (послойно), например, в виде векторных пространств, вводить в них групповую структуру и устанавливать связь между слоями. Иначе говоря, построить общую теорию элементарных частиц, опять-таки, удастся, используя алгебраические, топологические и дифференцируемые структуры, конечно, при соответствующем обобщении этих первичных понятий.

Таким образом, была найдена общая методическая и математическая платформа для построения физики как единого целого, о чем и заботился А.Эйнштейн. Смена парадигмы в математике привела к тому же и в физике. Математические структуры Н.Бурбаки и их имманентные иерархические обобщения оказались при этом общим фундаментом как для самой математики, так и для физики. Были и другие трактовки возможного пути построения единого научного здания физики. В работах [48, 49] предлагалось путем использования "принципа функциональной симметрии" ввести понятие о "физических структурах" и, по сути дела, достичь той же цели.

В качестве итога можно сказать, что на поиски методического единства физики ушло уже три четверти столетия и этот вопрос еще не закрыт, и что настоящее время уже ясно вырисовались контуры процесса революционной перестройки научного здания математики и физики как единого целого, являющегося частью еще более широкого процесса протекания современного этапа НТР. Кроме физики, "смена парадигмы" в математике оказала влияние и на развитие химии [50] и, что особо важно, — теоретической биологии, где под влиянием работ Р.Тома и его последователей процесс перестройки проходит уже давно и бурно [51], а его "теория катастроф" получила широкое распространение [52, 53]. Примером использования описываемого метода в экономике может быть работа С.Смейла "Глобальный анализ и экономика", в которой рассматривается в этом же стиле теория Парето [54].

С этих же позиций освещена, хотя еще и недостаточно убедительно, тема "О единстве научного знания" [55], где изложена одна из многих трактовок построения математической платформы для изучения с единых позиций живого и неживого мира (следовало бы говорить не только о значимости "пространства Гротендика", как это делает автор [55], а о всех средствах топологической динамики, алгебраической геометрии и других необходимых разделов современной математики).

В работе М.Бунге [33] одна из глав посвящена понятию "система теории", в которой автор пытался выяснить возможность установления формальных и эвристических связей, которые могут быть обнаружены между различными физическими теориями. Вопрос этот сложен и за подробностями мы можем только отослать к [33], отметив только то, что на все здание современной математики, построенного на основе порождающих математических структур и использования аксиоматического метода, также можно

смотреть как на некоторую "систему теорий", а скорее даже "систему систем теорий", имеющую в целом иерархическую структуру, но с разнообразными дополнительными взаимосвязями, в том числе и в виде петель "обратных связей" и т.п. Упоминание обо всем этом сделано нами по той причине, что оно полезно для сопоставлений, возникающих при изложении следующего раздела о кибернетике.

Все изложенное в отношении унифицирующей роли понятий о математических структурах для построения математики и физики не следует считать единственной методологической линией развития современного точного естествознания. В действительности эта линия является лишь главной. В дискуссии математиков, проходившей в Бостоне в 1974 г. [56], выявились в той или иной мере и альтернативные пути, основанные на других генеральных тенденциях (нелинейный функциональный анализ, абстрактный гармонический анализ).

Более 20 лет тому назад Т.Риге высказал точку зрения [57], согласно которой в течение примерно 50 лет (т.е. до 2015 г.) в математике вновь произойдет "смена парадигмы" и эти предсказания в определенной мере оправдываются. Он имел в виду перестройку математики на основе аппарата теории категорий и функторов [58, 59].

**3. О кибернетике.** Можно ли надеяться на формирование теоретической кибернетики как самостоятельной научной дисциплины, на том же математическом фундаменте, о котором шла речь? В последние десятилетия появилось много других дисциплин, также относящихся к проблематике управления и претендующих на право быть головными в этой области знаний. Возникшее научное соревнование между такого рода дисциплинами, как системотехника, теория исследований операций, общая теория систем, системный анализ, системология и другими показало, что ни одна из них не в состоянии играть основополагающую роль для всего цикла исследований, связанных с изучением систем управления произвольного типа (техника, экономика, биология, экология, социология). Кибернетика как наука об общих законах управления и передачи информации, хотя и имеет больше оснований, чем указанные дисциплины, претендовать на роль общенаучной платформы для всего цикла задач проблематики управления, но и она в научном плане представляет еще и в настоящее время весьма пестрый конгломерат разноплановых подходов.

Кибернетика и все названные научные дисциплины тематически во многом пересекаются, но при этом различные авторы используют свою собственную терминологию и свои исходные понятия, по-своему формулируют научные цели развиваемых ими дисциплин и т.д. В настоящее время в теории управления сложилась ситуация, подобная той, в которой оказалась математика в начале XX в. и вновь можно говорить о "вавилонском столпотворении", но уже не в математике, а в кибернетике, так как приверженцы той или иной из перечисленных выше дисциплин также перестают понимать друг

друга и часто одну и ту же проблему или близкие задачи трактуют по-разному. Но при сопоставлении достаточно большого количества книг, статей, рефератов и других материалов, относящихся к упомянутым дисциплинам, выясняется, что в них используется один и тот же арсенал математических средств, пригодный для решения задач, интересующих всех исследователей. Ни кибернетика, ни общая теория систем, ни все другие упоминавшиеся дисциплины не создали своего собственного математического аппарата, а пользуются теми или иными разделами общих математических знаний, хотя кибернетика оказала существенное влияние на развитие целого ряда разделов математики (например, теорию алгоритмов, конечных автоматов или формальных языков).

Кибернетика изучает абстрактные модели реальных объектов. Модель одного и того же типа может быть получена для самых различных объектов: технических, экономических, биологических, социальных или экологических. Поэтому вполне естественно стремление упорядочить весь спектр встречающихся в кибернетике проблем и задач путем выбора соответствующих уровней абстрактного описания изучаемых объектов. Анализ наиболее интересных для кибернетики объектов, проведенный нами еще в конце 60-х годов [60, 61], показал, что наиболее часто используются следующие уровни абстрактного описания: а) логико-математический; б) теоретико-множественный, в) абстрактно-алгебраический; г) топологический; д) динамический (детерминированные и вероятностные модели); е) теоретико-информационный; ж) лингвистический; з) их всевозможные комбинации. К формализованным моделям обычно добавляются еще и модели эвристического характера, отражающие практический опыт, знания, или интуицию исследователя. В указанных нами литературных источниках были в определенной мере охарактеризованы эти уровни абстрактного описания и приведены некоторые примеры. Ниже будут приведены еще иные примеры, относящиеся к последнему времени.

Чаще всего используемые в кибернетике уровни абстрактного описания соответствуют математическим структурам. Н.Бурбаки или их имманентным объединениям (например, динамическая система — это "однопараметрическая группа диффеоморфизмов", т.е. используются абстрактно-алгебраическая и дифференцируемая структуры). Поэтому есть все основания утверждать, что подобно тому, как в физике проходил процесс ее перестройки на указанной математической платформе, так и в кибернетике начинается такого же рода процесс формирования ее на той же основе. Тот факт, что логико-математические, теоретико-множественные и абстрактно-алгебраические модели широко и многократно применяются в кибернетике, особого доказательства не требует. Достаточно вспомнить, что в настоящее время уже целые книги посвящены отдельным типам моделей такого рода; например, теория частично упорядоченных систем [62] полностью базируется на теоретико-множественных и абстрактно-алгебраических моделях. В наиболее ха-

рактрных для кибернетики разделах (теории языков и программирования, теории проектирования ЭЦВМ) также используется тот же математический аппарат [63, 64]. Ряд работ по математической теории систем также основывается на теоретико-множественных и абстрактно-алгебраических структурах [65, 66]. В последней из них вся теория линейных динамических управляемых систем построена на основе такой алгебраической структуры, как модуль над кольцом полиномов (следует понимать, что еще используются и топологические структуры, что естественно для динамических систем). Многократно использовалась такая алгебраическая структура, как полугруппа. Например, была создана полугрупповая теория конечных автоматов (теория Крона-Роудза [66]), дана трактовка теории оптимального управления на языке полугрупп операторов и соответствующих функциональных пространствах [67]. Предлагалась теоретико-вероятностная трактовка теории сложных систем на основе понятия полугруппы операторов в банаховом пространстве [68] и др.

Лингвистический уровень абстрактного описания систем, так часто используемый при решении задач распознавания образов и принятия решений, также базируется на использовании логико-математических понятий, теоретико-множественных и алгебраических структур [69, 70].

Топологические методы использовались для изучения проблемы устойчивости движения (см. [71], где приведены достаточно многочисленные литературные источники). Дифференциально-геометрические методы и аппарат алгебраической и дифференциальной топологии, в которых широко используются такие структуры, как дифференцируемые многообразия и внешние дифференциальные формы, о которых шла речь в предыдущем разделе, посвященном физике, становятся рабочими средствами для изучения динамических управляемых систем [72, 73, 74]. Группы Ли и алгебры Ли, расслоенные пространства, теория струй (джетов), теория особенностей дифференцируемых многообразий и другие становятся все более обычными и широко используемыми в теории управления разделами современной математики и, что самое главное, с помощью этих математических средств удается решать новые задачи.

Если логико-математический и алгебраический уровни абстрактного описания широко используются при исследовании дискретных кибернетических устройств и создании языков программирования, то топологические и дифференцируемые структуры применяются главным образом при изучении динамики процессов управления. Обе эти ветви кибернетики достаточно резко разграничены и разрабатываются различными научными коллективами. Это положение дел обусловлено исключительно большой сложностью задач как первого, так и второго класса, хотя в действительности, например, одна из основных для кибернетики проблем — изучение процессов управления динамическими объектами с помощью ЭЦВМ — при деталь-

ном рассмотрении требует одновременного использования этих обеих ветвей кибернетических знаний.

Когда-то Дж.фон Нейман утверждал, что на смену "дискретной математике" и "непрерывной математике" придет единая "дискретно-непрерывная". Похоже, что это время уже пришло и создание таковой стимулируется потребностями кибернетики, так как необходимо научиться описывать и анализировать поведение так называемых логико-динамических систем, когда одна часть системы описывается средствами логики, а вторая, например, языком дифференциальных, интегральных или функциональных и других уравнений и обе эти части взаимно связаны в единую систему.

Как показал еще в 1965 г. М.Арбиб [75], — это возможно. Уже позже им в соавторстве с Р.Калманом и А.Фалбом было показано, что, используя язык групп и полугрупп, можно построить теорию, из которой как частные случаи вытекают теория линейных конечных автоматов и теория динамических линейных систем. При изучении достаточно сложных реальных логико-динамических систем возникают существенные затруднения, так как приходится учитывать и роль преобразующих устройств (кодирование и декодирование) и другие обстоятельства [66].

В настоящее время эти затруднения еще не преодолены и проблема построения общей теории логико-динамических систем остается одной из весьма важных в кибернетике задач, так как не имея успеха в этом направлении нельзя будет ожидать грамотного решения многих задач автоматизации технологическими объектами с помощью ЭЦВМ, управления подвижными роботами и т.д. Охарактеризовав современное положение и ближайшее будущее кибернетики (с точки зрения ее научно-теоретической базы), можно уже попытаться дать ответ на поставленный в начале раздела вопрос. Итак, может ли теоретическая кибернетика стать построенной в аксиоматическом стиле научной дисциплиной? Любая наука, по установившимся в отечественной философской литературе, посвященной вопросам естествознания, представлениям, должна обладать системой принципов, законов и категорий [6]. Если на вопрос о существовании категорий (информация, управление и т.д.) и принципов кибернетики (обратной связи, необходимого разнообразия Эшби, дополнительности Ст.Бира) можно ответить утвердительно, то на такой же вопрос о законах — ответ отрицательный.

В кибернетике еще нет законов аналогичных, например, законам физики (Ньютона, Ома и т.д.). Поэтому с этой точки зрения кибернетику пока что нельзя возвести в ранг науки, если пользоваться такого рода критерием. В некоторых литературных источниках считают, что кибернетику вообще нельзя считать обычной частной наукой, потому что она не изучает законы развития объектов в рамках той или иной формы движения, подобно физике или химии, а поэтому рассматривают кибернетику как некоторый новый общий подход к изучению процессов любой природы. Иногда говорят, что



кибернетика — целое научное направление или "система систем теорий" в том смысле, в котором эти слова были разъяснены в предыдущем разделе и т.д. В последнее время все более часто утверждают о том, что кибернетика и теория систем являются общенаучными дисциплинами, во многом сходными по универсальности применения с математикой.

Утверждают также, что та или иная область знаний может быть признана наукой, если для нее четко могут быть установлены предмет и собственный метод исследования. Предмет исследования в кибернетике (как специфичной области знаний) имеется. Это системы управления объектами любой природы. Системы технические, экономические, биологические и медицинские, производственные и социальные различного уровня, экологические — все это область интересов кибернетики как науки об общих проблемах управления.

В действительности предметом исследования являются соответствующие абстрактные модели. Но ведь и в физике при изучении реальных объектов и явлений прежде всего переходят к соответствующим математическим моделям. Это общий научный путь исследователей — путь абстрагирования. Выше было уже достаточно детально пояснено, что применяемые абстрактные модели физики и кибернетики определяются, по сути дела, одними и теми же унифицирующими средствами современной математики (ее порождающими структурами и их обобщениями, аксиоматическим методом построения теорий). Поэтому есть все основания полагать, что в теоретическом подходе в физике и кибернетике есть много общего, хотя методы могут и отличаться. Физики раньше пользовались в основном лабораторными экспериментами, а кибернетики — главным образом методами математического моделирования. В последнее время и физики все чаще прибегают к методам математического моделирования.

На создание единства современной математики, как об этом уже говорилось, ушло больше чем полстолетия, а физика за три четверти века еще не окончила своего формирования на единой научно-методической платформе. Поэтому нет ничего удивительного, что относительно молодая область знания кибернетика все еще находится в начальной стадии своего научного формирования и нет никаких оснований заранее утверждать, что она не будет иметь и своих фундаментальных законов. Скорее можно думать об обратном. При этом можно полагать, что такого рода общие законы управления могут быть найдены при изучении объектов разной природы, но используя указанные выше или, быть может, иные уровни абстрактного описания. Во всяком случае, изложенное выше о путях достижения научно-методического единства математики и физики позволяет думать, что для достижения этой же цели в кибернетике следует идти по тому же самому пути, т.е. для построения теоретической кибернетики как науки целесообразно использовать те же математические структуры в смысле Н.Бурбаки (или их имманентные объединения) и стремиться создать ее теоретические основы, пользуясь аксиомати-

ческим методом построения содержательных, полуформальных или формальных теорий.

Такой путь построения научного здания кибернетики не может считаться единственно возможным и нельзя отвергать иные трактовки [76] и др. Нельзя не учитывать и того, что шло и будет идти развитие отдельных ветвей кибернетики, посвященных дискретным системам [77–79], вероятностным трактовкам задач [80], теории оптимального управления [81–84] и т.д. Здесь излагалась точка зрения, согласно которой теоретический базис кибернетики можно создавать, опираясь только на весь необходимый современный арсенал математических средств. Вряд ли это возможно, если опираться только на какой-либо отдельно взятый раздел математических знаний. Попытка У.Росс и Эшби [85] это сделать, пользуясь весьма ограниченными средствами, но увенчалась ожидавшимся успехом. Новые ветви математических знаний (теория структур, теория категорий и функторов, алгебраическая и дифференциальная топология, алгебраическая геометрия, теория особенностей и т.д.) предоставляют в этом плане значительно большие возможности, и необходимо приложить усилия в использовании всего этого богатства современной математики для решения задач, возникающих в практической кибернетике.

Подводя итог изложенному, можно сказать, что произошедшая концептуальная революция в математике стала основой для перестройки научного здания физики в направлении достижения ее научно-методического единства и она же служит базой для формирования теоретического базиса кибернетики и математической теории систем.

1. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18. — С. 60.
2. Кедров Б.М. Ленин и научные революции. Естествознание. Физика. — М.: Наука, 1980. — 463 с.
3. Кикоин И.К. Философские идеи Ленина и развитие современной физики // Ленин и современная наука. — М.: Наука, 1970. — С. 427–453.
4. Лазарев Ф.В., Трифонова М.К. Структура познания и научная революция. — М. Высш. шк., 1980. — 127 с.
5. Гинзбург В.Л. Замечания о методологии и развитии физики и астрофизики // Вопр. философии. 1980. — 12. — С. 24–46.
6. Жуков Н.И. Философские основы кибернетики. — Минск Изд. Белорус. гос. ун-та, 1976. — 222 с.
7. Сытник К.М., Дышлевый П.С. Диалектика революции в естествознании // Вопр. философии, 1981. — № 3. — С. 42–56.
8. Родный И.Н. Некоторые вопросы научной революции // Проблемы истории и методологии научного познания. — М.: Изд-во АН СССР, 1974. — С. 35–57.
9. Глушков В.М., Каныгин Ю.М. Что же такое современная НТП? — Киев, 1980. — 64 с. (Препринт / АН УССР. Ин-т Кибернетики; № 80–5).
10. Ярошевский М.Т., Гургенидзе Г.С. Выгодский Л.С. — исследователь проблем методологии науки // Вопр. философии. — 1977. — № 18. — С. 91–105.
11. Кун Т. Структура научных революций. — М.: Прогресс, 1975. — 287 с.
12. Бурбаки Н. Элементы математики. Ч. 1. Основные структуры анализа. Кн. 1. Теория множеств. — М.: Мир, 1965. — 455 с.
13. Бурбаки Н. История математики. — М.: Наука, 1965. — 432 с.
14. Яглом И.М. Математические структуры и математическое моделирование. — М. Сов. радио, 1980. — 144 с.

15. *Стюарт Ян*. Современная концепция математики. — Минск : Высш. шк., 1980. — 384 с.
16. *Шварц Л.* Анализ: В 2-х т. — М. : Мир, 1972. — Т. 1, 824 с.; Т 2, 528 с.
17. *Картан А.* Дифференциальные исчисления. Дифференциальные формы. — М. Наука, 1971, — 239 с.
18. *Арнольд В.И.* Обыкновенные дифференциальные уравнения. — М. : Наука, 1971. — 239 с.
19. *Арнольд В.И.* Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. — М. : Наука, 1978. — 304 с.
20. *Лопатинский Я.Б.* Введение в современную теорию дифференциальных уравнений в частных производных. — Киев : Наук. думка, 1980. — 216 с.
21. *Виноградов А.М.* Теория нелинейных дифференциальных уравнений // Итоги науки и техники. Сер. Проблемы геометрии. М. : ВИНТИ, 1980. — Т. 2. — С. 89–134.
22. *Граузерт Г., Либ И., Фишер В.* Дифференциальные и интегральные исчисления. — М. : Мир, 1971. — 680 с.
23. *Егоров И.П.* Геометрия. — М. : Просвещение, 1979. — 256 с.
24. *Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т.* Современная геометрия. — М. : Наука, 1979. — 759 с.
25. *Нитецки З.* Введение в дифференциальную динамику. — М. : Мир, 1975. — 304 с.
26. *Хьюзмоллер Д.* Распложенные пространства. — М. : Мир, 1970. — 442 с.
27. Особенности дифференцируемых отображений. Сб. статей. — М. : Мир, 1968. — 268 с.
28. *Милнор Дж., Уоллес А.* Дифференциальная топология. Начальный курс. — М. Мир, 1972. — 277 с.
29. *Ченцов Н.Н.* Статистические решающие правила и оптимальные выводы. — М. Наука, 1972. — 520 с.
30. *Комраков Б.П.* Структуры на многообразиях и однородные пространства. — Минск : Наука и техника, 1978. — 351 с.
31. *Рузавин Г.И.* Философские проблемы оснований математики. — М. : Наука, 1983. — 302 с.
32. *Эйнштейн А.* Физика и реальность. — М. : Наука, 1965. — 344 с.
33. *Бунге М.* Философия физики. — М. : Прогресс, 1975. — 346 с.
34. *Hamel G.* Die Axiome der Mechanik, Handbuch der Physik. — T.S., Berl., 1927. — 42 s.
35. *McKinsey J.C., Sugar A.G., Syppes P.* Axiomatic foundations of classical particle mechanics. // J.Rational Mech. Annal., 1953, 2. — P. 253–272.
36. *Трусделл К.* Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. — М. : Мир, 1975. — 592 с.
37. *Abraham R.* (with the assistance of Marsden J.E.). Foundations of mechanics. — N.J., Benjamin, 1967. — 278 p.
38. *Souriau J.M.* Structure des systemes dynamiques. — Dunod, Paris, 1970. — 386 p.
39. *Годбийон К.* Дифференциальная геометрия и аналитическая механика. — М. Мир. 1973. — 188 с.
40. *Арнольд В.И.* Математические методы классической механики. — М. Наука, 1974. — 431 с.
41. *Шуц Б.* Геометрические методы математической физики. — М. Мир, 1984. — 303 с.
42. *Рвачев В.Л.* Методы алгебры логики в математической физике. — Киев Наук. думка, 1974. — 295 с.
43. *Рвачев В.Л., Слесаренко А.П.* Алгебра логики и интегральные преобразования в красивых заделах. — Киев : Наук. думка, 1976. — 286 с.
44. *Зайцев Г.А.* Алгебраические проблемы математической и теоретической физики. — М. : Наука, 1974. — 191 с.
45. *Эмх Ж.* Алгебраические методы в статистической механике и квантовой теории поля. — М. : Мир, 1976. — 423 с.
46. *Мизнер Ч., Торн К., Уиллер Дж.* Гравитация. — В 2-х т. — М. : Мир. 1977. — Т. 1, — 474 с. : Т. 2, 525 с.
47. *Коноплева Н.П., Попов В.Н.* Калибровочные поля. — М. : Атомиздат, 1980. — 238 с.
48. *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур как абстрактная теория физических

- систем. // Системный метод в современных науках. — Новосибирск Изд. НГУ, 1971. — Вып. 1. — С. 63–81.
49. Кулаков Ю.И. Элементы теории физических структур. — Новосибирск : Изд. НГУ, 1968. — 174 с.
  50. Дмитриев Н.С. Молекулы без химических связей (очерки о химической технологии). — Л. : Химия, 1980. — 158 с.
  51. Thom R. Stabilité Structurelle et Morphogenese. — Benjamin, Reading, Massachusetts, 1972. — 326 с.
  52. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф. — М. : Мир, 1980. — 607 с.
  53. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. — В 2-х т. — М. : Мир, 1984. — Т. 1, 350 с.; Т. 2, 285 с.
  54. Смейл С. Глобальный анализ и экономика // Успехи математических наук. — 1972. — 27, вып. 3 (165). — С. 177–187.
  55. Акчури И.А. Единство естественнонаучного знания. — М. : Наука, 1974. — 207 с.
  56. Современные проблемы математики. — Сер. Математика, кибернетика. — 1980. — № 5. — 64 с.
  57. Риге Т. Программирование и теория категории // Кибернетич. об. — М. Мир, 1964. — Вып. 8. — С. 142–156.
  58. Букур И., Деляну А. Введение в теорию категорий и функторов. — М. Мир, 1970. — 259 с.
  59. Фейс К. Алгебра: кольца, модули и категории. — М. : Мир, 1977. — 688 с.
  60. Кухтенко А.И. Обзор основных направлений развития "Общей теории систем". — Киев : КИИГА, 1968. — 88 с.
  61. Кухтенко А.И. Основные направления развития теории управления сложными системами // Сложные системы управления. — Киев : Наук. думка, 1968. — Вып. 4. — С. 6–24.
  62. Горбатов В.А. Теория частично упорядоченных систем. — М. : Сов. радио, 1976. — 336 с.
  63. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов. — М. : Физматиз, 1962. — 476 с.
  64. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование. Изд. 2-е. — Киев : Наук. думка, 1978. — 319 с.
  65. Месарович М., Такахага Я. Общая теория систем: математические основы. — М. Мир, 1978. — 311 с.
  66. Калман Р., Фалб П., Арbib М. Очерки по математической теории систем. М. : Мир, 1972. — 400 с.
  67. Балакришнан А.В. Введение в теорию оптимизации в гильбертовом пространстве. — М. : Мир, 1974. — 259 с.
  68. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Математические основы фазового укрупнения сложных систем. — Киев : Наук. думка, 1978. — 218 с.
  69. Бенерджи Р. Теория решения задач. — М. : Мир, 1972. — 224 с.
  70. Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации. — Проблемы кибернетики. — 1978. — № 33. — С. 5–68.
  71. Кухтенко А.И. Что может дать науке управления "Абстрактная теория систем". — Автоматика. — 1979. № 4. — С. 3–14.
  72. Geometric Methods in System Theory. (D. Hayne and R. Brockett, Eds.). — Reidel, Dordrecht. — 1973. — 427 p.
  73. Кибернетика и вычислительная техника. Сложные системы управления. — Киев Наук. думка, 1971, вып. 8. — 147 с.; 1978, вып. 39. — 112 с.; 1981, вып. 51. — 109 с.; 1982, вып. 54. — 114 с.; 1984, вып. 62. — 117 с.; 1985, вып. 65. — 96 с.
  74. Математические методы в теории систем / Под ред. Ю.И.Журавлева. — М. : Мир, 1979. — 327 с.
  75. Арbib М. Обзор единых концепций в теории автоматов и теории управления. — Эксперим. информ. Сер. Техн. кибернетика. — 1966. — № 12. — С. 1–18.
  76. Кузин Л.Г. Основы кибернетики. — В 2-х т. — М. : Высш. шк., 1979. — Т. 1, 408 с.; Энергия. — 1979. — Т. 2, 584 с.
  77. Глушков В.М. Введение в кибернетику. — Киев : Изд-во АН УССР, 1964. — 324 с.
  78. Ляпунов А.А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М. : Наука, 1980. — 335 с.
  79. Проблемы кибернетики / Под ред. С.В.Яблонского, № 1–36, за 1958–1981 гг.

80. *Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н.* Лекции по теории сложных систем. — М. : Сов. радио, 1973. — 439 с.
81. *Понтрягин Л.С., Болтянский В.Т., Гамкрелидзе Ф.В., Мищенко Е.Ф.* Математическая теория оптимальных процессов. — М. : Физматиз, 1961. — 391 с.
82. *Беллман Ф., Калаба Р.* Динамическое программирование и современная теория управления. М. : Наука, 1969. — 356 с.
83. *Моисеев Н.Н.* Элементы теории оптимальных систем. — М. : Наука, 1975. — 526 с.
84. *Михалевич В.С., Кукса А.И.* Методы последовательной оптимизации. — М. : Наука, 1983. — 207 с.
85. *Росс У., Эшби.* Введение в кибернетику. — М. : Изд-во иностр. лит., 1959. — 432 с.

УДК 519.6

Е.Л.Ющенко, Г.Е.Цейтлин

## ДИАЛЕКТИКА РАЗВИТИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОГРАММ

Цель настоящей статьи — проанализировать диалектику развития современного программирования и раскрыть ее основные аспекты на примере одного из современных методов разработки программ.

Теоретические истоки программирования. Несмотря на относительно короткий период развития, представляет интерес проанализировать радикальные сдвиги в развитии отечественного программирования для ЭВМ и связанных с ним математических теорий. Подобный анализ особенно актуален, поскольку в этой бурно развивающейся прикладной области знаний своевременное выявление конфликтующих идей, вытекающих из диалектики ее развития, их научная оценка и уяснение путей синтетического разрешения возникающих противоречий имеют не только теоретическое, но и несомненное практическое значение.

В диалектике развития современной науки, ее методологии и логике важную роль играет тенденция к теоретическому синтезу [18]. Возникновение математической логики как теории формальных систем связано также с процессом теоретического синтеза аристотелевской логики (в свое время считавшейся образцом завершенного знания), попыток формализации логических рассуждений — алгебры высказываний Буля и современного аксиоматического метода, берущего свое начало от работ Лобачевского.

На первоначальном этапе развитие математической логики носило изолированный характер и ограничивалось в основном изучением проблем обоснования математики. В дальнейшем, в целях формализации одного из наиболее фундаментальных в математике понятия алгоритма, в рамках математической логики возникли формальные алгоритмические системы (вычислимые функции, нормальные алгоритмы Маркова, машины Тьюринга, система Поста, схема Колмогорова — Успенского и др.) [2]. В результате иссле-

дования этих систем был установлен принцип, суть которого в том, что любой алгоритм в интуитивном смысле может быть представлен в каждой из данных алгоритмических систем. Для различных систем этот принцип, носящий характер естественнонаучного закона, был назван тезисом Черча, принципом нормализации и др. На основе этого закона в рамках математической логики возникла новая научная дисциплина – теория алгоритмов, изучающая формальные алгоритмические системы, которые отражают различные стороны процессов переработки информации.

Установление вследствие теоретического синтеза нового закона или образование новой научной дисциплины сопровождается их постоянным углублением и расширением сферы применения. Поэтому в процессе развития математической логики под влиянием идей зарождающейся новой науки кибернетики и предлагаемых ею методов данной теорией был охвачен ряд новых областей знаний. В рамках математической логики наряду с теорией алгоритмов сформировались в качестве отдельных дисциплин математическая лингвистика (теория формальных систем для описания языковых моделей) и теория автоматов, включающая в себя конечные и бесконечные модели для описания логических структур ЭВМ.

Расширение сферы рассмотренного закона привело к охвату теорией алгоритмов формальных систем, к которым относятся современные языки программирования. В результате возникла прикладная теория алгоритмов, изучающая логические и логико-информационные схемы программ, проблемы их эквивалентных преобразований и оптимизации по заданным критериям. Развитию прикладной теории алгоритмов способствовало интенсивное проникновение в данную область идей и методов общей алгебры (теории универсальных алгебр, полугрупп, групп, категорий и др.), например, направление исследований в программировании, получившее название алгебры программ и основанное на концепции многоосновных универсальных алгебр [3, 6, 20], или широкое применение аппарата теории отношений для построения теории языковых процессоров и реляционных моделей современных баз данных [19].

Таким образом, несмотря на относительно короткий исторический промежуток времени, программирование сформировалось в отдельную научную дисциплину, изучающую и разрабатывающую методы общения человека с ЭВМ, обладающую собственной теорией, своими постановками задач и методами их решения.

Наряду с рассмотренными процессами теоретического синтеза, в программировании основной движущей силой его развития и постоянным источником самоопределения (идей, постановок задач и методов) служит практика – расширяющиеся и углубляющиеся области применения ЭВМ и совершенствование их архитектуры (рис. 1, 2).

**Формальные системы и языковые процессоры.** К настоящему времени для общения с ЭВМ предложено значительное число языков программирова-

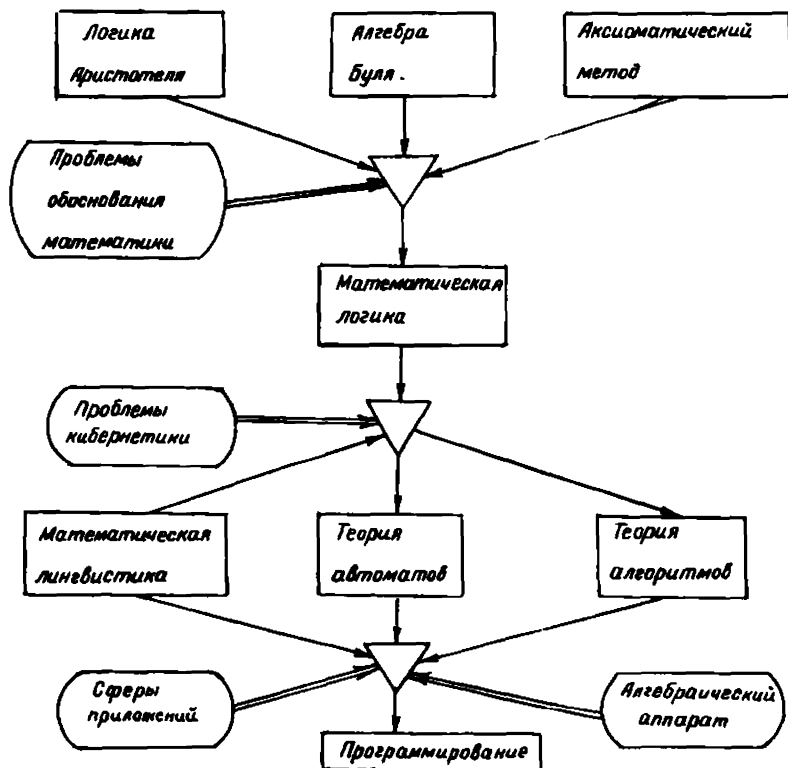


Рис. 1. Процессы формирования теории формальных языков, автоматов и алгоритмов.

ния различных уровней и ориентации, представляющих собой определенный класс формальных интерпретированных систем [10].

В формальных системах отражаются синтаксические аспекты соответствующих языковых моделей. Синтаксис любого интерпретированного языка, в частности языка программирования, нераздельно связан с его семантикой – интерпретацией языковых конструкций в терминах другой, как правило, более детализованной языковой модели (например, внутреннего языка некоторой ЭВМ), и прагматикой, определяющей отношение пользователя к указанным языковым средствам.

Проблема конструирования языковых процессоров сопряжена с решением двух взаимосвязанных задач – анализа программ на входном языке и синтеза объектных программ (на выходном языке), представляет связ-

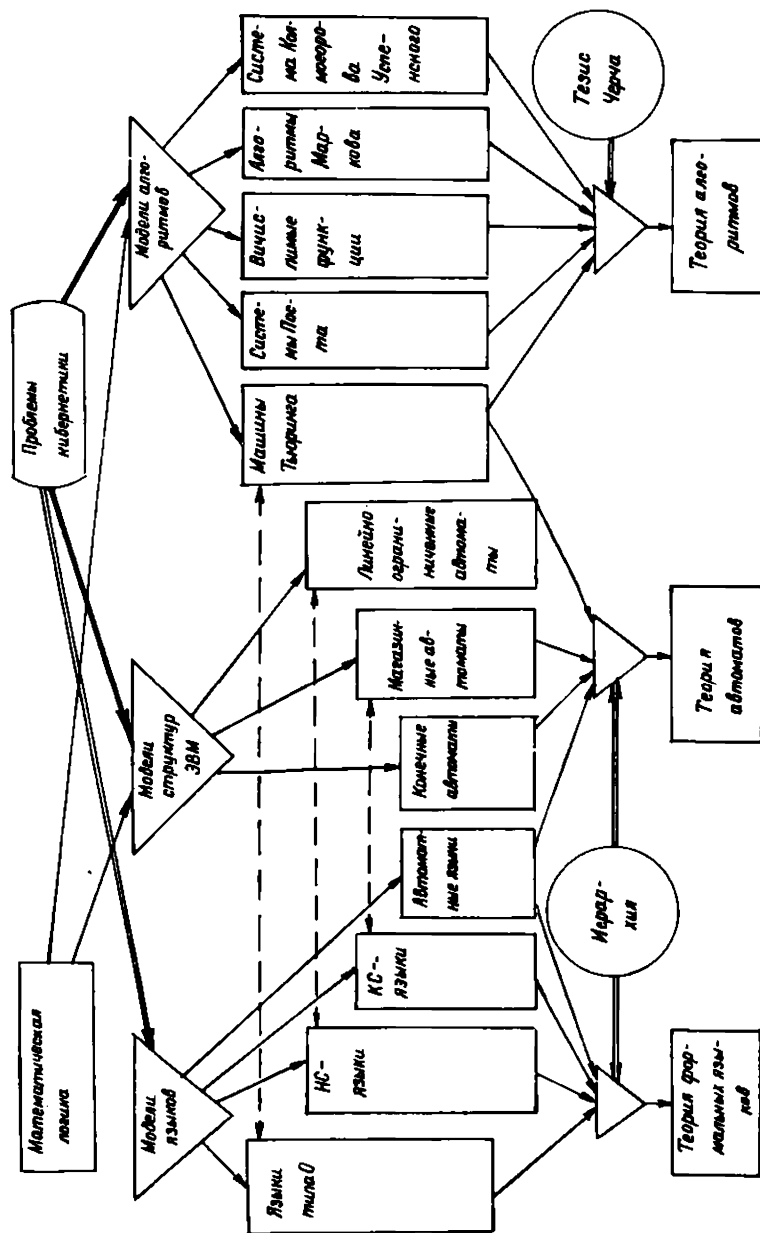


Рис. 2. Источники и факторы, стимулирующие процессы интеграции и дифференциации в программировании.



ный комплекс проблем реализации всех прикладных аспектов языков программирования.

**Универсализм и специализация.** Тенденции к конструированию как универсальных, так и специализированных систем программирования воплощают в себе взаимосвязь между философскими категориями общего и частного. Противоречивость указанных тенденций в том, что универсализация приводит к потере эффективности при решении специальных проблем, а область использования специализированных систем ограничена.

Диалектика взаимосвязи рассматриваемого противоречия находит свое выражение в создании вычислительных комплексов, представляющих собой синтез мощного математического обеспечения и совершенной технической оснащенности, и специализированных вычислительных систем, основанных на процессорах, универсальных относительно решаемого класса задач. Это противоречие раскрывается по мере создания проблемно ориентированных языков и вычислительных систем, на основе алгоритмов параметрического типа, универсальных относительно класса задач, ассоциированного с данной проблемой. Таким образом, диалектика взаимодействия рассмотренных тенденций стимулирует дальнейшее развитие вычислительной науки в целом.

**Стандартизация и многообразие.** Универсализация, как правило, сопряжена с наличием единообразной стандартной формы. В то же время разнообразие позволяет более тонко учитывать специфику рассматриваемых процессов. В отличие от стандартизации многообразие связано с решением сложных проблем, возникающих при выборе и организации используемых средств. Перечисленные факторы определяют диалектическую противоречивость рассматриваемых категорий. Одним из проявлений стремления к стандартизации в области программирования служит возникновение и развитие концепции структурного программирования, суть которого состоит в разработке комплекса технологических стандартов, предназначенных для обеспечения производства больших программ, содержащих от десятков до сотен тысяч команд. Создание подобных сверхмощных программных комплексов сопряжено с решением сложных технологических проблем, в том числе организационных, обеспечивающих надлежащие темпы работы, повышение надежности данных и программ, облегчение модификации программ и их сопровождение в определенной вычислительной обстановке и др.

Проблема стандартизации в программировании осложняется тем, что любой алгоритм можно представить на данном языке многими способами, зачастую существенно различными по критериям эффективности реализации, основные из которых — скорость выполнения и объем используемой оперативной памяти ЭВМ. В силу практической ориентации в языки программирования, как правило, включаются многие избыточные с точки зрения алгоритмической полноты языка изобразительные средства. Это существенно расширяет возможность представления одного и того же алгоритма на данном языке в различной форме. Последним объясняется, в частности, наличие разных

стилей программирования, что выдвигает на одно из центральных мест в теоретическом программировании проблему эквивалентных преобразований программ с целью их оптимизации по выбранным критериям.

**Однородность и иерархия.** Многообразие средств связано с их иерархической упорядоченностью. В то же время однородность — одно из проявлений тенденции к стандартизации. Компоненты одного и того же уровня иерархии однородны в определенном смысле. Наоборот, конструкции, полученные из однородных компонентов, несут в основном многоуровневый, иерархический характер. Так, сущность методики программирования сверху вниз состоит в последовательном переходе с одного более высокого уровня на следующий уровень детализации программных модулей вплоть до получения программы на некотором языке. Примерами иерархичности в программировании являются организация структур данных и средств их обработки в информационных системах и банках данных, механизмы управления потоками задач в операционных системах.

В развитии методов конструирования средств вычислительной техники на базе однородных структур (многомерных полей), состоящих из большого числа однородных элементов и сочетающих процессы запоминания и переработки информации, проявляется диалектика однородности и иерархии. На базе подобного рода структур реализуются многопроцессорные вычислительные системы, обладающие сложной организацией и во много раз превышающие по своей производительности традиционные ЭВМ [14, 27].

**Последовательные и параллельные вычисления.** К настоящему времени накоплен большой опыт в области теории и практики последовательных процессов. Однако практическая реализация многих задач связана с учетом их естественного параллелизма, что стимулирует развитие аппарата мультипроцессорирования в связи с параллельными вычислениями на многопроцессорных системах.

Развитие методологии параллельного программирования состоит в разработке аппарата управления параллельными процессами, схематологии параллельных программ, техники их эквивалентных преобразований, языковых и системных средств, ориентированных на мультиобработку, и др. Решение перечисленных проблем тесно связано с созданием высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных комплексов [21].

**Коллективные и индивидуальные вычисления.** Создание высокопроизводительных вычислительных систем сопряжено с дальнейшим развитием фундаментальных концепций мультипрограммирования (одновременного выполнения ряда программ) и мультипроцессорирования. Взаимоотношения в подобных моделях коллективных вычислений в некотором смысле аналогичны ситуациям, характерным для общественных коллективов. Программа, функционирующая в рамках данного коллектива программ, способна взаимодействовать с другими, входящими в него программами, обмениваться с ними данными и ресурсами, подчиняться отношениям очеред-

ности и приоритетности, должным образом реагировать на конфликтные ситуации и др. Концентрация противоречий, возникающих в процессе развития вычислительных систем, диктуется потенциальной бесконечностью числа пользователей и неограниченностью роста их потребностей в услугах аппаратуры и математического обеспечения. К числу основных требований, которым должны удовлетворять функциональные возможности системы, относятся надежность, эффективность, полнота, точность изобразительных и вычислительных средств, стабильность. Удовлетворение этих требований вступает в противоречие с жесткими сроками разработки систем. Разрешение возникающих здесь проблем возможно лишь при дальнейшем совершенствовании технологии конструирования больших систем, повышении производительности труда разработчиков, этапности ввода системы в эксплуатацию.

**Автоматизация и диалог.** Проблема автоматизации — одна из центральных в развитии современной науки и техники. Ее решение в программировании обычно сталкивается либо с чисто теоретическими трудностями, выражающимися, например, в алгоритмической неразрешимости многих проблем, либо с наличием пространственно-временных ограничений, продиктованных спецификой решаемых задач. Преодоление указанных трудностей сопряжено с отказом от полной автоматизации в результате подключения человеческого интеллекта посредством диалога с ЭВМ.

Очевидна противоречивость двух тенденций в программировании — автоматизации и диалога как процессов, направленных на решение машинной задачи по создаваемой программе, выражающей полное знание некоторой относительной истины.

Эволюция средств вычислительной техники как в области их программного, так и схемного обеспечения является воплощением синтетического разрешения рассматриваемого противоречия. Это выражается в создании средств общения пользователя с ЭВМ и, как следствие, в развитии диалоговых (разговорных) языков, опирающихся на использование интеллектуальных терминалов и других средств, предоставляющих необходимую информацию о состоянии процесса вычислений для оперативного взаимодействия с ЭВМ в соответствии с динамикой развития этого процесса.

**Детерминизм и эвристика.** Автоматизация, как правило, сопряжена со степенью детерминированности соответствующего процесса. Однако в связи с проблематикой искусственного интеллекта представляет интерес рассмотрение задач, для решения которых характерна множественность числа возможных вариантов.

**Анализ и синтез.** В области программирования проблема автоматизации находит свое выражение в конструировании языковых процессоров. При этом, как отмечалось ранее, возникает необходимость в синтаксическом анализе входных программ и синтезе объектных программ с развитием аппарата формальных грамматик, ориентированных на задание синтаксиса

входных языков, и с теоретико-автоматными конструкциями для распознавания правильности входных программ.

Технология системного программирования включает разработку формализмов, ориентированных на представление грамматических и автоматных структур, с целью эффективного решения задач анализа и синтеза при конструировании систем программирования.

**Статика и динамика.** Решение проблем автоматизации программирования первоначально носит статический характер в том смысле, что создаваемые программы были жестко привязаны к своим параметрам, месту размещения данных и другим характеристикам, а трансляторы — к паре входной-выходной языки. Дальнейшее расширение сферы применения ЭВМ и совершенствование технологии конструирования систем программирования привели к возникновению параметрически настраиваемых программных модулей и синтаксически управляемых трансляторов, ориентированных на классы входных и выходных языков. Последние, как правило, содержат в себе статическую часть (ядро), включающую синтаксический анализатор для проверки правильности входных программ и их грамматического разбора в соответствии с метаязыком, в котором оформляется синтаксис входных языков из заданного класса. Наряду со статической имеется и динамическая часть, которая осуществляет параметрическую настройку системы на пару входной-выходной языки из соответствующих их классов. Системы подобного рода получили название многоязыковых параметрических систем программирования (ПСП).

**Микро- и макросистемы.** Диалектическая взаимосвязь микро- и макроуровней отражена в развитии соответствующих направлений в программировании. Структурная интерпретация языков программирования выражается в использовании микропрограмм, реализующих схемно операторы данного языка. Аналогично процесс макрогенерации программ в некотором базовом языке сводится к выполнению параметрических процедур, реализующих наиболее типичные функции, связанные с конкретной областью применения. Таким образом, структурная интерпретация и макрогенерация позволяют существенно повысить уровень входного языка ЭВМ и упростить общение с системой программирования. Синтетическое развитие рассмотренных направлений воплощается в совместном проектировании схемного и программного обеспечения ЭВМ, разработке средств миникомпьютерной техники, получающей все более широкое распространение, а также в создании макрокомплексов — высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем на базе десятков и сотен мини-ЭВМ.

**Программное и схемное обеспечение.** Одна из наиболее важных и сложных проблем вычислительной техники состоит в естественном сочетании схемных и программных методов при конструировании систем математического обеспечения (СМО) для современных ЭВМ. При этом ускорение темпов создания и внедрения вычислительных систем выдвигает проблему их

совместной разработки. С решением данной задачи связано развитие методов имитации для моделирования на инструментальной машине СМО проектируемой ЭВМ с последующим его переносом на создаваемую аппаратную основу.

**Количество и качество.** В период возникновения первых ЭВМ правильность их функционирования зависела от качества программ, составляемых программистами-пользователями, и квалификации обслуживающего персонала, ответственного за работу аппаратуры. Благодаря достижениям в области конструирования СМО, частично эта ответственность легла на системных программистов. Таким образом, качество программ в настоящее время определяется не только искусством их составителей, но и рядом количественных факторов, характеризующих СМО и техническое оборудование современных вычислительных систем.

Существенное влияние на качество программного продукта (программы пользователя и системные программы) оказывает интенсивность их эксплуатации. Многократное использование программ способствует более быстрому выявлению и устранению имеющихся в них ошибок. Длительная эксплуатация программ сопряжена с работами по их сопровождению и модификации, направленными на совершенствование программ с учетом изменения вычислительной среды.

**Консерватизм и эволюция.** Высокое качество современных вычислительных систем требует для разработки много времени. Вместе с тем трудоемкость и сложность разработок часто вызывает их моральное старение еще до начала эксплуатации либо вскоре после нее. Так возникает проблема управления качеством в программировании, связанная с соизмеримостью усилий по повышению эффективности и жизненности разрабатываемых программ и систем в зависимости от интенсивности и специфики их использования. Однако создание замкнутых (консервативных) систем приводит к невозможности их трансформации в соответствии с изменчивостью области практического применения, что существенно ограничивает эффективность и жизнеспособность подобных систем. Таким образом, центральную проблему создания различного рода автоматизированных систем составляет разработка прикладных программ, нацеленных на решение конкретных задач в сфере действия соответствующей системы. Важным фактором, определяющим эффективность той или иной системы, является устойчивость по отношению к возможным изменениям, возникающим в течение ее жизненного цикла, выражаемая в способности системы эволюционировать.

Стремление к повышению эффективности программистского труда привело к созданию систем, открытых (эволюционирующих) для дальнейших модификаций и расширений. Возникновение их направлено на решение одной из центральных проблем программирования и вычислительной техники вообще — проблемы программной совместимости, которая состоит в переносе программ, составленных для одной ЭВМ, на другие машины. Важ-

ность данной проблемы определяется сохранением в новых вычислительных системах интеллектуальной мощности предшествующих систем, которая выражается в фондах накопленных в них программ. Решение проблемы переноса состоит в генерации в рамках новой более мощной вычислительной системы виртуального математического обеспечения (МО) для восприятия ранее разработанных программ, удовлетворяющих определенным ограничениям. Смысл последних связан с отрицанием устаревших изобразительных средств и методов программирования, характерных для предшествующих вычислительных систем. Известен ряд полезных идей, направленных на решение этой проблемы. К их числу относится концепция ПСП, способных после соответствующей настройки воспринимать программу языка из некоторого класса (в частности, языка другой ЭВМ). Подключение новых языков к уже функционирующим системам подобного типа — существенно более простая задача, чем разработка специального процессора данного языка. В рамках рассматриваемого противоречия между консервативностью и эволюцией в программировании важно подчеркнуть психологический фактор, проявляющийся в консерватизме программистских групп как разрабатывающих, так и эксплуатирующих языковые и системные средства. Многолетний опыт разработки и эксплуатации этих средств порождает иллюзию благополучия и инерцию, затрудняющую понимание проблем, связанных с переходом к новым, более передовым методам. Однако, прогрессивно мыслящие специалисты в данной области усматривают на стыке различных направлений новые идеи и прокладывают новые пути в развитии программирования и архитектуры ЭВМ. Тем самым в области программирования открываются перспективы для создания "вечных" систем, эволюция которых основана на преемственности знаний и опыта, овеществленных в процессе их развития.

**Метод многоуровневого структурного проектирования программ и его инструментарий.** Перечисленные тенденции оказывают существенное влияние на формирование основных направлений теоретического, системного и прикладного программирования, развитие которых тесно связано с процессом проникновения в данную область аппарата общей алгебры и математической логики [6]. Сплетение ряда важных разделов общей алгебры (теория универсальных алгебр, полугрупп, отношений), математической логики (теория алгоритмов, автоматов, формальных языков), теоретического и системного программирования (схематология, теория дискретных преобразователей и систем, алгебра и логика программ, теория языковых процессоров, технология программирования) проиллюстрировано на рис. 3. Детальная характеристика перечисленных разделов теоретического и системного программирования приведена в монографиях и обзорах [1, 4, 5, 7, 8, 13, 16, 17, 23, 24].

В результате диалектического анализа эволюции программирования в [25] отмечалась перспективность тенденции к теоретическому синтезу прикладной теории алгоритмов, в частности аппарата САА, теории автоматных структур над различного типа внутренней памятью и теории параметри-

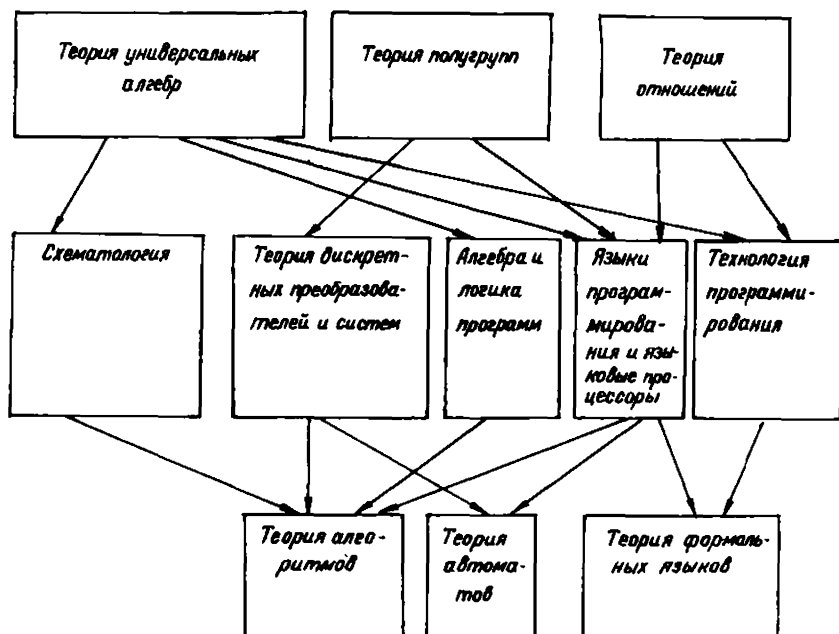


Рис. 3. Некоторые основные направления в теоретическом и системном программировании.

ческих моделей языковых процессоров. Подобный прогноз подтвердился рядом результатов, полученных за истекшие годы в рамках исследований по некоторым направлениям теоретического, прикладного и системного программирования. Проиллюстрируем диалектику развития методологии и технологии программирования на примере становления математических основ структурного параллельного программирования и ассоциированной с ним технологии производства программ (МСПП) — нового направления в области структурно-логического синтеза программ, создаваемого на стыке прикладной теории алгоритмов, теории автоматов и теории языковых процессоров. В рамках данного направления сделаны следующие разработки:

1. Схематология структурного параллельного программирования, базирующаяся на аппарате модифицированных САА, ориентированных на формализацию параллельных вычислений. Построены полная аксиоматика, характеризующая свойства операций, входящих в сигнатуру модифицированных САА, и основанный на указанной аксиоматике аппарат соотношений для формальной трансформации, в частности, оптимизации по выбранным критериям регулярных схем — операторных представлений программ в данных алгебрах.

2. Грамматические и автоматные модели языков, ориентированные на символьную мультиобработку (АТП автоматы, функционирующие над абстрактными типами памяти, посредством которых осуществляется стандартизация таких известных структур памяти, как магазин, очередь, дек, абстрактный регистр и их разнообразные сочетания). Предложены механизмы параллельной выводимости, положенные в основу соответствующих методов синтаксического анализа программ (матричного, двустороннего, многослойного).

3. Метод МСПП, в основу которого положена концепция грамматик структурного проектирования (ГСП), сочетающих аппарат модифицированных САА с грамматическими и автоматными моделями языковых мультипроцессоров (рис. 4).

4. Инструментарий метода МСПП, включающий систему автоматизации структурного программирования МУЛЬТИПРОЦЕССИТ, — пакет программ АНАЛИСТ, ориентированный на аналитические преобразования регулярных схем и автоматизацию доказательства теорем в аксиоматизированных САА — курс программированного обучения методу МСПП и его инструментарию СПОСОБ.

Проектирование программ по методу МСПП состоит в формальном описании структур программы на каждом уровне проектирования в терминах регулярных схем над абстрактными типами памяти и данных, а также самого процесса поуровневого перехода как вывода в ГСП в соответствии с выбранной стратегией проектирования (нисходящей, восходящей или комбинированной). Применение развитых в теории языковых мультипроцессоров

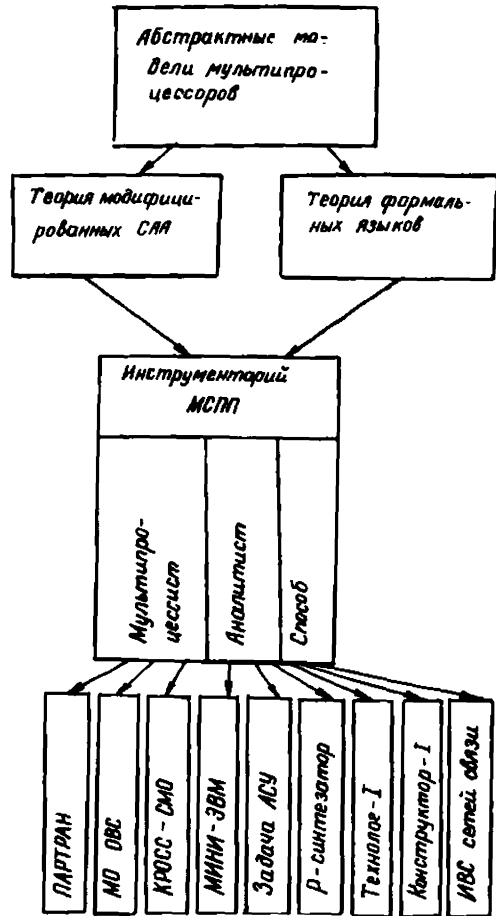


Рис. 4. Метод МСПП и его приложения.



механизмов управления параллельной, последовательной и параллельно-последовательной выводимостью обеспечивает гибкий интерфейс по памяти и данным между проектируемыми программными модулями. Система МУЛЬТИПРОЦЕССИТ по САА-схеме – многоуровневому описанию структуры программы в САА-языке (входном для системы) и библиотеке элементарных модулей (реализованных в базовом языке) автоматически синтезирует на последнем текст программы. В настоящее время к системе подключены в качестве базовых основные языки ЕС ЭВМ, а также некоторые языки мини- и микро-ЭВМ.

Метод МСПП и его инструментарий сохраняют все достоинства структурного программирования, они ориентированы на решение проблемы совместного проектирования алгоритмов и программ (сравнимой по своей важности с совместным проектированием схемного и программного обеспечения ЭВМ), формализацию семантики, частичные верификацию и оптимизацию программ в процессе их проектирования как последовательном, так и параллельном, а также на описание функционирования коллектива программистов при разработке больших программных комплексов. Для метода МСПП и его инструментария характерна согласованность с другими известными технологиями программирования (методом формализованных технических заданий, Р-технологией, гиперпрограммированием, тотальной автоматизацией программирования и др.), что позволяет создавать интегрированные технологии производства программ, сочетающие достоинства и нивелирующие недостатки отдельных технологий [9].

Проиллюстрируем на методе МСПП и его инструментарии возможность частичного разрешения рассмотренных ранее диалектических противоречий в процессе развития технологии производства программ.

ГСП (в отличие от традиционных грамматических моделей), естественно, сочетают синтаксический и семантический аспекты описания программ. Обе части подстановок в ГСП оформляются в терминах регулярных схем над абстрактными типами памяти и данных, а механизмы управления выводом обеспечивают формализацию контекстных зависимостей по памяти и данным между проектируемыми программными модулями. Схемное описание программ дополняется интерпретацией программных элементарных модулей в соответствии с классом решаемых задач. Таким образом, в рассматриваемом методе и средствах его инструментальной поддержки отражена диалектика категорий формы и содержания.

Метод МСПП в терминах регулярных схем характеризуется универсальностью, но с особенностью, проявляющейся в его параметричности, обеспечивающей возможность настройки на выбранный класс задач – специализации предлагаемых средств разработки программ. Многоуровневостью формального описания, развитым аппаратом соотношений, параметричностью подключения семантических модулей обеспечивается качество разрабатываемого программного продукта.

Тенденция к стандартизации проявляется в унификации структур данных, памяти и управления посредством операций сигнатуры САА, регулярных схем и канонических форм их представлений, абстрактных типов памяти и данных. Многообразие форм представления программ на каждом уровне проектирования и процесса выводимости в ГСП сочетается с разработкой средств формальной трансформации, в частности, оптимизации проектируемых программ по выбранным критериям.

Следствие многоуровневости процесса проектирования — иерархичность схемного описания программ; в то же время регулярные представления на каждом уровне проектирования однородны по абстрагированию и сложности реализации.

В терминах ГСП может быть формализован процесс разработки как последовательных, так и параллельных программ. При этом наряду со средствами синхронного и асинхронного параллелизма, входящими в сигнатуру модифицированных САА, а также представимыми в терминах многомерных АТП (неоднородные НПО-преобразования), и средствами организации параллельного доступа к эластичным ленточным структурам следует упомянуть механизмы управления параллельной выводимостью — двусторонней, многослойной, матричной. В частности, в терминах указанных средств осуществлена формализация процессов конвейерной, стапельной и динамической мультиобработок, ассоциированных с известными промышленными аналогами [8]. Эти средства позволяют формализовать процесс коллективной разработки больших программных комплексов в соответствии с современными методами организации труда программистов (метод хирургической бригады и его обобщения).

Развитие метода МСПИ и его инструментария опровергло распространенную (в том числе и в зарубежной литературе) догму о нецелесообразности реализации языков спецификаций ввиду неэффективности производимого при этом программного продукта. Привлечение человеческого интеллекта в диалоговом режиме при разработке САА-схем, библиотечного наполнения, блока семантических процедур (в связи с подключением базового языка), а также применение развитого аппарата формальных преобразований позволяют создавать с помощью системы МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ программный продукт, сравнимый по своему качеству с результатами ручного программирования [11, 12, 22].

Средства формализации детерминированных процессов сочетаются в ГСП со средствами недетерминизма, входящими в сигнатуру модифицированных САА (недетерминированная дизъюнкция, фильтры), а также с возможностью недетерминированного применения продукции ГСП в процессе построения вывода программы. Множественность альтернатив возникает и при выборе соотношений, применимых с целью формальной трансформации регулярных схем, в частности, оптимизации программ по выбранным критериям, а также при доказательстве теорем (тождеств) в аксиоматизи-

рованных САА. Подобный выбор осуществляется посредством применения эвристических процедур (частично реализованных в пакете программ АНАЛИСТ) и привлечения человеческого интеллекта для управления процессом аналитических преобразований регулярных схем и доказательства теорем [9, 26].

Формализация в терминах ГСП процесса проектирования программ позволяет по-новому взглянуть на проблему их анализа и синтеза. В частности, глубоко разработанные в программировании методы синтаксического анализа могут быть сориентированы на создание семантических анализаторов, осуществляющих проверку принадлежности проектируемых программ к языкам, порожденным ГСП. Подобные анализаторы допускают как последовательное, так и параллельное функционирование, и на их основе могут быть созданы практически приемлемые системы частичной верификации программ в процессе их проектирования. С построением вывода в ГСП ассоциирован логически структурный синтез программ, автоматизированный в системе МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ. Формирование библиотечного наполнения системы, ориентированного на решение выбранного класса задач, фактически означает реализацию транслятора со специализированного языка интерпретированных регулярных схем в некоторое подмножество базового языка. При этом указанная интерпретация определяется реализацией элементарных модулей в виде фрагментов на базовом языке. Таким образом, МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ можно рассматривать как автоматизированную систему проектирования трансляторов СПТ для специализированных входных языков. Статическую часть (ядро) подобной СПТ составляет синтаксический анализатор. В то же время параметричность системы обеспечивает ее гибкую динамическую настройку на пару входной-выходной языки, а возможность интерпретации программ в процессе их проектирования, реализованная в виде САА-машины, — гибкую синтаксическую и семантическую отладку программ [22].

Аппарат алгоритмических (микропрограммных) алгебр был ориентирован первоначально на конструирование микропрограмм в рамках структурной интерпретации языков высокого уровня. Однако впоследствии он оказался весьма эффективным для решения проблемы совместного проектирования алгоритмов и программ. Базирующийся на концепции макрогенерации механизм подключения языков к системе МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ ориентирован на их широкий спектр от языков высокого уровня (ПЛ/1, ПАСКАЛЬ) до ассемблеров, что определяет возможность логико-структурного синтеза программ на макро- и микроуровнях. Интересно отметить, что даже по своей архитектуре система МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ, реализующая язык САА-схем сверхвысокого уровня, близка к двухпроходовым ассемблерным трансляторам, осуществляющим фазы синтаксического анализа и генерации машинного кода.

Метод МСПП и его инструментарий были применены для разработки компонент программного обеспечения универсальных ЭВМ, а также спе-

Название системы	Этапы синтеза					Примечания
	Показатель*	Оформление спецификаций	Разработка САА-схем	Реализация модулей	Сборка и отладка программ	
ФАЙЛ (ДОС ЕС, М-4030)	1	13	18,5	22,0	21,0	Объем системы 1000 операторов ПЛ/1; число разработчиков — 1; период разработки — 36 дней (в т.ч. творческое время — 75 ч)
	2	—	—	—	52	
	3	—	—	—	58	
	4	—	2	15	—	
Р-СИНТЕЗАТОР (ОС ЕС, ЕС-1040)	1	64	48	9,5	7,5	Объем системы — 2200 операторов ПЛ/1; (в т.ч. синтезировано 1000, заимствовано 1200); число разработчиков — 1; период разработки — 68 дней (в т.ч. творческое время — 129 ч)
	2	—	—	—	46	
	3	—	—	—	44	
	4	—	8	7	—	
ТЕХНОЛОГ-1 (ОС ЕС, ЕС-1040)	1	48,1	25,7	37,5	28,6	Объем системы — 2000 операторов ПЛ/1 (в т.ч. синтезировано 1300); число разработчиков — 1; период разработки — 4 мес. (в т.ч. творческое время — 140 ч)
	2	—	6	—	85	
	3	—	3	—	54,5	
	4	4	5	29	2	
КОНСТРУКТОР (ОС ЕС, ЕС-1040)	1	7,7	8,6	20,5	18	Объем системы — 1800 операторов ПЛ/1 (в т.ч. вновь разработано 1000 операторов, из них синтезировано 900); число разработчиков — 1; период разработки — 2 мес. (в т.ч. творческое время — 55 ч)
	2	—	—	—	38	
	3	—	—	—	38,5	
	4	2	4	15	—	

\*1 — рабочее (творческое время), ч; 2 — число постановок на ЭВМ; 3 — процессорное время, мин.; 4 — число допущенных ошибок.

циализированных мини- и микро-ЭВМ [9]. Таким образом, предлагаемые технологические средства применимы на всех этапах создания систем математического обеспечения современных ЭВМ — от аппаратного до программного уровней. При этом в несколько раз возрастает производительность труда разработчиков, обеспечиваются качество создаваемого продукта, его надежность. Время отладки программ, составляющее обычно от 40 до 80 % общего времени разработки, снижается в отдельных случаях до 6–8 %. Статистика структурного синтеза некоторых системных и прикладных программ посредством системы МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ приведена в таблице. Простота инструментария МСПП, легкость его освоения и удобство в эксплуатации служат фактором, определяющим ориентацию программных средств на широкий круг пользователей.

Параметричность инструментария МСПП, а также то обстоятельство,

что этот инструментарий структурно спроектирован по данному методу, определяют его принадлежность к классу эволюционирующих систем, открытых для дальнейшего развития и модификации. Сказанное в равной степени относится и к программному продукту, создаваемому посредством инструментария МСПП. Структурный синтез программ по их документации, оформленной на языке САА-схем, обеспечивает переносимость программного продукта на другие ЭВМ и языки программирования. Проблема программной переносимости относится к числу центральных в программировании. Взаимосвязь теоретических и прикладных аспектов метода МСПП и его инструментария отражена на рис. 4.

Перечислим перспективные, по мнению авторов разработки, направления исследований в области системного, прикладного и теоретического программирования (см. также [15]):

1. Создание и развитие СМО высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных комплексов: мощных языков и систем параллельного программирования; операционных систем, обладающих свойствами самоконтроля и обеспечивающих эффективное распределение свободных ресурсов в процессе мультиобработки; проблемно ориентированных пакетов прикладных параллельных программ с параметрической настройкой на классы решаемых задач и конфигурацию предоставляемых вычислительных средств; кроссовых систем моделирования и отладки параллельных программ на современных универсальных ЭВМ.

2. Разработка СМО для мини-, микро- и персональных ЭВМ, а также созданных на их основе распределенных иерархических сетей ЭВМ; структурная интерпретация параллельных языков высокого уровня с целью создания специализированных интеллектуальных мультипроцессоров, в том числе ЭВМ, ориентированных на решение задач системного параллельного программирования; дальнейшее совершенствование кросс-СМО, мини- и микро-ЭВМ, генерирующих, в частности, асинхронные программы с их последующим выполнением на распределенных сетях из мини- и микро-ЭВМ; создание параметрически настраивающихся на область приложений персональных компьютеров с развитыми средствами их подключения к сетям ЭВМ с распределенными СУБД\*, развитие методологии и технологии программирования для персональных ЭВМ; организация программного обеспечения встроженных ЭВМ.

3. Дальнейшее развитие систем искусственного интеллекта на основе интегрированных баз знаний с развитыми средствами хранения, поиска, переработки информации, коллективным доступом в режиме диалога, быстрым перебором и просчетом альтернатив и развитыми средствами общения

---

\* Архитектура современных СУБД несет на себе печать чисто технических проблем хранения данных, чем определяется весьма низкий уровень языков определения данных и языков манипулирования данными, зависимость прикладных программ от конкретных СУБД и используемых в них структур данных и низкая мобильность этих программ по отношению к типам ЭВМ и СУБД.

с пользователем; создание лингвистических процессоров, осуществляющих смысловой анализ текстов, относящихся к предметным областям, допускающим формальные модели смысловых отношений; методов синтеза сообщений на естественном языке для мультиобработки запросов к базам данных или базам знаний, оперативного диалога; восприятия, анализа и конструирования документов, исполнения предписаний.

4. Создание устройств и программного обеспечения для ввода в ЭВМ печатного, машинописного, стилизованного и рукописного текстов.

5. Дальнейшее развитие языков сверхвысокого уровня, проектирования параллельных программ и средств их инструментальной поддержки и ориентированных на многоуровневый нисходящий, восходящий и комбинированный синтез программ; создание диалоговых систем аналитических преобразований для модификации, частичной верификации и оптимизации по выбранным критериям программ в процессе их проектирования (естественным при этом представляется требование к средствам языков спецификаций программ их применимости в среде функционирования любой из реализованных СУБД или их разнотипного ряда).

6. Создание семейства унифицированных СУБД как неотъемлемой основы применения ЭВМ; промышленное решение задачи создания высококачественных самоконтролируемых баз данных и баз знаний.

7. Дальнейшее развитие алгебры и логики программ (в том числе параллельных), построение полных аксиоматических систем, характеризующих свойства различных предметных областей и программ решения задач соответствующих классов; совершенствование формализмов, ориентированных на описание синтаксиса, семантики и прагматики программ, доказательство утверждений о программах и доказательное построение программ, описание процесса их разработки коллективами программистов; значительное повышение стабильности и надежности программного обеспечения (на 1–2 порядка).

8. Решение задачи анализа и синтеза изображений, преобразования информации об образах в форму, доступную для обработки на ЭВМ.

9. Разработка интегральной технологии программирования, основанной на автоматизации всех этапов создания программных изделий.

1. Вельбицкий И.В., Ходаковский В.Н., Шолмов Л.Н. Технологический комплекс производства программ на машинах ЕС ЭВМ и БЭСМ-6. — М.: Статистика, 1980. — 263 с.
2. Глушков В.М. Введение в кибернетику. — Киев: Изд-во АН УССР, 1964. — 324 с.
3. Глушков В.М. Теория автоматов и формальные преобразования микропрограмм // Кибернетика. — 1965. — № 5. — С. 1–9.
4. Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Автоматизация проектирования вычислительных машин. — Киев: Наук. думка, 1975. — 211 с.
5. Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Теоретические основы проектирования дискретных систем // Кибернетика. — 1977. — № 6. — С. 5–20.
6. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование. — Киев: Наук. думка, 1974. — 328 с.
7. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Методы символьной мультиобработки. — Киев: Наук. думка, 1980. — 243 с.

8. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Проблемы анализа и синтеза структурированных параллельных программ // Кибернетика. — 1981. — № 3. — С. 1–16.
9. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Многоуровневое структурное проектирование программ: формализация метода — сфера приложений // Кибернетика. — 1981. — № 4. — С. 42–65.
10. Глушков В.М., Ющенко Е.Л. Языки программирования // Энциклопедия кибернетики. — Киев : УРЭ, 1974. — Т. 2. — С. 608–615.
11. Грицай В.П. О реализации инструментария структурного программирования МУЛЬТИПРОЦЕССИСТ // Кибернетика. — 1983. — № 3. — С. 118–123.
12. Грицай В.П., Цейтлин Г.Е. Некоторые вопросы автоматизации структурного параллельного программирования // Кибернетика. — 1979. — № 1. — С. 106–111.
13. Дал У., Дейкстра Э., Хоор К. Структурное программирование. — М. : Мир, 1975. — 247 с.
14. Евреинов Э.В., Косарев Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. — Новосибирск : Наука, 1966. — 308 с.
15. Ершов А.П. Опыт интегрального подхода к актуальной проблематике программного обеспечения // Кибернетика. — 1984. — № 3. — С. 10–21.
16. Ершов А.П. Введение в теоретическое программирование. — М. : Наука, 1977. — 288 с.
17. Капитонова Ю.В. Дискретные системы и задачи их реализации // Кибернетика. — 1975. — № 4. — С. 7–10; 1975. — № 5. — С. 21–28.
18. Кедров Б.М. О синтезе наук // Вопр. философии, 1973. — № 3. — С. 77–90.
19. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. — М. : Мир, 1980. — 660 с.
20. О работах В.М.Глушкова в области программирования / А.А.Летичевский, Ю.В.Капитонова, Е.Л.Ющенко и др. // Программирование. — 1983. — № 4. — С. 3–8.
21. Организация вычислений в многопроцессорных вычислительных системах / Михайлевич В.С., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. и др. // Кибернетика. — 1984. — № 3. — С. 1–10.
22. Ющенко Е.А. Теоретические и прикладные проблемы структурного параллельного программирования // Параллельное программирование и высокопроизводительные системы. Киев : Наук. думка, 1982. — Ч. 1. — С. 3–13.
23. Редько В.Н., Ющенко Е.Л. Алгоритмические языки и транслирующие системы // Кибернетика. — 1967. — № 5. — С. 87–91.
24. Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е. Методологические аспекты развития программирования // Очерки по истории математики и физики на Украине. — Киев : Наук. думка, 1978. — С. 44–77.
25. Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е. Многоуровневый синтез структурированных программ // Кибернетика. — 1982. — № 5. — С. 11–21.
26. Gluskov V.M., Ignatov M.B., Myasnikov V.A. et al. Recursive Machines and Computing Technology // IFIP Congress 74, Stockholm, 1974. — p. 65–70.

УДК 007

Ю.М.Каныгин

## ИНФОРМАЦИЯ В СВЕТЕ МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЙ ДИАЛЕКТИКИ

Определение В.И.Лениным материи как объективной реальности, данной нам в ощущениях [1], а сознания — как мысленного изображения или отображения вещей [2], своей общностью и гносеологической направленностью

открывают безграничный простор для творческих исканий в естествознании и философии.

В последние десятилетия одним из естественнонаучных феноменов, стоящих в центре философской и идейной борьбы, становится информация, которая создала ситуацию, напоминающую период развития физики в начале XX в., когда говорили об "исчезновении материи" [3]. Появившись в конце 40-х годов как раздел математики, теория информации оказала заметное влияние на ряд областей науки и практики. Мы, вероятно, находимся лишь в начале качественного скачка, связанного с использованием информационных эффектов в разных областях человеческой деятельности, прежде всего управления. Но для осуществления такого скачка нужны дальнейшие продвижения в теории информации, электронно-вычислительной технике и информатике — науке о фундаментальных свойствах автоматизированных информационных систем, их создании, развитии и воздействии на различные области социальной практики.

Теория информации Винера—Шеннона возникла феноменологически, т.е. путем открытия информационного эффекта и его математической интерпретации без раскрытия природы самого явления, не говоря уже о философском обобщении. А.И.Берг отмечая, что сам по себе термин "информация" не имеет точного определения, но это не должно нас смущать, ибо если мы не зная, что такое время, отлично измеряем его и кладем в основу расчетов эффективности [4]. Примеров чисто феноменологического подхода к явлениям природы в истории науки немало: классическим является феномен гравитации, когда математическая модель гравитации введена Ньютоном около 300 лет назад, однако физическая природа гравитационного поля не вполне ясна до сих пор. В отношении решения научно-практических задач переработки информации формально можно ограничиться феноменологическим подходом. Однако отказ от существенного анализа информации, к чему призывают позитивисты на Западе [5], означал бы не только отказ от философского обобщения крупнейшего открытия современной науки, но и сдерживание развития информатики и современной автоматизации социально-коммуникативных процессов.

В.И.Ленин говорил, что без солидного философского обоснования никакие естественные науки, никакой материализм не могут выдержать борьбы против натиска буржуазных идей. Философское обоснование сложных информационных феноменов необходимо еще и потому, что в данном случае мы имеем дело с явлениями, изучение и использование которых тесно связано с осмысливанием природы человеческого сознания и его механизмов. Развитие кибернетической техники идет в основном по пути имитации интеллекта в его сложных проявлениях, где проблемы "движения духа" (извечные проблемы философии) переплетаются с математическими, физи-



ческими, техническими проблемами создания информационных машин, их интеллектуализации, что определяет актуальность освещения проблем кибернетики и современной теории информации с позиций диалектического материализма.

Разгадка природы информации кроется в правильном понимании категории отражения, несущей смысловую нагрузку в диалектическом материализме, в трактовке которого содержатся не только необходимые, но и достаточные предпосылки того, чтобы "уложить" достижения кибернетики и теории информации в стройное мировоззрение, созданное материалистической диалектикой, правильно соотносить информационный феномен как с материей, так и с сознанием.

Принципиальный характер имеют следующие положения концепции отражения, выдвинутые В.И. Лениным. Отражение — не сам материальный предмет (вещь), а его "копия", "картинка", "снимок", "изображение или отображение" [7]. Здесь подчеркивается диалектическая разница, противоположность материи и ее отражения. Отражение не материально (ни одного атома отражающегося предмета в его отражении нет), а лишь картинка реально существующего предмета. Но оно существует, оно действительно, как действительна и сама материя. Отражение нельзя отождествить с самой материей — оно не может "быть тем же", что и материя, "не тождественно" ей [7]. Отражение так же и не "пустая оболочка". Оно соответствует свойствам отображающихся вещей, согласуется, совпадает с ними. Если иметь в виду ощущения человека, то они дают мозгу верные "снимки", позволяющие правильно отображать реальность. Поэтому идеальное (мысленное) отражение "приближается" к внешнему объекту и "сливается" с ним. Тем самым объект перестает быть вещью в себе, а становится вещью для нас [7]. Здесь подчеркиваются диалектическое единство материи и ее отражения (принцип, на котором строится ленинская критика агностицизма Канта).

В приведенных положениях содержится основной вопрос философии. Субстанцией отражения выступает материя, хотя ни одного ее атома нет в "копии" (тоже существующей реально). Если бы отражение было тождественным с отражающим объектом (было бы тем же, что и материя), то вообще не было бы "основного вопроса" и диалектического материализма, а был бы вульгарный материализм, который даже мысль объявлял бы предметной реальностью. Но если бы отражение не было копией объекта, не приближалось бы к нему, материальное и идеальное были бы двумя, не связанными друг с другом, "самостоятельными субстанциями". В действительности субстанция отражения одна — физическая реальность. Отражение не раздвоение, не тиражирование материальных (физических) предметов: от того, что предмет получает множество отображений, он не перестает оставаться в единственном числе. Нам придется вернуться к этому кажущемуся тривиальным положению при рассмотрении трактовок информации как некой самостоятельной субстанции, якобы имеющей особую физическую природу.

Отражение рассматривается В.И.Лениным, как приблизительная, но не произвольная копия физической реальности [7]. Это относится к любому виду отражения, включая идеальное: "Признание теории снимком, приблизительной копией с объективной реальности — в этом и состоит материализм" [7, с. 281]. "Неточный" характер отражения объясняется тем, что оно зависит от трех элементов: отражающегося предмета, отражаемого предмета, среды отражения. Отражение — отображение материального в материальном посредством материального, но само оно есть инвариант по отношению к своим носителям. Познание В.И.Ленин связывал с признанием того, что это "кусоч природы (мозг — Ю.К.), отражающий другие куски природы" [8, с. 439]. А.Эйнштейн, отстаивая естественнонаучный материализм, в споре с релятивистами приводил образное сравнение, что если мышь смотрит на Вселенную, то вряд ли изменяется от этого состояние Вселенной, хотя Вселенная в глазах мыши выглядит иначе, чем в глазах человека, и иначе выступает, когда отражается в виде ночного неба в зеркале пруда [9].

Философскую интерпретацию В.И.Лениным явления отражения целиком можно отнести к информации, которая выступает как одна из форм отражения материального в материальном посредством материальных носителей. Не будучи физической реальностью В.И.Ленин говорил о материи как о физической реальности [7], не воздействуя на наши органы чувств, она существует как отображение этой реальности и проявляется в специфической для нее форме статистической величины.

Информация, с одной стороны, неотделима от "чувственно грубой осязаемости" своих носителей, с другой — выступает по отношению к каждому носителю как инвариант (нечто ему противоположное). "Выделить" информацию из материальных информационных носителей можно лишь путем абстракции, математического расчета, а не так, как выделяют, скажем, сок из яблок. Невозможность физического выделения информации из материальной среды вовсе не означает, что она "пустая оболочка" (здесь мы повторяем высказывание В.И.Ленина об отражении вообще), так же, как неотделимость стоимости от потребительской стоимости не делает последнюю "пустой абстракцией".

Диалектический материализм, как известно, развивается в борьбе на два фронта — против всех форм идеализма и метафизического материализма (включая его вульгарную разновидность). Марксистско-ленинская теория отражения и неопровержимо доказанный факт неотделимости информации от вещественно-энергетических носителей делают беспочвенными попытки сторонников кибернетического идеализма представить информацию как некую "третью компоненту действительности" [6]. Материализм был бы действительно поколеблен в том и только том случае, если бы был открыт хоть один вид информационного носителя, принципиально недоступный органам чувств (включая, конечно, и доступность, обеспечиваемую физическими приборами).

Ленинская теория отражения противостоит и шатаниям в сторону метафизического материализма, когда феномен информации, по существу, отождествляют с информационными носителями или пытаются во что бы то ни стало открыть физическую природу информации "как таковой", представить ее как физическую реальность в отрыве от физических носителей. Как "физика" мысли, если так можно выразиться, целиком определяется "физикой мозга, так и о физической субстанции информации нельзя говорить, отделив ее от источника, передатчика, канала связи, приемника, адресата. Попытки искать физическую природу информации "как таковой" в отрыве от ее носителя беспочвенны.

Большое значение для понимания информации имеет ленинская характеристика форм отражения, включая идеальное (мыслительное) отображение материи. В.И. Ленин выделяет три качественно разнородных вида отражения: механическое или зеркальное отражение ("простой образ", "мертвый покой", нерасчлененное отображение) [8]; рефлексивное отражение как ощущение, присущее только органической материи [7]; гносеологическое (понятийное) отражение, присущее человеческому индивиду и обществу в целом [8]. Последнее включает в качестве своих моментов чувственное отражение (созерцание), абстрактное мышление, практику. Основное внимание В.И. Ленин уделял гносеологическому отражению как высшему виду отображения реальности.

Как же соотносится информация с тремя указанными формами отражения? Ясно, что это не зеркальное "мертвое" отражение, присущее неживой природе. Но можно ли информацию интерпретировать лишь как идеальное (осмысленное) отображение? Тогда мы должны либо вступить в явное противоречие с данными современной биологии и кибернетики, говорящими о наличии информационных связей во всей живой природе, либо признать, что способностью участвовать в духовном процессе (мыслить) обладает не только человек, но и другие организмы, например амеба. Подобная дилемма некоторым авторам кажется неразрешимой. Этим, по-видимому, объединяются случаи, когда философы-марксисты вдруг отходят от ленинской концепции отражения и объявляют информацию материальной субстанцией, вступая в противоречие с собственными работами по теории информации. Например, встречаются утверждения, что кибернетика и другие науки подтвердили материальный характер информационных процессов [10]. Но такой автор всегда сталкивается с очевидным фактом, что процессы мышления, духовного общения людей являются информационными, но относятся к области идеального.

Всякий идеальный процесс — информационный, но не всякий информационный процесс — идеальный, поскольку идеальное — то и только то, что связано с "духом" человека и общества, мышлением, выработкой и передачей идей. Поэтому и значение кибернетики в том, что она вывела информацию за пределы идеального процесса (гносеологической формы отражения).

Можно иначе сказать: кибернетика свела гносеологическую форму отражения к одной из форм информационного процесса, как в свое время механическое движение было сведено к одной из форм движения.

Информационное отражение, присущее живой природе и обществу, противостоит зеркальному "мертвому" отражению, присущему неживой природе, и имеет множество форм (качественно различных уровней), высшим из которых выступает человеческое познание (идеальное отражение). Информационный подход к отражению далек от того, чтобы не видеть громадной, качественной разницы в реакциях бактерий, высших животных и в осмысленных реакциях человека, его сложных поведенческих актах. Иерархия уровней отражения, созданная природой, еще недостаточно изучена. Но то, что мышление человека — не какой-то "сверхуникальный", не имеющий абсолютно никакого подобия в природе процесс, а особая (высшая) форма широко распространенных в живой природе процессов, имеющих во многом одинаковую с мышлением структурную (изоморфную) основу, и то, что мышление в тех или иных пределах можно искусственно имитировать — серьезный вклад в материалистическую диалектику, сделанный кибернетикой, поскольку это наносит сокрушительный удар по крайне идеалистическим концепциям "ясновидения", индетерминистским трактовкам сознания.

В литературе можно встретить постановку вопроса: присуща ли информационная связь всей материи или только ее высшим формам (живой и социальной). Не будем разбирать дискуссии по этому вопросу [11], так как, по нашему мнению, постановка вопроса в таком виде направляет поиск истины по неверному пути, ибо информация — связь, присущая кибернетическим системам любой природы (живым, неживым (искусственным) и таким, в которых элементами выступает живое и неживое). Система "амеба — окружающая среда" — кибернетическая, состоящая из живого и неживого элементов (подсистем). Автомат, собирающий информацию на Луне, — неживая система, состоящая из искусственного элемента и неживой природы (поверхность Луны, воздействующая на фотообъектив автомата). Человек, познающий неживую природу, — тоже система "живое-неживое".

Да, во всех перечисленных случаях объект (неживая природа) берется не как "вещь в себе" а "субъективно", т.е. с позиций целеполагающего элемента (будь то амеба, автомат или человек). Здесь неживая природа (объект) оказывается в состоянии информационных связей с управляющим элементом ("субъектом"). Если убрать последний элемент и система разрушается, информационные связи исчезают. В этом смысле можно сказать, что информационные связи по своей природе субъективно-объективны\*.

\*Здесь понятие "субъект" трактуется расширительно (потому мы берем его в кавычки). Субъект (наблюдатель) в данном случае — целеполагающий (управляющий) элемент в любой кибернетической системе. Важно при этом иметь в виду, что искусственный "субъект" (информационно-перерабатывающий автомат) занимает промежуточное положение в управленческих и познавательных процессах, выступая "продолжением" человека.

Это противоречит марксистскому решению основного вопроса философии: по высказыванию К.Маркса, главный недостаток всего предшествующего материализма, включая и фейербаховский, заключается в том, что предмет, действительность, чувственность берутся только в форме объекта или в форме созерцания, а не как человеческая чувственная деятельность, практика, не субъективно. Отсюда и произошло, что деятельная сторона, в противоположность материализму, развивалась идеализмом [12]. Итак, неправильно подходить к действительности, беря ее "только в форме объекта" (это ошибка и "главный недостаток" домарксовского материализма), надо брать ее "субъективно", т.е. с позиций целей человека и общества.

Диалектический материализм, в противоположность старому "мертвому" материализму, потому и является "деятельным", что действительность он трактует не как "чистый объект", а как систему "объект — субъект". И если в роли субъекта теперь может выступать кибернетический автомат, преобразующий информацию, действующий "от имени" естественного субъекта (человека), то этим ничуть не поколеблено марксистское решение основного вопроса философии.

Обобщение информационного феномена с позиций материалистической диалектики очевидно, не означает "подгонку" данных современной науки под конкретные высказывания классиков марксизма-ленинизма. В их трудах нет специально выделенной информационной формы отражения — именно потому, что свои философские построения они возводили на строго научной основе, обобщали передовые идеи естествознания своего времени. Вряд ли можно согласиться с утверждениями некоторых философов-марксистов, что мы якобы можем найти в трудах К.Маркса все элементы кибернетического подхода, за исключением лишь специальных (современных) кибернетических терминов [13]. Кибернетика — детище нашего времени, и она не только не противоречит, а целиком основана на фундаменте диалектического материализма, который вовсе "не боится" новых обобщений результатов быстро развивающегося естествознания. Однако важно в соответствующих обобщениях не поступаться, как говорил В.И.Ленин, целью и определенностью мирозерцания [14].

Марксистская философия строилась на обобщении тенденций и достижений науки второй половины XIX в., когда естествознание начало постепенно отходить от классического детерминизма, делая поворот к статистически вероятностным трактовкам объективных закономерностей развития природы. Статистически вероятностный подход к действительности определился лишь в нашем столетии, но его зачатки уходят в физику и биологию XIX в.

В казалось бы беспорядочной россыпи случайностей, остававшихся за бортом классической физики, наука как бы стала различать гармонические ансамбли (упорядоченные комбинации) множества индивидуально-непредсказуемых (случайных) событий. Статистическая упорядоченность случай-

ных событий и ее мера (негэнтропия) имеют объективную основу как противостоящие им "разброс" (энтропия), иначе бы мир "рассыпался". Существующая неравномерность распределения вещества и энергии в пространстве и времени — проявление физической негэнтропии мира, которую можно не только исчислять математически, но и наблюдать и измерять как физический объект\* [15].

Именно Маркс и Энгельс философски обосновали ограниченность классического детерминизма, интерпретировали случайность как форму проявления необходимости. Тем самым марксистская философия сыграла огромную эвристическую роль в рассматриваемых тенденциях современного естествознания. Ф.Энгельс подчеркивал, что лишь при метафизическом подходе какая-нибудь вещь, какое-нибудь отношение, какой-нибудь процесс либо случайны, либо необходимы, но не могут быть и тем и другим [16]. Известна статистическая (в буквальном смысле) интерпретация объективных законов Марксом и Лениным: закона стоимости, который "...прокладывает себе путь через случайные и постоянно колеблющиеся меновые отношения..." [17, с. 85], закона пропорциональности, выступающего при капитализме лишь как средняя величина из ряда колебаний [18] и др.

Суть не в том, что классики марксизма-ленинизма не пользовались понятием "энтропия" (в те времена оно имело крайне узкое значение). Вместе с тем нельзя не отметить одно поразительное и отнюдь не случайное совпадение: в письме к Энгельсу Маркс сообщал о своем намерении математически исследовать динамику цен, процента и других экономических явлений в виде неправильных кривых, вывести математически главные законы кризисов. Речь, как видим, идет об ансамблях неправильных кривых наподобие тех, что были выведены применительно к броуновскому движению, с которых и берет начало энтропийный подход.

Энтропийный подход есть лишь иное выражение подхода к миру с позиций системных соотношений (охвата больших систем как сложных целостностей) и неважно, понимал это Л.Больцман, придавший энтропии глобальное значение. При этом в центр внимания выдвигаются внутрисистемные связи, структуры, а также связи системы со средой, т.е. другими системами — "ближними" и "дальними". Чисто детерминистских систем с однозначно предопределенным конечным состоянием в действительности нет, как нет и "хаоса", господства случайностей\*\*. Действительность, таким образом,

---

\*Это необходимо подчеркнуть, поскольку в литературе нередко объективная энтропия и негэнтропия трактуются лишь как математические объекты, выступающие как чисто арифметическое следствие принятого метода расчета. Подобная чисто релятивистская трактовка энтропии граничит с отрицанием объективных закономерностей движения мира, точнее, подчиняет их принятому методу расчета, т.е. субъективному фактору [15].

\*\*На практике различают детерминистские и вероятностные системы, но это зависит от способа расчленения изучаемого объекта, подхода к нему.

предстает как иерархическая система систем, относительно самостоятельных и находящихся друг с другом в состоянии связей разной тесноты.

Мы коснулись энтропийного подхода потому, что с ним связано рождение кибернетических идей и современной теории информации. Информационная форма отражения отвечает всем принципам теории отражения материалистической диалектики. Что касается конкретной специфики информации, ее механизма, то их надо и дальше изучать. Пока можно определенно утверждать, что это связь, присущая кибернетическим системам, поведенчески (статистически) отражающим внешнюю физическую негэнтропию. Поскольку сама информация имеет негэнтропийную природу, она выступает как отраженная негэнтропия реальности, противостоящей конкретной системе. К информационным связям любого уровня (начиная с реагирования растений и микроорганизмов и кончая сложнейшими поведенческими актами интеллекта) применимы атрибуты управления, программирования, обратной связи, памяти. Но это совсем не означает отождествления или даже сравнения "памяти" и реакций амебы с памятью и реакциями человеческого интеллекта.

В связи с разработкой ЭВМ пятого поколения, реализующей функции интеллекта (включая функцию абстрактного мышления), и возникающей на базе этих ЭВМ развитой информатикой особенно заметны стали недостатки (ограниченность) канонической теории информации. Можно даже сказать, что К.Шеннон разработал не теорию информации как таковую, а математическую теорию передачи сообщения по каналу связи (статистическую теорию связи)\*. Ведь у Шеннона речь идет о внешней (формальной) стороне сообщений (управляющих сигналов), прежде всего об их вероятностных свойствах, и полностью исключается из рассмотрения содержательная (семантическая) сторона сообщений — их смысл, ценность для получателя. По этой теории выходит, что, например, стихотворение А.С.Пушкина и беспорядочная россыпь букв содержат одинаковый объем информации: вероятность появления каждой буквы в обоих случаях одинакова, поскольку оба сообщения имеют одинаковую длину.

Однако было бы ошибкой видеть в этом "ущербность" или недостатки теории Шеннона: она служит своим целям, и в рамках этих целей, а именно организации передачи сообщений, имеет несомненные достоинства. Отвлечение от семантической стороны (смысла, содержания) сообщений делает информацию кибернетическим объектом, который может быть охарактеризован с общих позиций вероятности появления сигналов разного содержания, что, в свою очередь, дает возможность исчислять информацию и одинаково описывать функционирование систем любой природы. Бит — информацион-

---

\*По мнению К.Шеннона и других специалистов в области информации, семантические аспекты связи не имеют отношения к технической стороне вопроса [19], но в действительности одним из основных свойств информации является ее ценность. Теория же полностью отвлекается от этой важнейшей реальности [20].

ная единица, одинаково годная для измерения интенсивности рефлексий живых организмов, гносеологических процессов, машинных вычислений, действий управленческого аппарата и т.д. "Упрекать" теорию информации в том, что она "игнорирует" содержание сообщений — все равно, что "упрекать" математику в том, что она не рассматривает физическую природу исчисляемых предметов. Если говорить о практической применимости такой теории, то она очевидна, скажем, в телефонной, телеграфной связи или организации работы почты: смысл (содержание) сообщений (писем, телеграмм и т.д.) для почты не имеет значения, а решая задачу о числе телеграмм, которые могут пройти по данному каналу связи, даже необходимо отвлечься от их содержания.

Теория информации Винера-Шеннона "довольствуется" весьма ограниченными способностями рецептора: он умеет лишь отличить одно состояние объекта от другого, одну букву в сообщении от другой. И этого достаточно, чтобы, скажем, рассматривать пропускную способность определенного канала связи. Точно также и системотехника "довольствуется" замыканием обратных связей на уровне различных сигналов, отражающих различное состояние объекта или его среды. Поэтому создание самих по себе кибернетических автоматов до недавнего времени не создавало ощутимой технической потребности в новой теории информации, которая в центр своего внимания ставила бы переработку содержательной информации.

Положение меняется, когда на арену выходят ЭВМ пятого поколения, реализующие процесс машинной обработки знаний — гносеоинформации. Они открывают новый этап в автоматизации интеллектуальной деятельности, когда машинизируются не только рутинные (обеспечивающие) операции умственного труда, такие, как запоминание, выборка данных, счет, но машинизируется сам процесс творчества, генерации новых идей. Создание таких систем и их эффективное использование требуют научного и инженерного подхода к обработке семантической информации и, следовательно, нового более многомерного подхода к информационным феноменам, их роли и механизмам проявления в развитии тех или иных областей социальной практики, прежде всего управления. Таким образом, теория информации Шеннона нуждается в фундаментальных дополнениях — не в "отбрасывании", а именно в дополнениях, но таких, которые по существу, означают создание новой теории информации. Попытаемся сделать эти "дополнения".

Если Шеннон рассматривает информацию с позиций кодовых посылок, то мы в основу рассмотрения информации кладем понятие информационного поля и его напряженности. Это очень емкое понятие, раскрытие которого связано с более объемным, чем у Шеннона, представлением об информации и о тех средах и условиях, в которых она может возникать и "работать" (превращаться в силу). Поэтому важным отличительным моментом нашей трактовки информации является анализ информационной среды и ее "поведения" (динамики). Средой, в которой существует информация и прояв-



ляются информационные эффекты, выступают целенаправленные (самоорганизующиеся) системы. Чем выше уровень системности среды (больше упорядоченность рассматриваемой системы в ее взаимодействии с окружением), тем полнее и очевиднее проявляются информационные эффекты, тем более существенную роль играет информация в жизнедеятельности и развитии систем. Без учета информационной среды (механизма ее поведения и развития) вообще нельзя говорить о роли информации, ее "движущей силе". Можно сказать, что информационная среда в нашем анализе информации играет такую же фундаментальную роль, какую физическая среда играла в теории электричества Максвелла: электродинамика Максвелла и есть, в сущности, движение магнитной среды (поля) под влиянием электрона. Максвелл подчеркивал, что "...среда должна занимать выдающееся место в наших исследованиях, и нам следовало бы попытаться сконструировать рациональное представление о всех деталях ее действия, что и было моей постоянной целью..." [21, с. 361].

До последнего времени кибернетика, системотехника, теория информации (Шеннона) практически все внимание обращали на разработку ЭВМ — инструмента преобразования информационной среды (целенаправленных систем), между тем как сама среда, механизмы ее динамики под влиянием информации, в том числе полезная работа (отдача) ЭВМ, анализировались явно недостаточно. Новую теорию информации (информатику), ставящую во главу угла динамику целенаправленных систем под действием информации, можно назвать информдинамикой по аналогии с термодинамикой, ставящей во главу угла динамику тепловых систем "под действием огня" (выражение Карно), а также по аналогии с электродинамикой, ставящей во главу угла движение электромагнитных систем под действием электричества.

Одной из главных категорий информатики как науки о "движущей силе" информации в целенаправленных системах выступает категория информационного поля и его напряженности. Сразу же заметим, что понятие напряженности информационного поля имеет такое же фундаментальное значение для информатики и новой теории информации, как введенное Максвеллом понятие напряженности электромагнитного поля для электродинамики и теории электричества.

Известно, что любая кибернетическая (самоорганизующаяся) система состоит из двух основных подсистем — управляющая подсистема и управляемая подсистема (объект). Управляющая подсистема осуществляет целеполагание для объекта и удерживает его в заданном целевом русле функционирования и развития. Взаимодействие между целевым (проектируемым) и исходным состоянием кибернетической системы, а также между всеми ее элементами осуществляется посредством информационных полей, напряженности которых создаются либо постановкой объекту новой цели, либо ухудшением исходного состояния системы (появлением дополнительных ограничителей в ее динамике). Напряженность информационного поля — та

же "сила" (побудительный мотив), с которой объект и его среда действуют на управляющую подсистему, вызывая ее решимость снять возникшую новую неопределенность, обеспечить достижение объектом новой цели (перевести всю систему в новое целевое состояние) в течение определенного времени. Сила (степень) напряженности информационного поля зависит от двух факторов: а) разницы энтропий целевого и исходного состояний системы ("энтропийного пространства"); б) времени достижения новой цели ("энтропийного времени").

К физическим полям применяются пространственно-временные оценки. К информационным полям (области отражения материального мира) такие физические величины, как пространство и время неприменимы (мысль не имеет пространственно-временных границ). Поэтому мы вводим для информационных полей такие характеристики, как "энтропийное пространство" (разница целевого и исходного состояний системы) и "энтропийное время" (время, за которое проектируется перевод системы в новое состояние).

Напряженность информационного поля накапливается в каждом элементе управляющей подсистемы (каждом участнике информационно-управленческой работы) — как та энергия, которая будет затрачена на компенсацию добавочной энтропии, возникшей в связи с новой целевой направленностью объекта. Информационная напряженность (напряженность информационного поля) — важнейшая характеристика самоорганизующейся системы, определяющая ее состояние, уровень жизнедеятельности, динамику. Механизм действия информации в самом общем виде таков: напряженность информационного поля вызывает энергию в каждом элементе управляющей подсистемы, направленную на выработку информации (информационных ресурсов). А информация затем "развязывает" энергию объекта, направленную на достижение системой нового целевого состояния. Общий объем информационной работы управляющей подсистемы ограничен разницей энтропий целевого (проектируемого) и исходного состояний системы. А интенсивность информационной работы (ее объем в единицу времени) зависит от напряженности информационного поля рассматриваемой системы.

Подойдем к указанным понятиям с количественной стороны. Для этого надо учесть, что управляющая подсистема дифференцирована и имеет иерархическую структуру. Назовем главный (верхний) элемент управляющей подсистемы "наблюдателем" (именно он выступает целеполагающим, программирующим элементом по отношению к другим элементам управляющей подсистемы, а через них — по отношению к объекту). От "наблюдателя" идет исходный информационный поток ( $I_{исх.}$ ) к каждому элементу управляющей подсистемы

$$I_{исх.} = T - T \cdot S,$$

где  $T$  — абсолютное количество сигналов (команд, документов, данных,

указаний и т.д.), исходящих от "наблюдателя";  $S$  — энтропия этих сигналов (величина безразмерная:  $0 < S < 1$ ; размерность  $I$  — в битах).

Информационная напряженность каждого элемента управляющей подсистемы ( $h$ ) определяется информационным воздействием на него "наблюдателя" (исходным информационным потоком) с учетом энтропии данного элемента ( $s$ ).

$$h = \frac{I_{исх}}{s},$$

где  $s$ , как в первом случае, — безразмерная величина ( $0 < s < 1$ ).

В содержательном смысле энтропия каждого элемента управляющей системы ( $s$ ) является показателем его способности к творчеству (функционированию с учетом отрицательной обратной связи с объектом). Если рассматриваемый элемент (орган) управляющей системы лишь воспринимает и ретранслирует команды наблюдателя и не вырабатывает собственную информацию (корректирующие воздействия на объект с учетом конкретных условий), то его энтропия равна 1. В данном случае орган работает на уровне лишь положительной обратной связи, когда нет управления в кибернетическом смысле. Такое состояние элемента можно считать пределом его организационного старения, за которым следуют деструктивные явления (явления "распада"). Если энтропия элемента меньше 1 (а она, как было установлено ранее, может колебаться от 0 до 1), то элемент не только ретранслирует исходный информационный поток (командную информацию, идущую от "наблюдателя"), но и вносит собственный вклад в информационный потенциал управляющей системы. Поведение элемента при энтропии меньше 1 сводится не только к механической переработке "указаний сверху", но в какой-то мере — к творчеству (выработке собственной информации). Здесь мы сталкиваемся с огромными резервами нового класса — за счет творчества людей. Поэтому нас не должен смущать большой "коэффициент усиления" творческих возможностей каждого элемента, например, если ( $s$ ) равна 0,5, то элемент в 2 раза усиливает исходный информационный поток (см. формулу).

Информационная напряженность всей управляющей подсистемы ( $H$ ) выступает как суммарная величина напряженностей отдельных ее элементов

$$H = \sum_{i=1}^n h_i,$$

где  $h_i$  — напряженность конкретного элемента;  $n$  — число элементов управляющей подсистемы, включая "наблюдателя" (главный элемент).

Напряженность всей управляющей подсистемы  $H$  определяет полный информационный поток ( $I_{полн.}$ ), воздействующий на объект за период его перехода в новое целевое состояние. Напряженность информационного поля самоорганизующейся системы снимается лишь по достижении объектом нового целевого состояния. Наблюдатель и все элементы управленческой подсистемы должны осуществлять информационную работу (антиэнтропийные

усилия) на протяжении всего периода перехода объекта в новое целевое состояние. Указанная напряженность снимается дополнительно вызываемой энергией управляемого объекта (Е), которую он затрачивает на перевод системы в новое целевое состояние. Между Н и Е должно быть соответствие  $H \approx E$ .

Поскольку, как было сказано выше, полный информационный поток ( $I_{\text{полн.}}$ ) соответствует Н, можно записать

$$H \approx I_{\text{полн.}} \approx E.$$

Полный информационный поток ( $I_{\text{полн.}}$ ) соответствует полезной работе управляющей подсистемы за весь период перехода объекта в новое целевое состояние. Отсюда нетрудно вычислить интенсивность информационной работы всей подсистемы и каждого ее элемента, отнеся ее к тому или иному отрезку времени.

1. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, гл. V. — С. 283.
2. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, гл. I. — С. 34.
3. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, гл. V. — С. 273.
4. Берг А.И. Введение. Кибернетика на службе коммунизма. — М.; Л.: Энергониздат, 1961, с. 12.
5. Черри К. Человек и информация. — М.: Мир, 1972. — 256 с.
6. Ленин В.И. О значении воинствующего материализма. — Полн. собр. соч., 4-е изд., т. 33. — С. 207.
7. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, гл. I, II, IV, V, с. 34–35; 39–40; 60; 115; 245–248; 277; 281.
8. Ленин В.И. Философские тетради. — Полн. собр. соч., т. 29. — С. 39–40; 144; 170; 176–177; 203; 257; 439.
9. Уилер Дж.А. Предвидение Эйнштейна. — М.: Мир, 1979. — 41 с.
10. Урсул А.Д. Философия и кибернетика. Кибернетика и диалектика. — М.: Наука, 1978. — 14 с.
11. Урсул А.Д. Проблемы информации в современной науке. — М.: Наука, 1975. — 224 с.
12. Маркс К. Тезисы о Фейербахе // Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 3. — С. 3.
13. Клаус Г. Кибернетика и общество. — М.: Прогресс, 1967. — 229 с.
14. Ленин В.И. Некритическая критика. — Полн. собр. соч., т. 3. — С. 636.
15. Тростников В.Н. Человек и информация. — М.: Наука, 1970. — 58 с.
16. Энгельс Ф. Диалектика природы // Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20. — С. 532–533.
17. Маркс К. Капитал, т. 1, гл. 1 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23. — С. 85.
18. Ленин В.И. Некритическая критика. — Полн. собр. соч., т. 3. — С. 620.
19. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: Изд-во иностр. лит., 1963. — 325 с.
20. Кожарский Л.А. Экспертные системы — интеллектуальное ядро ЭВМ пятого поколения. — М.: Знание, 1984. — 38 с.
21. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. — В кн.: Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М.: Гостехтеориздат, 1954. — 398 с.

В.П.Соловьев

## КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЗНАНИЯ И ГЕНЕЗИС НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

Важный фактор, определяющий тесную взаимосвязь и взаимовлияние научной методологии и картины мира, — материалистическое понимание целостности, единства мира. Единство мира обеспечивает возможность существования картины мира как системы междисциплинарных общенаучных концепций, в которой системность и материальность выступают как две стороны одного и того же явления. Ф.Энгельс, полемизируя с Дюрингом, писал: "Действительное единство мира состоит в его материальности, а это доказывается не парой фокуснических фраз, а умным и трудным развитием философии и естествознания" [1, с. 43].

Второй опорный тезис, который помогает разобраться в нагромождении подчас противоречивых фактов из истории развития научной методологии, — ленинская формула общей динамической структуры познания: "От живого созерцания к абстрактному мышлению, и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности" [2, с. 152—153]. При сравнительном анализе мировоззренческих функций тех или иных конкретно-научных достижений и постулатов этот тезис, имея статус всеобщности, помогает отличить естественные и неизбежные противоречия развития той или иной науки от противоречий, связанных с нематериалистическими концепциями как в конкретных науках, так и в философии.

Картина мира представляет собой некоторую идеальную конструкцию, но опирающуюся на непосредственный опыт исследования и преобразования мира, поскольку, как подчеркивал В.И.Ленин, именно "...практика человека, миллиарды раз повторяясь, закрепляется в сознании человека фигурами логики. Фигуры эти имеют прочность предрассудка, аксиоматический характер именно (и только) в силу этого миллиардного посторения" [2, с. 198]. Таким образом, познавательная деятельность человека опирается на замкнутую, в определенном смысле, последовательность способов познания, отображения и преобразования целостного мира.

Первый этап в процессе познания ("живое созерцание") предполагает чувственное восприятие реального мира, результатом которого являются образы внешнего мира, зафиксированные и закодированные соматические образы познаваемого объекта. Эти образы далее упорядочиваются путем их классификации и отображения на некоторую "решетку" взаимосвязанных понятий. Данный этап познания можно считать этапом соотношения соматического образа образу понятийному. Характер понятийного образа определяется уровнем абстрактного мышления, в процессе которого мы использу-

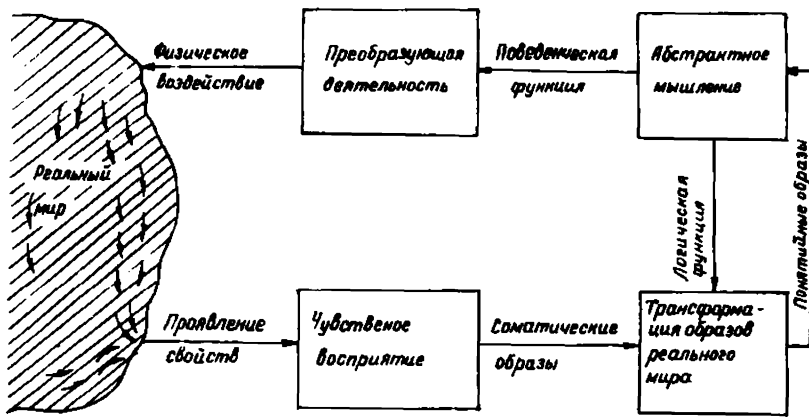


Схема обратной связи в процессе познания.

ем некоторые понятия, не связанные непосредственно с ощущениями. Именно переход от уровня чувственного восприятия к уровню абстрагирования обеспечивает безграничные возможности проникновения в сущность явлений природы. "...абстракции, — указывал В.И. Ленин, — отражают природу глубже, вернее, полнее" [2, с. 152].

Кроме логической функции, обеспечивающей формирование адекватных понятийных образов из соматических, абстрактное мышление является источником функции, так называемой поведенческой, которая определяет целенаправленное воздействие познающего объекта на реальный мир, т.е. определяет практику познания. Таким образом, благодаря уровню абстрактного мышления, познающий субъект может упорядочить, сжать, сконцентрировать информацию, поступающую по каналам чувственного восприятия, а если использовать терминологию, принятую в кибернетике, то можно утверждать, что в процессе познания работает принцип обратной связи, характеризующий взаимосвязь этапов познания по следующей схеме (рисунок): 1) абстрактный образ — основа поведенческой функции; 2) через воздействие на реальный мир вызывается организованная реакция его объектов, т.е. формирование воздействий на прецептивную систему; 3) с помощью некоторой логической функции и на основе соматического образа формирования понятийного образа, который, в соответствии с зафиксированной картиной мира, соотносится с абстрактным образом; 4) возникновение на последних из перечисленных этапов противоречий, являющихся стимулом к модификации исходного абстрактного образа в части его логической и поведенческой функций.

На определенном этапе познания между логическим отображением понятийного образа (формируемого с помощью картины мира) и исходным аб-

страктным образом возникает информационное несоответствие, неустраняемое путем коррекции логической и поведенческой функций, и свидетельствующее, что абстрактный образ становится беднее по своему информационному содержанию, чем соматический образ реального мира. В такой ситуации возникает необходимость коррекции абстрактного образа, что влечет за собой коррекцию картины мира. Из этих рассуждений следует, что в конечном итоге причина модификации картины мира — практика, т.е. кибернетическая интерпретация процесса познания учитывает основополагающий тезис диалектики о главенствующей роли практики в познании. "Точка зрения жизни, практики должна быть первой и основной точкой зрения теории познания

— писал В.И.Ленин — Конечно, при этом не надо забывать, что критерий практики никогда не может по самой сути дела подтвердить или опровергнуть полностью какого бы то ни было человеческого представления... Если то, что подтверждает наша практика, есть единственная, последняя, объективная истина, — то отсюда вытекает признание единственным путем к этой истине пути науки, стоящей на материалистической точке зрения" [3, с.145—146].

Таким образом, кибернетическая схема помогает нам определить место картины мира в генетической цепи этапов познания, а затем — содержательный статус современной картины мира. Одной из распространенных точек зрения является отождествление картины мира с некоторой совокупностью физических представлений, где все элементарные понятия допускают сведение к пространственно-временным понятиям, которые затем фигурируют в формулировках законов природы. Другими словами, все научное мышление геометрично, поскольку нет ни одного закона природы, который нельзя было бы свести к некоторой формулировке на языке пространственно-временных соотношений. Из этого принципа вытекает, например, убежденность в том, что психические явления и связи между ними в конечном итоге должны сводиться к физическим и химическим процессам, протекающим в нервной системе. Согласно этому принципу, в каузальной системе явлений природы вообще нет нефизических элементов, и в этом смысле в рамках научного мышления нет места ни для "свободы воли", ни для того, что называется "витализмом" [4].

Справедливость этой точки зрения подтверждается всей историей развития философии и теории познания. Уже в глубокой древности пространственно-временные каузальные отношения служили основой для теории познания. По свидетельству Аристотеля [5], уже древние философы в качестве материальной причины вещей называли воду (Фалес), воздух (Анаксимен и Диоген), огонь (Гиппас и Гераклит), землю (Эмпидокл), пытались осмыслить причину движения материи и рассматривали ум как причину миропорядка (Анаксагор). Пытаясь суммировать опыт древнейших философов, Аристотель сформулировал в качестве основного пути познания постепенное восхождение от чувственного восприятия к познанию принципов. Картина мира на-

столько гармонировала у древних философов с логикой мышления, что у них складывалось впечатление о всеильности идей, разума, логики. Например, Платон считал более реальными "идеи", чем эмпирически воспринимаемые вещи. Эти воззрения преломляются и через философию Аристотеля, который провозглашал превосходство искусства над опытом, теоретических наук — над практическими.

Разъединение и противопоставление практического и абстрактного начала в познании достигло апогея в философии Беркли, который исходил из того, что наши чувства воспринимают непосредственно не предметы внешнего мира, а лишь процессы, причинно связанные с существованием этих процессов. Далее Юм выдвинул тезис о том, что все в познании, имеющее эмпирическое происхождение, недостоверно. Воззрения Беркли и Юма в определенной степени отражали кризис картины мира, который переживала наука XVII—XVIII вв., освободившаяся от многовековых оков аристотелевой схоластики. Вслед за Юмом Кант отмечал тот факт, что несмотря на трудности сопоставления абстрактных образов с чувственными, мы располагаем достоверным в определенных рамках знанием. Из этого он делал вывод, что эти знания должны быть основаны на чистом мышлении. Фактически Кант пытался спасти старую, почти аристотелевских времен, картину мира, что выразилось, в частности, в попытке канонизации им геометрических представлений.

Следует обратить внимание на то, что переосмысление ряда классических положений геометрии Евклида Лобачевским, Гауссом и рядом других крупных математиков XIX в. одновременно наносило удар и по философии кантианства. В частности, можно с уверенностью сказать, что Лобачевский утверждался в мысли о недоказуемости пятого постулата и о возможности неевклидовой геометрии, исходя именно из своих философских теоретико-познавательных убеждений. В предисловии к своим "Новым началам геометрии с полной теорией параллельных" он пишет: "Напрасное старание со времени Евклида, в продолжение двух тысяч лет, заставило меня подозревать, что в самих понятиях еще не заключается той истины, которую хотели доказывать и которую проверить, подобно другим физическим законам, могут лишь опыты, каковы, например, астрономические наблюдения" [6, с. 147]. Здесь фактически отрицается кантовский априоризм по отношению к геометрии и подчеркивается, что геометрия не независима от опыта, а должна проходить проверку опытом. Дальнейшие исследования в области физики и астрономии доказали, что действительно пространство вселенной не является в точности евклидовым. В периоды таких революционных преобразований в науке возникают новые формы взаимоотношений между теорией и практикой, между абстрактным и конкретным. В XVII—XVIII вв. это выразилось, в частности, в расцвете так называемой энциклопедической науки. Наиболее видные ученые того времени интересовались решительно всем, что происходило и в науке, и в жизни, пробовали решать с единых методологических



позиций, казалось бы, совершенно несовместимые научные проблемы, руководствуясь единственным требованием — требованием жизни, революционной практики. Свидетельством этого является то, что некоторые математики были одновременно политиками и юристами (де Витт, Ферма), инженеры и врачи были математиками (Дезарг, Иоганн Бернулли), некоторые ученые прославились тем, что сделали открытия почти во всех актуальных областях науки (Гюйгенс, Гук). Именно требование жизни было причиной того, что философия и конкретные науки в этот исторический период были почти неразделимы.

Таким образом возникла острейшая необходимость качественного перевооружения методологии науки, которая вплотную подошла к необходимости мыслительного охвата сложных целостностей, больших систем в их взаимодействии со средой, а поскольку речь идет о системах в их сложной целостности (а не отдельных элементах, "частях"), в центре внимания оказываются именно связи, структуры элементов, их состояния [7]. Одним из характерных моментов современной научной методологии является представление об информационном, а не только энергетическом взаимодействии объектов реального мира. Учет информационного взаимодействия при построении соответствующей картины мира вовсе не означает отказа от пространственно-временной основы общего взгляда на мир. Однако, как отмечал Л.Бриллюэн: "Теория информации поднимает ряд фундаментальных вопросов относительно первых постулатов науки и границ их справедливости" [8, с. 58]. При этом возникают проблемы типа старых кантовских проблем "априорности геометрии". В то же время здесь есть и принципиальные отличия, заключающиеся в том, что на современном этапе развития научной методологии она получила новый общенаучный кибернетический метод, позволяющий целенаправленно подбирать наиболее подходящие к каждому конкретному случаю упоминавшиеся выше "первые постулаты" из числа уже открытых и даже конструировать их, на основе некоторых исходных предположек, логически связанных с прогнозируемым результатом.

Фактически это означает, что кибернетический метод позволяет временно элиминировать процесс познания и погрузить его в некоторый формализм весьма общего вида, с тем чтобы направленно корректировать как структуру абстрактных образов, так и схему логических функций, превращающих соматические образы в понятийные. В преломлении к конкретным наукам этот метод называют методом кибернетического моделирования. Он состоит в том, что любой физический процесс, объект, явление заменяется логически связанной совокупностью информационных взаимодействий. Имитируя развитие таких взаимодействий, удастся строить суждения о физических аспектах поведения объектов реального мира.

Второе важное достижение кибернетики, имеющее принципиальное значение для развития современной научной методологии, — создание кибернетических машин, которые могут имитировать процесс познания в рамках

предложенной выше схемы. Для иллюстрации этого утверждения будем считать некоторую центральную программу кибернетической машины эквивалентом абстрактного образа познающего субъекта. На основе этой центральной программы кибернетическая машина может организовать свою поведенческую функцию, результатом которой может быть либо простой запрос на единицу работы, либо сложная последовательно-параллельная совокупность физических и информационных воздействий на внешний по отношению к машине мир. Одновременно центральная программа организует анализ ответной реакции внешнего мира. Показания датчиков, характеризующие эту ответную реакцию, можно рассматривать как эквивалент соматического образа в антропоморфной познающей системе. Затем следует превращение пространственно-временной совокупности показаний датчиков в пространственно-временную совокупность состояний памяти кибернетической машины. Новая совокупность состояний эквивалентна, в некотором смысле, понятийному образу. При этом отображение пространства состояний датчиков на пространство состояний памяти является изоморфным в информационном смысле и лишь гомоморфным в чисто пространственно-временном смысле. Конкретная структура отображения определяется центральной программой. И, наконец, можно представить себе, что результат алгоритмических преобразований пространства состояний памяти сравнивается с некоторым эталоном, а результат этого сравнения используется далее для формирования новых поведенческих и логических функций (актов) центральной программы. Роль своеобразной картины мира здесь можно отнести так называемому прикладному или проблемному программному обеспечению машины.

Изложенные выше соображения о соотношении кибернетической машины и антропоморфного познающего субъекта отражают лишь частные аспекты применения кибернетики как источника новых методологических принципов современной науки. Однако несмотря на предельную схематичность приведенных рассуждений, даже такой подход позволяет, на наш взгляд, достаточно детально и содержательно проанализировать некоторые конкретно-научные категории кибернетики, такие как форма информации, схема программы и т.п.

С другой стороны, возможность имитации в рамках кибернетического метода общих характеристик процесса познания иллюстрирует утверждения В.М.Глушкова и других ученых о междисциплинарном статусе кибернетики. А это позволяет нам утверждать, что именно кибернетическая интерпретация реального мира является основой построения современной картины мира вообще. Следовательно, если говорить о соотношении методологии конкретных наук с современной картиной мира, можно полагать, что проблемным камнем соответствия конкретно-научной методологии картине мира является сегодня степень "кибернетизированности" соответствующей методологии.

Очевидно, что кибернетика, так же, как в свое время математика, не мо-

жет претендовать на роль абсолюта в современной научной методологии. Развитие конкретных естественных, технических, социальных наук определяется как более общими законами диалектики, так и собственной конкретно-научной практикой. Однако действительный прогресс в познании реального мира возможен лишь тогда, когда имеется возможность сопоставления различных конкретно-научных взглядов и построения некоторых метасуждений, которые являются в каком-то смысле общенаучными. Для того, чтобы эта общенаучность не приводила к разрыву теории и практики, общего и частного, необходима стройная и материалистичная система методов и средств построения метасуждений. И именно кибернетика отвечает на современном этапе научно-технического прогресса этим требованиям наилучшим образом, что и объясняет ее особую роль как в формировании современных общенаучных концепций, так и в формировании современной картины мира.

1. *Энгельс Ф. Анти-Дюринг* // К.Маркс и Ф.Энгельс. Соч. Изд. 2-е, т. 20. – С. 43.
2. *Ленин В.И. Философские тетради.* – Полн. собр. соч., т. 29. – 782 с.
3. *Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм.* – Полн. собр. соч., т. 18. – 526 с.
4. *Эйнштейн А. Физика, философия и научный прогресс* // Собр. науч. тр. – М. : Наука, 1967. – Т. 4. – С. 316–321.
5. *Аристотель. Метафизика.* – М. : Мысль, 1976. – Т. 1. – С. 63–368.
6. *Лобачевский Н.И. Новые начала геометрии с полной теорией параллельных.* – Полн. собр. соч. М., Л. : Гостехиздат, 1949. – Т. 2. – С. 147–454.
7. *Глушков В.М., Каныгин Ю.М. Что же такое современная НТР?* – Киев, 1980. – 68 с. (Препринт / АН УССР. Ин-т кибернетики; № 80–5).
8. *Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация.* – М. : Мир, 1966. – 272 с.

## ЧЕЛОВЕК И ЭВМ

УДК 007

А.Г.Ивахненко

### СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КАК ЭЛЕМЕНТ ИНФОРМАТИКИ

Одна из центральных задач информатики – внедрение и широкое использование в общественной практике систем искусственного интеллекта. Кибернетикой уже выработаны соответствующие подходы к созданию таких систем, но они относятся преимущественно к техническим и программным средствам реализации идей искусственного интеллекта, не до конца еще выяснена роль человека в формировании и функционировании систем искусственного интеллекта, но в значительной мере значение человеческого фактора становится ясным при рассмотрении проблем самоорганизации систем искусственного интеллекта, что и составляет предмет данной работы.

При определении понятия искусственного интеллекта, будем называть системой (или моделью) искусственного интеллекта ЭВМ, состоящую из элементов любой природы и способную находить оригинальные и эффективные ответы, часто неожиданные как для пользователя и конструктора ЭВМ, так и для составителей программ, по которым работает машина. Это не означает, что система искусственного интеллекта всегда "возражает" ее творцам, но она довольно часто генерирует ответы, в корне противоречащие их представлениям об объекте исследования. Ее решение может оказаться более целесообразным, чем у ее создателей: только в этом смысле можно представить себе искусственный интеллект как систему более "умную" чем человек.

При рассмотрении проблем создания систем искусственного интеллекта плодотворно используются идеи геделевской иерархии критериев в индуктивных методах моделирования, где все вопросы (кроме относящихся к самим критериям) решаются перебором по критериям первого уровня, а все вопросы, относящиеся к последним, – по критериям второго уровня и так далее, что полностью реализуется в замкнутой части систем (моделей) искусственного интеллекта [3–5].

Моделирование интеллекта предусматривает построение цепочки моделей потребность—мотив—цель—принятие решений. Кибернетики обычно строят модель только одного последнего элемента данной цепочки

(цель-принятие решений). При таком способе моделирования цель указывается человеком. При моделировании процесса целеполагания должен быть задан "мотив". Далее, в соответствии с геделевским подходом, для моделирования образования мотива должна быть указана "потребность". Моделирование образования потребности также нуждается в некотором условии. По-видимому, здесь должны моделироваться эволюция и процесс выживания индивидуума или даже общества. Во всяком случае, геделевский подход позволяет оценить работу, уже проделанную кибернетиками по созданию искусственного интеллекта, указывает дальнейшие направления развития работ.

Следует разрабатывать алгоритмы, подобные алгоритму объективного системного анализа (ОСА), а также реализующие выбор "ведущего" множества целей (из конечного множества возможных), выбор ведущего множества мотивов или потребностей (также из возможных дискретных множеств) по ансамблю внешних критериев. Модель интеллекта на интервале наблюдения непротиворечива, поэтому основным будет критерий непротиворечивости — один из основных критериев метода группового учета аргументов (МГУА) [18].

В данной работе, следуя практике кибернетического моделирования интеллекта, ограничимся рассмотрением применения индуктивного метода только для простейшего, низшего звена, дав ему название звена "вопрос — ответ" (что несколько шире названия "цель — принятие решения").

Будем придерживаться схемы "вопрос задачи — ответ", где роль ЭВМ сводится к соревнованию с экспертами-людьми. При этом указанная общность возможных интеллектуальных задач почти не сужается, так как при постановке вопроса (например: "О чем мне следует сейчас (в данной ситуации) задать Вам вопрос?") эксперт-ЭВМ, зная принятые критерии оценки ценности вопросов, должен при помощи перебора вариантов дать ответ и на такой вопрос о вопросах, т.е. будем полагать, что следует найти по некоторым критериям ответ среди очень большого, но все же не бесконечного множества ответов-претендентов, получаемого по всем правилам комбинаторики. Изобретать новые, не входящие в это множество ответы не нужно. Ясно, что эксперты должны располагать некоторой априорной (детальной или размытой) информацией об объекте обсуждения в виде короткой выборки данных наблюдений. Ответом может быть не только точка в пространстве возможных ответов, но и алгоритм получения такой точки (см. далее о "бое гипотез" или "модельном штурме" и других алгоритмах ответов). Число сравниваемых гипотез велико, но не бесконечно. Следует учитывать также, что ответы могут быть выражены на нескольких языках разной степени обобщения (или детализации). Таким образом, понятие "ответ" весьма емко, но все же дискретно.

Известные диалоговые системы "Пэрри", "Джин" [6,7] и последующие

подобные разработки, согласно данному выше определению, не могут быть названы системами искусственного интеллекта.

Новые системы, на которые не способны даже сами модельеры, диалоговые системы дать не могут, например, "Джин" не может быть "умнее" своих создателей, хотя демонстрирует искусство кибернетиков и психологов в создании роботов — точных исполнителей их воли. Подобные системы могут служить так называемой разомкнутой частью (рис. 1) некоторой комбинированной системы, отвечающей на все вопросы, которые не требуют оригинального решения. Новое, оригинальное знание, которое не может быть вложено в программу, будет генерировать замкнутая, индуктивная часть системы, реализующая принципы самоорганизации систем по индуктивному методу. Таким образом, использование только одной разомкнутой части системы не дает возможности построения искусственного интеллекта. Правильное направление — комбинированная разомкнуто-замкнутая система,

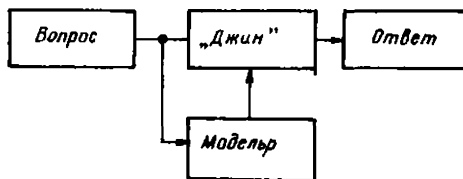


Рис. 1. Разомкнутый характер структуры диалоговой системы "Джин".

включающая в себя все известные подходы к построению модели интеллекта.

Новое знание, отличное от знаний создателей системы, ЭВМ может найти только при помощи индуктивных методов, простейшим из которых является самоорганизация модели, генерирующей ответы при помощи перебора множества ответов-претендентов по внешним критериям, априори указанным исследователем, т.е. человек вовсе не устраняется полностью из системы, а только указывает некоторые характеристики ответа — критерии (точность, непротиворечивость, баланс и др.) по которым машина находит часто совсем неожиданный ответ. Диалог человек-машина идет не на языке конкретных указаний ЭВМ, а на обобщенном языке общепринятых (и потому недискуссионных) критериев (рис. 2).

Вместо указаний, сообщаемых человеком ЭВМ, для создания системного интеллекта нужно двигаться в обратном направлении — в сторону все более общего мета-языка общения человека и ЭВМ, который является одной из основ самоорганизации моделей. Огромные возможности перебора вариантов ответа — основное преимущество ЭВМ в открытии новых знаний. ЭВМ "вылавливает" все возможные (на данном опытном материале) ответы, удовлетворяющие заданным человеком критериям, и если ответов несколько, то возникает задача доопределения ответа, которая решается при помощи критериев второго уровня (что соответствует геделевской иерархии критериев) или непосредственно экспертами.

Итак, при самоорганизации доступ человека к ЭВМ ограничен. Модельер может только изменять критерии отбора и участвовать в доопределении

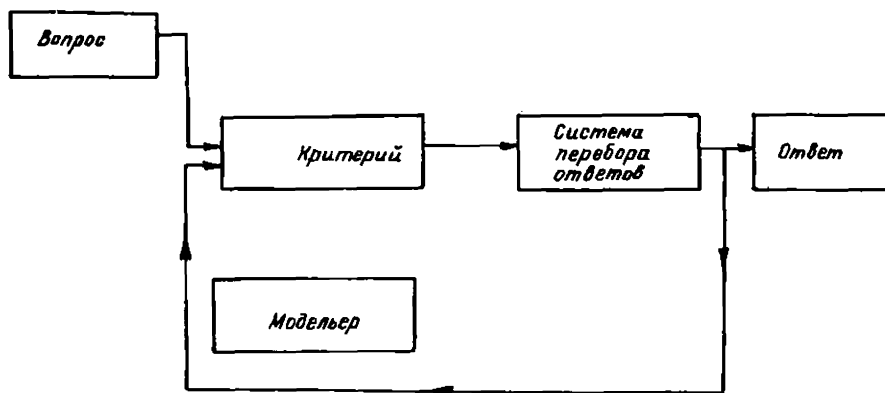


Рис. 2. Замкнутая часть системы самоорганизации ответа по внешнему критерию.

ответа среди небольшого числа вариантов, уже выданных ЭВМ, поэтому индуктивные методы называют объективными [16].

Открытие нового звания — главная черта творческой деятельности интеллекта в условиях решения различных жизненных задач. Н.М.Амосов считает, что алгоритм творчества в самом общем виде представляет собой развертывание обобщенных моделей в детальные [12], а О.К.Тихомиров — что творческая деятельность включает в себя неалгоритмические и алгоритмические уровни, причем переход (развертывание — по Н.М.Амосову) происходит не только по заранее выработанным правилам [6]. Если принять, что различие в основном заключается в применяемой терминологии и что термин "обобщенная модель" соответствует "неалгоритмическому уровню", а "детальная модель" эквивалентна "алгоритмическому уровню", то подход психологов отличается от подхода кибернетиков главным образом в различном объяснении процесса "развертывания" моделей или уровней обобщения, который у кибернетиков и у психологов тоже все еще остается неясным.

По поводу применяемой терминологии заметим, что наиболее удачными, по нашему мнению, являются языковые термины ("уровень общности или детализации языка", "размытый" язык, "конкретный язык детального уровня" и т.д.). Пользуясь "языковой" терминологией, можно представить следующую иерархию уровней степени общности языков моделирования интеллекта: первый (верхний) уровень — несловесное представление вариантов ответа (чувства, эмоции, ответ — где-то в области "хорошего", ответ — в области "плохого" и т.п.); второй уровень: общее словесное описание (модель) объекта на размытом языке (выход модели — размытый ответ); третий уровень: более конкретная и детальная, но еще словесная модель; четвертый уровень: математическая вероятностная модель или описание объек-

языке размытых множеств Заде; пятый уровень: детерминированная математическая модель без усреднения переменных; шестой (нижний) уровень: графическое (зрительное) представление (выход на дисплей).

Особый интерес представляет возможность воссоздания в техническом устройстве (машине) процесса "развертывания" моделей верхних уровней обобщения в более детальные модели нижних уровней. Именно отношение к "развертыванию" отличает позиции сторон в дискуссии кибернетиков и психологов о возможности построения системы искусственного интеллекта. Хотя и те, и другие признают существование такого процесса, но психологи отрицают его алгоритмический характер. По нашему мнению, его можно реализовать при помощи многоуровневого перебора по критериям баланса (согласия) моделей с включением (в некоторых местах) генераторов случайного выбора (мутаций). Алгоритм перебора по внешним критериям и называется самоорганизацией, а то, что не поддается формализации на детальном языке, может быть формализовано на более размытом языке. Если критерии противоречат друг другу, то требуется задать внешний критерий второго уровня, согласно геделевской иерархии критериев.

Реализация в программе одного уровня не снимает необходимости реализации всех остальных уровней. "Развертывание" означает одновременное моделирование на всех указанных уровнях с выбором согласованного множества ответов, по одному на каждом уровне размытости языка. Глубина проникновения в сущность вопроса (измеряемая величиной заблаговременности прогнозов) тем больше, чем более размытым является язык. Скорее можно безошибочно сказать, что "это что-то хорошее", чем не ошибиться в выяснении конкретных деталей этого "хорошо". Аналогично в процессе прогнозирования время упреждения прогноза тем больше, чем более размытым является язык описания объекта исследования. Выбирая пару прогнозов (детального и размытого), ЭВМ повышает заблаговременность детального прогноза во время упреждения более размытого прогноза [5].

При согласовании уровней языков различной степени детализации, при помощи перебора пар (самоорганизации), возникает, как уже указывалось, проблема многозначности выбора. Одной и той же модели на языке верхнего уровня может отвечать бесконечное множество моделей на языке следующего более детального уровня. Для устранения многозначности развертывания нужно, чтобы модели нижнего уровня, подаваемые на перебор вариантов, уже были бы предварительно отобраны по своим собственным внешним критериям подобно тому, как это делается в алгоритмах долгосрочного прогноза, что и соответствует регуляризации [8].

Одновременное участие в процессе творчества нового знания правого ("размытого") и левого ("детального") полушарий мозга, по-видимому, соответствует принципу "одновременного моделирования на различных языках, отличающихся по уровню детализации", применяемому в машинных



программах для долгосрочного прогноза. Если это так, то процесс "развертывания" моделей при отражении творчества человека хотя и сложен, но все же поддается кибернетической алгоритмизации и программированию.

1. *Ивахненко А.Г., Костенко Ю.В.* О возможном и невозможном при моделировании интеллекта // Автоматика. – 1978, – № 6. – С. 75–82.
2. *Тьюринг А.* Может ли машина мыслить? – М.: Б.И. 1960. – 112 с.
3. *Нагель Э., Ньюмен Д.* Теорема Геделя. – М.: Знание, 1970. – 60 с.
4. *Успенский В.А.* Теорема Геделя о неполноте. – М.: Наука, 1982. – 111 с.
5. *Ивахненко А.Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев : Наук. думка, 1982. – 295 с.
6. *Тихомиров О.К.* Психология мышления. – М., МГУ, 1984. – 260 с.
7. *Диалог с ЭВМ: психологические аспекты: Бабаева Ю.Д., Войскунский А.Е., Тихомиров О.К. и др. // Вопр. психологии. – 1983. – № 2 – С. 25–34.*
8. *Тихонов А.Н., Аресенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1974. – 224 с.
9. *Ивахненко А.Г.* Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике. – Киев : Техника, 1971. – 250 с.
10. *Перцептрон – система распознавания образов / Под ред. Ивахненко А.Г.* – Киев Наук. думка, 1975. – 430 с.
11. *Налимов В.В.* Язык вероятностных представлений // Автоматика. – 1979. – № 1, С. 272.
12. *Амосов Н.М.* Алгоритмы разума. – Киев : Наук. думка, 1979. – 300 с.
13. *Амосов Н.М.* Природа человека. – Киев : Наук. думка, 1983. – 220 с.
14. *Познянский А.Ю.* Метод множественной корреляции для свертки нескольких противоречивых критериев выбора оптимального решения // Автоматика. – 1982. – № 2. – С. 82–90.
15. *Брусиловский П.М., Розенберг Г.С.* Алгоритмы МГУА – составная часть математического обеспечения самоорганизующего моделирования // Автоматика. – 1981. – № 4. – С. 91–100.
16. *Ивахненко А.Г.* Обобщение языка диалога как средство уменьшения степени участия человека в решении задач // Автоматика. – 1983. – № 5. – С. 3–15.
17. *Ивахненко А.Г., Зайченко Ю.П., Димитров В.Д.* Принятие решений на основе самоорганизации. – М.: Сов. радио, 1976. – 273 с.
18. *Ивахненко А.Г., Мюллер И.А.* Самоорганизация прогнозирующих моделей. – Киев: Техніка, 1985. – 300 с.

УДК 681.3

**В.И.Гриценко, Б.Н.Паньшин**

## **О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ПОСТРОЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

В развитии информационной технологии (как и в ряде других областей общественной практики) наблюдается период кардинальных изменений, связанных главным образом со сменой технологической базы автоматизированных систем обработки данных – переходом от создания отдельных вычислительных центров к внедрению локальных и распределенных сетей ЭВМ, со-

стоящих из больших мини-, микро-ЭВМ и средств микропроцессорной техники. Такие системы в совокупности должны обеспечить комплексную автоматизацию производства, создание маневренных (гибких) технологических систем, мобильно перестраиваемых на выпуск различной продукции и в большей степени удовлетворяющих сложным требованиям организации взаимосвязей в системе "человек-машина". Как следствие, принципиальные изменения в характере производства приводят к значительным социальным эффектам, наиболее заметные из которых вызваны широким применением роботов и персональных ЭВМ [1,2].

Эти процессы актуализируют решение целого ряда сложных задач, касающихся вопросов методологии проектирования и внедрения ("встраивания") в социальную среду новых информационных технологий (НИТ), прогнозирования развития вычислительных систем, уточнения и разработки системы научных понятий в этой области, оценки потенциальных возможностей новой информационно-вычислительной техники и т.д.

Различным аспектам проблемы развития информационных технологий посвящен ряд работ [1-11]. Вопросы, касающиеся становления новой научной дисциплины — информатики (задачи, роль и предмет исследования), рассмотрены в работе [3]. Однако в силу принципиальной новизны данной проблематики, ее нетрадиционности и бурного развития постоянно ощущается практическая необходимость в уточнении основных моментов теории и практики информационных технологий, во все более углубленном рассмотрении ее различных сторон.

В настоящей работе рассмотрены вопросы проблемы методологического анализа развития информационной технологии, дифференциации функций элементов вычислительных систем, подходы к поиску исторических аналогов современных информационных систем в сфере организационного управления. Предлагается некоторая обобщенная модель анализа процессов развития информационной технологии.

Понятие новой информационной технологии (НИТ) еще не сложилось. По мнению многих специалистов, оно должно включать в себя, помимо новых средств информационно-вычислительной техники, оргтехники и средств связи, также и весь комплекс новых явлений и видов деятельности, возникающих в процессах производства, распределения и использования информации.

Данное определение не является полным и возможно предположить наличие еще ряда дополнительных свойств. По нашему мнению, представляется целесообразным использовать в качестве базы для развития понятия НИТ сформулированные Б.Е.Патоном основные принципы новой технологии: создание принципиально новых видов высококачественной продукции, оптимальное объединение различных технологических процессов, минимум вложенных в производство средств [4].

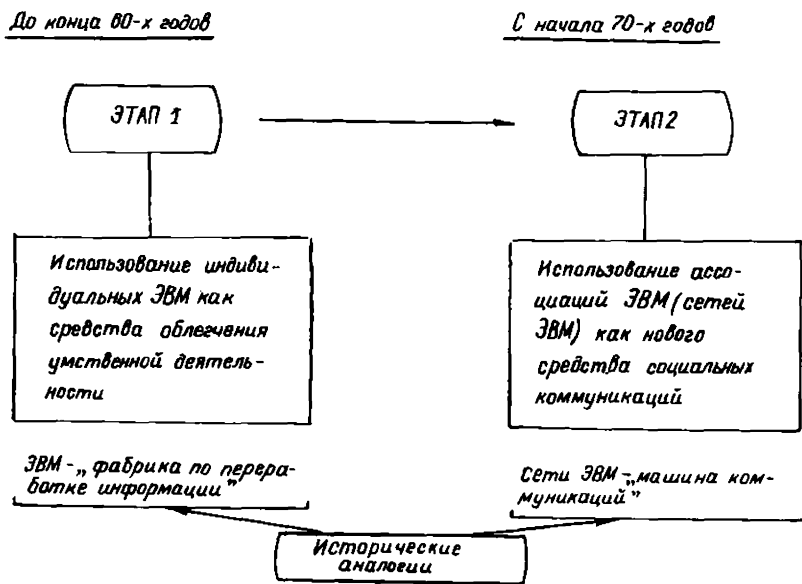


Рис. 1. Два этапа в применении ЭВМ и использовании аналогии информационного производства.

В соответствии с этими принципами понятие НИТ можно трактовать как совокупность внедряемых ("встраиваемых") в системы организационного управления принципиально новых средств и методов обработки данных, представляющих собой целостные технологические системы (т.е. охватывающие основные и вспомогательные процессы) и обеспечивающих целенаправленное создание, распределение и использование информационного продукта (данных, идей, знаний) с наименьшими затратами и в соответствии с закономерностями той социальной среды, где развивается новая информационная технология.

Данное определение также не претендует на полноту, однако оно в большей степени характеризует НИТ как динамическую развивающуюся в соответствии с законами социальной среды систему. Дальнейшее изложение посвящено более подробному рассмотрению и объяснению этих новых свойств информационных технологий.

Из приведенного определения видно, что новая информационная технология характеризуется многими признаками, однако задача состоит в том, чтобы из огромного количества этих признаков и частных эмпирических методик (узко обуславливающих отдельные стороны развития новой технологии) выделить наиболее общие приемы и принципы создания и совершен-

ствования определенных технологических информационных моделей (как реакции на конкретные общественные потребности) и создать предпосылки для построения развернутой теории развития этих моделей. Решение этой сложной задачи возможно только путем методологического анализа диалектики развития информационной технологии. Одним из приемов такого анализа является использование метода исторических аналогий.

О подходах к поиску исторических аналогий развития вычислительной техники. За исторически короткий промежуток времени существования ЭВМ можно выделить два этапа развития информационной технологии, характеризующихся принципиальными отличиями в применении ЭВМ (рис. 1): 1) индивидуального использования ЭВМ (до конца 60-х годов), в ходе которого вычислительные машины рассматривались в "классическом" представлении ЭВМ как средства облегчения умственной деятельности человека (в отличие от машины для облегчения физического труда); 2) использования ассоциаций ЭВМ (с начала 70-х годов), когда в результате синтеза вычислительной техники и средств связи возникли сети ЭВМ как системы с качественно новыми свойствами, главным из которых следует считать превращение такой вычислительной системы в "машину коммуникаций" (а не просто вычислительную машину). Необходимость создания сетей обусловлена не только экономическими потребностями общества, но и всей логикой исторического развития ЭВМ, которая такова, что память ЭВМ станет в перспективе основным хранилищем информационного богатства, накопленного человечеством. В этой связи уподобление ЭВМ только "фабрикам по переработке информации" (которые перерабатывают сырье-данные и выдают продукт-информацию) является достаточно грубым приближением и уже не может служить моделью для анализа и оценки развития информационной техники на ее современном этапе и в ближайшей перспективе.

Для составления более полной модели развития новой информационной технологии необходимо комплексное, междисциплинарное рассмотрение этой проблемы, т.е. учет всех значимых факторов развития информационной техники и прежде всего социальных факторов. Отечественный и зарубежный опыт [5] свидетельствуют, что трансформация ценностных ориентиров в развитии ЭВМ происходит именно в сторону представления ЭВМ как средства общения (например, между руководителем и объектом управления); между руководителями и специалистами, участвующими в выработке решения; между руководителями и социальной средой, в которой действует данная организация), а сам процесс компьютеризации связывается уже, как правило, с достижением таких показателей, как качество, надежность, полнота и своевременность информационного обеспечения лиц, принимающих решения. Поэтому можно полагать, что суть процесса компьютеризации состоит в модернизации (перестройке) с помощью вычислительной техники управленческих информационных систем (УИС), представляющих собой совокуп-

ность информационных отношений, возникающих в ходе осуществления управленческой деятельности. И далее, в [5], справедливо отмечается, что анализ применения различных УИС в реальных технологиях управления показывает, что все достаточно сложные управленческие решения не есть процесс рационального выбора альтернатив, а являются результатом организационного диалога (т.е. многочисленных встреч, обменов мнениями, переговоров, выяснения позиций и т.д.), в ходе которого приемлемое решение представляется как некоторый консенсус, выработанный в ходе достаточно сложного коммуникационного процесса. Вычислительная машина (уже как технологическая машина коммуникаций) служит средством осуществления этого процесса.

Все это говорит о том, что поиск исторических аналогий в развитии информационной технологии следует искать среди созданных обществом и постоянно развиваемых коммуникационных систем (например, развитие дорожных сетей, систем связи), а также в развитии таких крупных коммуникационных агломераций, какими являются современные города. Последнее представляет особенный интерес, так как крупный город (градоостроительная система) является, по мнению специалистов [6], [7], своеобразной "машиной коммуникаций", суть которой состоит в обеспечении максимума полезных контактов и наибольшего разнообразия видов человеческой деятельности и потребления при минимуме возможных затрат на осуществление коммуникаций (отсюда и объективная тенденция концентрации человеческой деятельности).

Во всяком исследовании (в том числе и методологическом) анализ конкретного эмпирического материала возможен только тогда, когда заданы исходные абстракции – идеальные объекты, с помощью которых и осуществляется дальнейшее конкретное теоретическое исследование [8]. Этот процесс заключается, как правило, в использовании (в качестве исходной) теоретической модели из какой-либо более разработанной области с соответствующей корректировкой этой модели на новый класс явлений. После выбора исходной (онтологической) модели (схемы) происходит процесс ее длительной адаптации путем подведения под нее и обобщения определенного эмпирического материала. На последующих этапах осуществляется модификация исходной теоретической модели, которая заключается в разделении модели на два слоя: "поточной" схемы, описывающей естественные процессы в объекте исследования; структурной схемы, отображающей конструктивные элементы, объекты и их технологические связи. На заключительном этапе разрабатывается обобщенная схема описания новых явлений, которая устанавливает соответствие ее отдельных слоев, способы их инженерного расчета, обуславливает создание частных теоретических схем. В конечном итоге создается новый раздел научного знания.

О модели развития градостроительных систем. Развитие градостроительной системы (как и любых других, созданных человеком материальных систем) направлено на повышение эффективности общественной деятельности. Тем не менее зачастую трудно дать количественную оценку эффективности той или иной системы, а значит и сформулировать ценностные ориентиры их развития. В предложенной модели градостроительной системы [6, 7] наиболее ценным является то, что с ее помощью можно исследовать структурную и функциональную организацию градостроительной системы, используя для количественного определения структурно-функционального потенциала каждой точки городской территории две характеристики — плотность (застройки) и транспортную доступность.

Анализ градостроительной системы с помощью этих двух характеристик показывает, что в ее структуре ярко выделяются наиболее устойчивая часть ("каркас"), где концентрируются основные процессы жизнедеятельности, и "ткань" (периферия), структурно подчиненная каркасу. "Каркас" (центр) включает в себя главные магистрали и транспортные узлы и характеризуется наиболее высокими значениями структурно-функционального потенциала. "Ткань" же является основным материальным субстратом градостроительной системы и имеет во всех точках сравнительно невысокие значения потенциала. Каждый из компонентов системы (и "каркас", и "ткань") выполняет свою специальную роль. Для полноценной работы города как "машины коммуникаций" необходимо систематическое и ритмичное функционирование "ткани". В то же время главным рабочим органом, обеспечивающим эффективную работу градостроительной системы, является каркас, так как именно он определяет уровень "коммуникативной мощности" города, а степень развитости каркаса определяет размер всей системы. Чем меньше мощность "каркаса", тем меньше затраты на городское строительство, но тем больше затруднены связи в системе, а следовательно, выше социальные издержки. Отсюда и объективный предел допустимых затрат на систему можно определить как соотношение "каркаса" и "ткани", минимально необходимое для поддержания городской жизни на достигнутом уровне.

Таким образом, выравнивание "разности потенциалов" между центром и периферией снижает "напряжение" в цепи тока городской жизни и приводит к распаду системы. Вследствие этого рост "ткани" всегда должен компенсироваться соответствующим развитием "каркаса". Как только достигается порог допустимого соотношения "каркаса" и "ткани", появляются сбои — центр не выдерживает транспортных и людских нагрузок, нарушается взаимодействие отдельных функциональных систем. В городе, как живой системе, в этом случае происходит нечто вроде саморегуляции — происходит реорганизация системы (т.е. рост "ткани" прекращается и наступает период наращивания мощи "каркаса"). "Каркас" по мере роста расширяет сферу

своего влияния на новые территории, элементы его дифференцируются по характеру своих функций, внутри каркаса возникают новые центры (т.е. возникают новые системы). При этом особую роль приобретают узлы взаимодействия, обеспечивающие согласованную работу сетей коммуникаций и центров различного ранга в рамках единого каркаса. Эти узлы взаимодействия становятся опорными пунктами дальнейшего развития системы. Таким образом, развитие градостроительной системы осуществляется в цикле, колебания которого подчиняются действию объективных закономерностей. Анализ эмпирических данных показывает, что такой же циклический закон характерен и для процессов развития информационной техники и технологии. Конечно, аналогия города с современной вычислительной системой весьма условна и буквальный перенос принципов развития города на развитие систем обработки данных неправилен. Однако некоторые принципы устройства городов и попытки построения моделей их развития могут быть рассмотрены, по нашему мнению, и с позиций развития информационной технологии. Важно только, чтобы соблюдалась строгость учета границ применимости эмпирических обоснований принятой модельной гипотезы при анализе противоречий в развитии информационно-вычислительных систем.

Трансляция модели градостроительной системы в модель информационной технологии. Несмотря на кажущуюся простоту и элементарность, рассмотренная модель позволяет (применительно к информационной технологии) не только полнее представить себе внутреннюю взаимосвязь между развитием центральных и периферийных объектов вычислительных систем, но и делает возможным создание теоретической основы для анализа и количественного описания процессов развития современной и перспективной информационной технологии.

Начнем с вопроса о том, что модель любой сложной вычислительной системы (ВС) можно представить состоящей из двух компонент: центра обработки данных – ЦОД (центрального комплекса с набором базовых общесистемных средств) и периферии, т.е. всего комплекса вспомогательных и сервисных средств, с помощью которых осуществляется доступ конечного пользователя к информационно-вычислительным ресурсам ЦОД. Такая модель "центр – периферия" почти полностью аналогична модели "каркас – ткань" градостроительной системы. Здесь ЦОД (как и центр города) обеспечивает выполнение главных информационно-вычислительных процессов, а степень развития ЦОД определяет коммуникационную мощность всей ВС. Развитость периферии определяет возможную интенсивность и объем взаимосвязей конечных пользователей с ЦОД, а через него – с другими функциональными системами.

В то же время, учитывая, что надежной опорой в методологическом исследовании любого теоретического знания являются факты, для подтверждения правомерности модели "центр – периферия" имеет смысл про-

вести краткий историко-логический анализ развития ВС путем сопоставления методологических концепций и выводов с действительным процессом исторического развития ВС и информационной технологии в целом. Речь идет о том, чтобы преобразовать за счет выбранной модельной гипотезы эмпирические познания, накопленные в результате обобщения данных о преобразовании структуры ВС как эволюционном развитии технологических моделей обработки данных. При этом важно не абсолютизировать критерий практики и учитывать также, что ЭВМ (ВС) реализует свое назначение, свои вычислительные и коммуникационные функции только лишь в системе "человек — машина", а не машина как таковая.

Рассматривая любой этап развития информационной технологии, легко заметить, что переход к созданию новых, более совершенных, технологических моделей обработки данных происходит как результат разрешения противоречия между мощностью центра и разрастающейся периферией (основного средства в технологии доступа пользователя к ресурсам ЦОД). Развитие периферии определяется (помимо внутренней логики развития технологических средств) и "подталкивается" социально-экономическими противоречиями между ВС, с одной стороны, и "окружающей средой" (пользователями, объектами автоматизации) — с другой. Разрешение этих противоречий происходит с целью максимальной экономии человеческих ресурсов и снижения стоимости выполнения с помощью ВС общественно необходимых функций по обработке информации. При этом постоянно происходит сдвиг ценностных ориентиров в направлении совершенствования и применения ВС. Если для первого этапа эволюции информационной технологии (50–60-е годы) основной задачей организации вычислительного процесса являлась экономия оперативной памяти и времени центрального процессора (что, в свою очередь, накладывало отпечаток на развитие операционных систем и базовых общесистемных программных средств), то для второго этапа (середина 70-х — 80-е годы) критерии функционирования вычислительной техники уже коренным образом изменились. Относительный вес машинного времени (процессорного времени) в общих расходах на обработку данных резко снизился, но зато возросли расходы на разработку и сопровождение программ (классическим примером этого является изменение соотношения затрат на аппаратуру и программное обеспечение). Общее направление смены критериев на втором этапе развития информационной технологии можно было определить как переход от технологии эффективного исполнения программ к технологии эффективного программирования и применения программ. Этому переходу соответствовало развитие интерактивных диалоговых терминальных систем с централизованной обработкой данных (терминальных комплексов). Социальная причина появления этих систем — стремление упростить технологию доступа конечных пользователей к ресурсам ЭВМ (ЦОД).



В то же время развитие терминальных комплексов и диалоговых систем общения с ЭВМ, существенно облегчающих обучение пользователя программированию и ускоряющих процесс отладки программ, привело к быстрому увеличению числа пользователей и экспоненциальному росту количества решаемых в ЦОД задач [9], что предъявило дополнительные жесткие требования к пропускной способности (производительности) ЦОД. Кроме того, изменилась и структура потока задач (аналогично изменению структуры материальных и людских потоков в градостроительной системе), прежде всего, за счет увеличения доли задач, требующих малого машинного времени. Естественно, что преобладание такого типа задач резко снизило эффективность использования высокопроизводительных ЭВМ, архитектура которых построена на принципах, соответствующих первому этапу эволюции информационной технологии (т.е. мощные процессор и оперативная память, но малое количество каналов ввода — вывода данных — обычно менее 10).

Таким образом, к началу 70-х годов создавалась ситуация, когда общественная потребность в дальнейшем развитии терминальных комплексов с централизованной обработкой данных стала ограничиваться и числом каналов ввода-вывода ЭВМ (транспортных узлов) и пропускной способностью ЦОД (т.е. скоростью доступа к информационно-вычислительным ресурсам). Эта ситуация усугубилась и медленным снижением стоимости передачи данных (по оценкам зарубежных специалистов, стоимость обработки данных снижается в десять раз быстрее, чем тарифы на пользование каналами связи).

Все это вместе взятое потребовало реорганизации системы "центр-периферия" и перехода к другой архитектуре центра ("каркаса"), т.е. к другой технологической модели обработки данных. Как и в градостроительной системе, сущность этого перехода состоит, с одной стороны, в образовании в ЦОД новых транспортно-коммуникационных узлов (коммуникационных процессоров, например, отечественный ПТД — процессор телеобработки данных — позволяет подключать к нему до 300 и более пользовательских терминалов); с другой — в локализации процессов обработки данных путем использования мини- и микро-ЭВМ (персональных ЭВМ), объединяемых между собой в рамках одного предприятия локальной (местной) сетью связи, протяженностью до нескольких километров и для которой используются специальные средства (коаксиальные кабели, световоды).

Следовательно, налицо определенная цикличность развития информационной технологии, поэтому, очевидно, стратегия развития вычислительной техники должна строиться с учетом этой закономерности. И здесь универсальная модель типа "центр-периферия" создает предпосылки для нетрадиционного подхода в анализе процессов развития вычислительной техники и программного обеспечения. Более того, такая модель (при необходимости она может рассматриваться в виде "центр-программы — периферия") служит средством наглядной иллюстрации взаимосвязей и направлений совер-

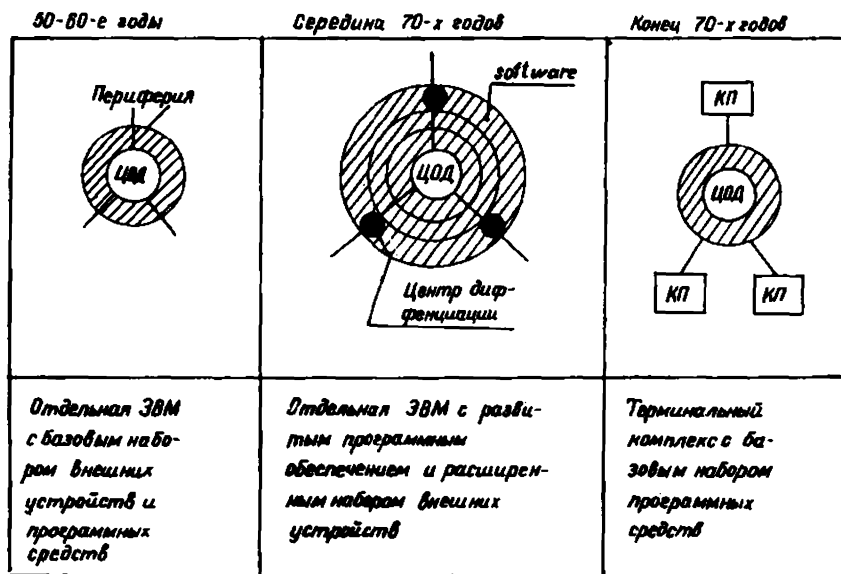
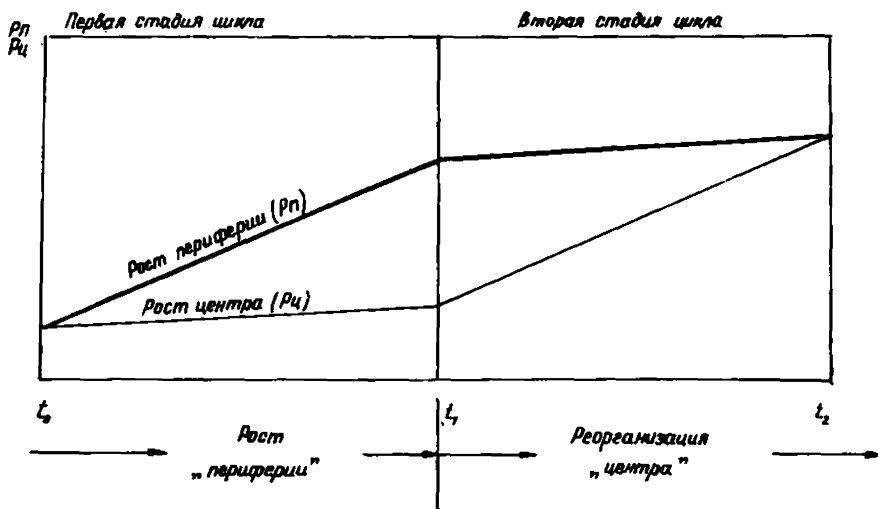


Рис. 2. Диаграмма колебательного цикла развития информационной технологии (на примере коммуникационных узлов).

шенствования компонентов вычислительных систем, которые должны учитываться при решении реальных проблем развития информационной технологии. Особое место здесь принадлежит проблеме оценки роста определенной компоненты (ЦОД, периферии) на различных этапах эволюции информационной технологии. Это позволит определять будущие потребности в тех или иных средствах информационно-вычислительной техники, т.е. прогнозировать структурные изменения в информационной технологии в соответствии с закономерностями ее внутреннего развития и требованиями общественной практики.

В основу прогнозных оценок должна быть положена, очевидно, концепция о цикличности развития информационной технологии, когда цикл, согласно модели "центр-периферия", определяется в две стадии: на первой стадии цикла — количественный рост периферии и развитие центра за счет внутренних резервов (практически это осуществляется в основном за счет создания все более "изошренного" программного обеспечения ЦОД); на второй — структурная реорганизация системы (ввод новых транспортно-коммуникационных узлов, разгрузка ЦОД путем подключения коммуникационных процессоров, спецпроцессоров и т.д.), более активное, чем "периферия", развитие "центра" в пространстве (появляются технологические узлы местной обработки данных, соединенные высокоскоростными линиями связи), временно стабилизируется дальнейший рост каркаса системы (технических средств), так как требуется некоторое время на создание алгоритмов и программных средств для эффективной эксплуатации новой технологической модели. Диаграмма колебательного цикла развития информационной технологии (применительно к развитию коммуникационных узлов) приведена на рис. 2.

Из приведенной диаграммы колебательного цикла развития вычислительных систем (как основного элемента информационной технологии) следует, что на стадии роста ВС за счет периферии в ЦОД идет процесс максимального использования аппаратуры (hardware), т.е. твердой части технологической системы, а за счет всестороннего развития программного обеспечения (software) — мягкой части технологической системы, которое как бы "заполняет" все пространство (hardware), постоянно видоизменяясь и уплотняясь. На этом этапе развития ВС дополнительно к развитию программных средств создаются и функционально ориентированные программно-аппаратные модули (матричные процессоры, процессоры каналов ввода-вывода, устройства сопряжения с линиями связи и др.), т.е. в структуре технологической модели, соответствующей отдельной ЭВМ, постепенно "вызревают" предпосылки для последующей структурной реорганизации, вследствие которой разрешаются противоречия между возрастающим потоком задач и пропускной способностью ЦОД.

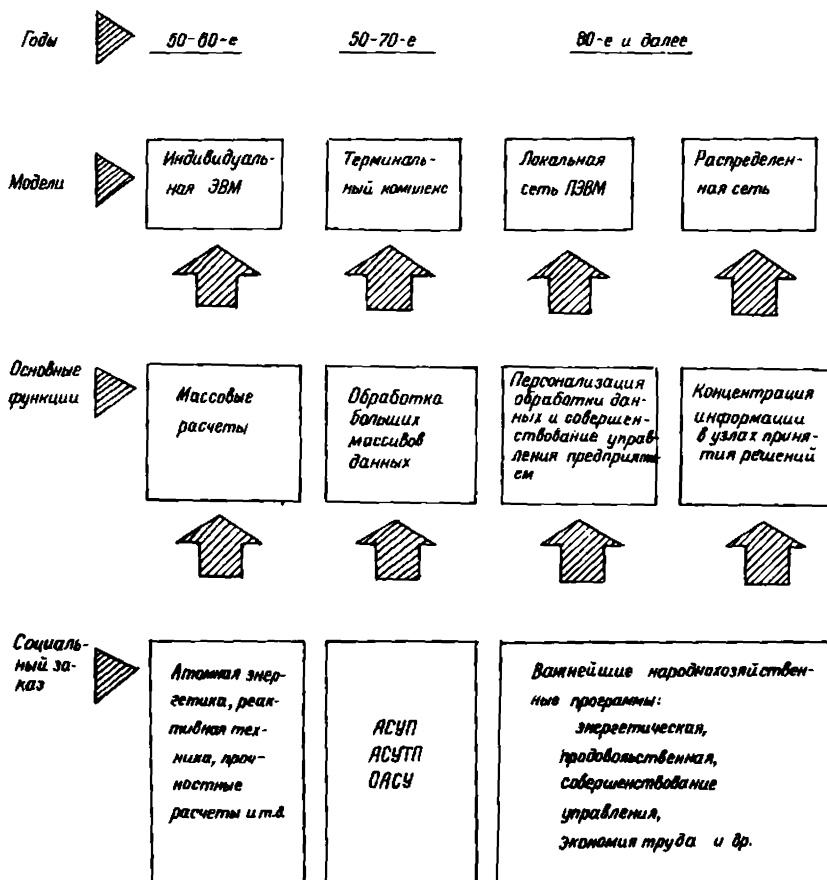


Рис. 3. Порядок смены технологических моделей в зависимости от смены социальных заказов на обработку данных.

Технологические модели, узлы их взаимодействия и дифференциация функциональных элементов. Развитие информационной технологии можно трактовать как постоянный процесс "вызревания" и разрешения социально-технических и технических противоречий. В этом процессе определенные, достаточно длительные этапы заканчиваются созданием новых структурно-функциональных образований — технологических моделей обработки данных (отдельная ЭВМ, терминальный комплекс, локальная сеть ЭВМ, распределенная сеть и др.). Каждая технологическая модель (ТМ) является не толь-

ко выражением определенного технологического процесса обработки данных, но и определяет (вместе с соответствующим программным и организационным обеспечением) достигнутый уровень "коммуникативной мощности" в развитии информационной технологии и в соответствии с социальным заказом на обработку данных (рис. 3).

Вместе с тем в соответствии с диалектическим принципом единства устойчивости и изменчивости происходит не простое отрицание (замещение) ранних ТМ новыми, а их сложное переплетение в рамках развивающейся структуры информационной технологии с одновременной дифференциацией элементов этой структуры по характеру реализуемых функций. Каждая ТМ реализует локальный технологический процесс, являясь в то же время составной частью более общей структуры, где реализуются глобальные процессы. Так, технологическая модель, соответствующая локальной сети ЭВМ, представляет собой совокупность нескольких терминальных комплексов и отдельных ЭВМ, в каждой (каждом) из которых реализуется некоторый локальный технологический процесс, подчиненный общей цели, которая была определена при создании локальной сети. При этом особую роль в развитии информационной технологии (ее отдельных моделей) играют, как это показано в предыдущих примерах, узлы взаимодействия отдельных технологических моделей (например, коммуникационные процессоры в локальной или распределенной сети). Важная функция этих узлов заключается в обеспечении согласованной работы сети коммуникаций и ЦОД различных рангов в рамках единой (глобальной) технологической модели (например, взаимодействие нескольких локальных сетей в составе распределенной сети).

Узлы взаимодействия технологических моделей (в ВС этими узлами могут быть и коммуникационные процессоры, и отдельные ЦОД) являются как бы "точками роста" центра ТМ, т.е. по мере развития конкретной ТМ они постепенно становятся опорными пунктами ее дальнейшего развития. Рассматривая модель "центр-периферия", можно заметить, что узлы взаимодействия ТМ, постоянно развиваясь, приводят в конечном итоге к "раздвоению" (делению) элемента ТМ, реализующего коммуникационные функции. В результате этого деления одна часть элемента ТМ начинает играть все более активную роль во внутреннем (локальном) технологическом процессе, а другая – в обеспечении согласованного взаимодействия с внешним (глобальным) технологическим процессом (т.е. осуществлять взаимодействие с более общей ТМ). Такое раздвоение функций элементов ТМ (прежде всего, это элементы относящиеся к "центру") углубляется в каждом колебательном цикле развития информационной технологии, следствием чего является все более усиливающаяся дифференциация функций, выполняемых отдельными элементами информационной технологии.

Важно отметить также, что процесс дифференциации осуществляется как внутри конкретной технологической модели (приводя к возникновению в

ней новых элементов), так и в точках взаимодействия ТМ. Однако во всех случаях процесс дифференциации сопровождается реорганизацией структуры ТМ. Суть реорганизации заключается в том, что снижается стоимость отдельных функциональных элементов структуры ТМ в пересчете на выполняемую функцию. Последнее является одним из основных факторов развития любых новых технологий. Процессы дифференциации функций элементов информационной технологии и реорганизации ТМ происходят также под воздействием постоянно усиливающихся требований общественной практики. Поэтому и анализ этих процессов должен проводиться не только с чисто технических позиций, но и с учетом объективных социальных предпосылок к развитию ТМ обработки данных. Более того, с увеличением масштабов ТМ и степени доступности к ресурсам ВС (локальных, распределенных сетей ЭВМ) со стороны массового пользователя, влияние социальных факторов на развитие информационной технологии возрастает, ускоряется, соответственно, и процесс обновления ТМ.

С ростом коммуникативной мощности технологических моделей обработки данных возрастает их влияние на формирование совокупности информационных отношений в сфере управления и ТМ (как разновидности коммуникационных систем) постепенно становятся неотъемлемыми элементами социальной системы (как стали в свое время такими элементами книгопечатание, связь, телевидение и другие системы массовых коммуникаций). Поэтому и анализ закономерностей развития информационной технологии необходимо проводить с учетом проектирования на ее развитие более общих законов той сферы общественной практики (а в общем случае – социальной среды), где развивается конкретная ТМ. Например, компьютеризация управленческих информационных систем должна проводиться с учетом общих закономерностей крупных управленческих нововведений. Игнорирование этого обстоятельства приводит к большим материальным потерям. Так, созданные в США в 70-х годах распределенные сети ЭВМ (DATRA, MCY и др.) были впоследствии либо ликвидированы, либо преобразованы в обычные телефонные сети (за исключением сети министерства обороны ARPA) [10]. Главной причиной этого явления явилось несоответствие (противоречие) развитой ТМ обработки данных капиталистической системе производства и потребления информации, так как капиталистические фирмы в принципе не заинтересованы в интегрировании и обобществлении данных о своем технико-экономическом потенциале, а именно этот фактор и обуславливает эффективность применения больших информационно-вычислительных сетей. Вследствие этого и "сетевой бум" в США переместился на рубеже 80-х годов в область создания локальных сетей ЭВМ, ориентированных только на внутрифирменные управленческие системы. Произошел, таким образом, под воздействием капиталистической социально-экономической среды возврат к ТМ с потенциально меньшими (для нужд современных систем организационного управления) коммуникативными возможностями.

Приведенные примеры показывают, что процессы дифференциации функциональных элементов информационной технологии и изменения ТМ происходят под влиянием многих факторов, определяемых внутренними (техническими) и внешними (социально-техническими) противоречиями. Ход этих процессов неравномерен, поэтому каждый переход к новой ТМ осуществляется с некоторой отсрочкой и смена каждой конкретной ТМ становится возможной и целесообразной только тогда, когда использованы все внутренние резервы развития ЦОД и периферии. Практика свидетельствует, что объективные предпосылки смены технологических моделей заключаются в "созревании" всех необходимых и достаточных внешних и внутренних условий для модернизации существующих и создания новых элементов информационной технологии. Поэтому всем известным ТМ присуще (в соответствии с принципом единства устойчивости и изменчивости) состояние некоторого динамического равновесия между ЦОД и периферией, которое нарушается при достижении определенного порога в сумме внешних и внутренних воздействий на конкретную ТМ. Следовательно, анализ развития информационной технологии, как и анализ развития других сложных систем, целесообразно и логично проводить с учетом рассмотрения ТМ как динамических систем. Важную роль при таком анализе может сыграть универсальная модель типа модели "центр-периферия", позволяющая отойти от одностороннего, ограниченного рамками узкоспециального (технического, программного, организационного и т.д.) взгляда на развитие ВС как на хорошо понимаемый и жестко управляемый объект. Более того, можно предположить, что сложные ВС с увеличением уровня их коммуникативной мощности, превращаются в нечто большее, чем просто технические системы, они становятся частью социальной среды и начинают подчиняться объективным закономерностям ее развития.

Данная модель в силу ее общности позволяет рассматривать любую ТМ как целостный организм, т.е. как систему элементов (ЦОД, периферия, узлы взаимодействия), тесно связанных друг с другом взаимообусловленным влиянием. При таком системном рассмотрении ТМ создаются предпосылки для достаточно строгой формализации процессов развития информационной технологии и применения для их исследования методов математического моделирования (в первую очередь – имитационного моделирования). Естественно, что в первую очередь мы можем здесь использовать общий характер модели (ее структуру и динамику поведения во времени – цикличность и наличие двух стадий развития при переходе от одной ТМ к другой). Этот общий характер модели обусловлен объективным (естественным) развитием информационной технологии, закономерности развития которой совпадают с закономерностями развития коммуникационных систем и определяются более общими законами той социально-экономической среды, где эти системы развиваются. Поэтому и полученные с помощью такого анали-

за результаты будут носить также достаточно общий характер и должны классифицироваться в основном как поиск общих тенденций развития информационной технологии и определение "точек роста" (т.е. узлов, где будут происходить наиболее активные информационные процессы). Более точные результаты могут быть получены только при детальном исследовании структурной схемы ТМ, отображающей ее конструктивные элементы и технологические связи между ними. На базе таких исследований могут быть разработаны уже частные теоретические схемы развития функциональных элементов ТМ.

Таким образом, общая модель "центр-периферия" в данном случае рассматривается как базовая теоретико-методологическая модель, фиксирующая самые главные, самые фундаментальные свойства строения и развития ТМ обработки данных, определяющая сущность структуры ТМ и направления развития их функциональных элементов, и позволяющая проводить методологический анализ с целью определения наиболее приемлемых соотношений в развитии центра и периферии в информационных системах. Исходя из модели центр-периферия следует также, что структура каждой конкретной ТМ существенно влияет и на динамику ее будущего развития и реорганизации:

**Структурный и функциональный анализ НИТ.** Коммуникационные линии и ТМ можно рассматривать как две основные, взаимосвязанные и взаимодополняющие элементы информационной технологии. Совместное их рассмотрение (в соответствии с моделью центр – периферия, где коммуникационные линии выполняют функции связи между ЦОД и периферией) определяет единый подход к оценке пространственно-функционального развития и организации информационной технологии, связанных, с одной стороны, с рационализацией и комплексной автоматизацией функций организационного управления (дискретные элементы, т.е. ТМ), а с другой – управлением информацией как организационным ресурсом (путем направленной передачи данных по линиям связи к центрам принятия решений). В данном случае возможно сопоставление развития информационной технологии с развитием живой системы (например, нервные волокна и рецепторы живого организма), происходящим по смыслу, близкому к принципу наименьшего действия в естествознании. Исходя из этого, методологический анализ развития информационной технологии должен проводиться с учетом рассмотрения ее (технологии) как дихотомического деления целого на две части – ТМ и коммуникационные линии (рис. 4). Четкое противопоставление и глубокая взаимосвязь этих частей отражают общую диалектику развития информационной технологии, опосредованную через достижение оптимального соответствия центра и периферии, так как это соответствие определяет уровень развития ТМ и соотношение этого уровня с требованиями системы организационного управления (по надежности, оперативности, коммуникативной



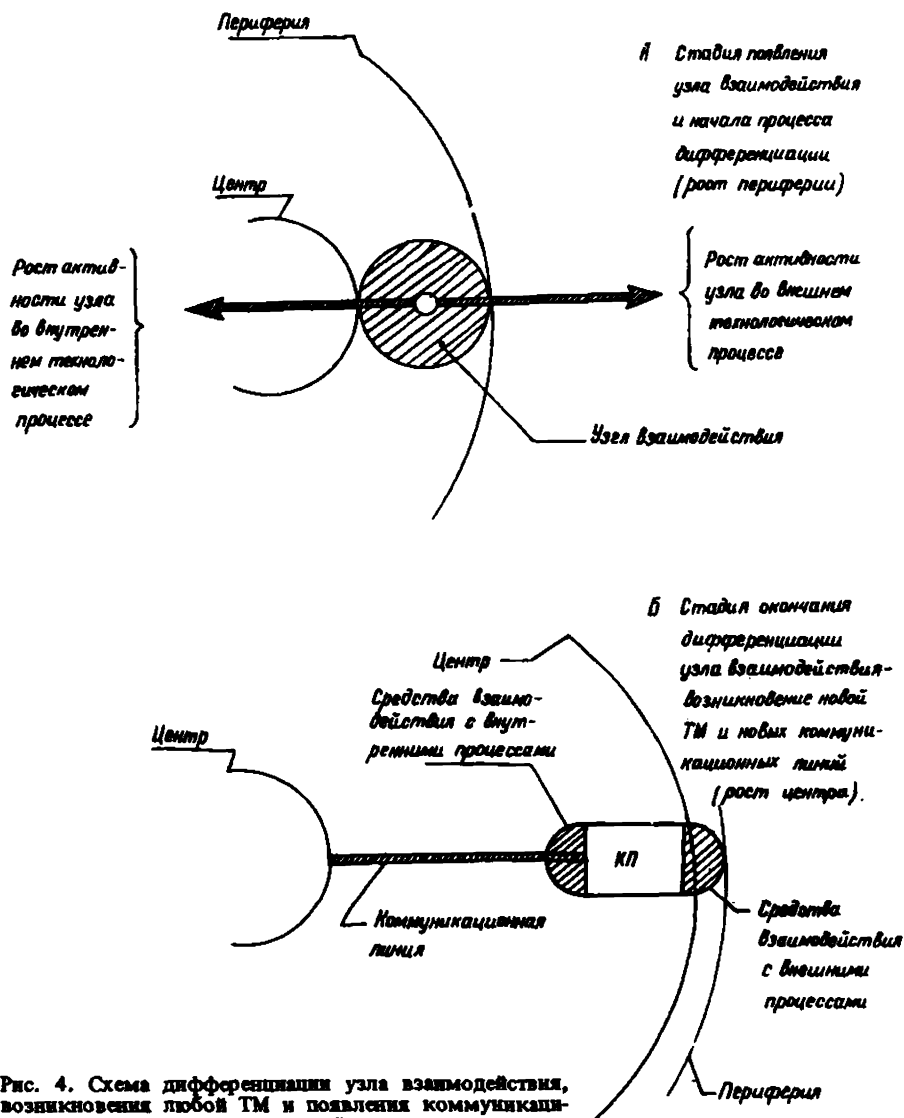


Рис. 4. Схема дифференциации узла взаимодействия, возникновения любой ТМ и появления коммуникационных линий.

мощности и т.д.). Коммуникационные линии и ТМ в совокупности обеспечивают более четкое разделение и вместе с тем более глубокую и гибкую взаимосвязь управленческих функций в иерархической системе организационного управления различными звеньями народного хозяйства. Дискретность ТМ (максимальный уровень которой будет достигнут при использовании персональных ЭВМ) и непрерывность коммуникационных линий (выражением полноты достижения которой станет создание общегосударственной системы передачи данных — ОГСПД) позволяет сформировать оптимальные условия для достижения требуемых интенсивности и оптимизации управления и в то же время создадут предпосылки для еще большего развития общества и личности. Поэтому значительное внимание при методологическом анализе процессов развития информационной технологии должно быть уделено социальным целям и социальным последствиям развития информационной технологии, которые существенно различаются в социалистических и капиталистических странах. Исследование этих и других вопросов, касающихся функциональной применимости информационной техники и технологии, в конкретных областях общественной практики составляет предмет функционального анализа развития информационной технологии.

Наряду с функциональным анализом важен и структурный анализ динамики развития ТМ, т.е. исследование вопросов дифференциации функциональных элементов информационной технологии и пространственной реорганизации ТМ (переходы от младших ТМ к старшим). Такой анализ является основным методологическим средством наиболее всестороннего и достаточно полного исследования конкретных ТМ. Использование для целей структурного анализа простейшей двухчастной динамической модели центр-периферия представляется весьма продуктивным.

С позиций структурного анализа, данная модель не лишена недостатков, так как с ее помощью можно моделировать явление реорганизации (изменяемости) ТМ только в самой общей форме. В двухчастной модели центр-периферия неявно выражено влияние на ТМ изменяемости инфраструктуры (внешних воздействий на ТМ) и происходящих вследствие этого изменений в ультраструктуре ТМ (структура внутренних взаимосвязей между элементами ТМ). Прежде всего это связано с оценкой развития программного обеспечения ВС и выработки, на основе этой оценки, мероприятий по рациональной дифференциации функциональных элементов ТМ. Программное обеспечение (software) ВС представляет собой гибкий, легко заменяемый, быстро реагирующий на изменения внешней среды элемент ТМ. Степень развитости (software) свидетельствует о степени использования возможностей твердой части ТМ (hardware), поэтому теоретический анализ изменяемости software имеет большое значение для определения реальных сроков изменяемости ТМ в целом.

При детальном структурном анализе динамики развития ТМ представля-

ется целесообразным использовать уже не двухчастную модель центр-периферия, а более полную трехчастную динамическую модель центр-программы-периферия, которая в большей степени отражает именно специфику применения конкретной ТМ в конкретных условиях.

**Заключение.** Обсуждение методологических проблем развития информационной техники и технологии требует строго учета социально-политических и философско-мировоззренческих предпосылок совершенствования существующих и создания новых социальных коммуникативных систем. Сложные информационные системы представляют собой уже конкретные социальные явления, поэтому и законы их развития представляют собой проекции более общих закономерностей развития той социальной среды, где развивается конкретный информационно-коммуникативный процесс.

Рассматривая перспективы развития информационной техники и технологии, важно выявить специфические особенности пространственно-функциональной организации ТМ, которые должны соответствовать иерархической системе организационного управления в различных звеньях народного хозяйства нашей страны. При этом анализ развития информационной технологии должен проводиться с учетом рассмотрения технологии как дихотомического деления целого на две части — ТМ и коммуникационные линии. Четкое противопоставление и глубокая взаимосвязь этих частей отражают общую диалектику развития информационной технологии, опосредствованную через достижение оптимального соответствия центра и периферии. В этой связи обобщенные модели центр-периферия и центр-программы-периферия следует рассматривать как базовые теоретико-методологические модели, как фундаментальную основу (которой раньше не было) для исследования процессов функционального и структурного развития (дифференциации) отдельных ТМ и информационной технологии в целом. Учет этих моделей необходим для того, чтобы научиться реализовывать все, а не часть потенциальных возможностей новой информационно-вычислительной техники, а также проектировать и создавать конкретные информационные системы в соответствии с реальными потребностями (т.е. не с избыточными параметрами, определяемыми по уровню лучших отечественных и зарубежных разработок, что, естественно, не дает ожидаемого социально-экономического эффекта).

При методологическом анализе развития информационной технологии необходимо учитывать, что совершенствование окончных пунктов (терминалов) информационных сетей имеет тенденцию к наращиванию степеней свободы индивидуального выбора в использовании средств и методов производства и потребления информации и этот фактор с внедрением персональных ЭВМ будет играть все более значительную роль в увеличении коммуникативной мощности информационных систем. Вследствие этого при анализе развития информационной технологии должны учитываться социальный строй, уровень развития производительных сил, науки и культуры. Возможно так-

же предположить, что как сегодня в нашу жизнь вошло понятие "социалистический город", так в перспективе будет использоваться понятия "социалистическая информация", или "социалистическая народнохозяйственная информация технологии" и др.

Все это позволяет связывать с информатикой (как новой наукой о новой информационной технологии) новую область научных знаний, раскрывающую общеисторические и методологические принципы анализа взаимодействия и взаимосвязи социальных процессов с процессами массового внедрения ВС и НИТ в общественную практику, а также принципы коадаптации человека с НИТ. Формирование информатики осуществляется под сильным влиянием неклассических методов образования и организации теоретических исследований. Целостность и специфичность этих исследований должны гарантироваться постоянным соотношением используемых в информатике понятий и представлений с системными или общенаучными (например, кибернетическими) понятиями [11].

Для постоянно усложняющихся процессов проектирования и "встраивания" НИТ требуется более развитый и специальный теоретический аппарат, основными составляющими которого должны явиться, очевидно, функциональный и структурный анализы процессов развития информационно-коммуникативных систем в социалистическом обществе.

1. *Велихов Е.П.* Об организации в Академии наук СССР работ по информатике, вычислительной технике и автоматизации // Вестн. АН СССР. — 1983. — № 6. — С. 24–30.
2. *Глушков В.М.* Основы безбумажной информатики. — М.: Наука, 1982. — 552 с.
3. *Михалевич В.С., Каныгин Ю.М., Гриценко В.И.* Информатика (общие положения). — Киев, 1983. — 45 с. — (Препринт / АН УССР, Ин-т кибернетики; № 83–31).
4. Наука и технический прогресс. — Комсомольская правда, 1980, 22 марта.
5. *Кочетков Г.Б.* Эффективность компьютеризации управления: некоторые проблемы // Междунар. науч.-техн. конф. "Программное обеспечение ЭВМ". Секция 4. Экономическая и социальная эффективность применения вычисл. техники: Тез. докл., Калинин (июль 1984 г.). — Калинин: Б.И., 1984. — С. 8–10.
6. *Гутнов А.Э., Лежава И.Г.* Будущее города. (Творческая трибуна архитектора.) — М.: Стройиздат, 1977. — 126 с.
7. *Форрестер Дж.* Динамика развития города. — М.: Прогресс, 1974. — 286 с.
8. *Горохов В.Г.* Проблемы построения современной технической теории // Вopr. философии — 1980. — № 12. — С. 118–128.
9. *Пономарев В.М.* Локальные вычислительные сети и их использование в системах автоматизации управления (научное сообщение) // Вестн. АН СССР. — 1983. — № 8. — С. 43–48.
10. *Громов Г.Р.* Современная индустрия обработки данных // Техн. кибернетика. — 1982. — № 5. — С. 173–181.
11. *Гриценко В.И., Панышин Б.Н.* Методологические проблемы анализа развития информационной технологии. Киев, 1984. — 67 с. — (Препринт / АН УССР, Ин-т кибернетики; № 84–53).

Л.С.Козачков

## ИНФОРМАТИКА И ЗНАНИЕ

**1. Предмет информатики.** На первых этапах своего развития информатикой называли науку, изучающую потоки, структуру и общие свойства научной информации [1–4]. В этот период информатика (и ее аналог за рубежом — Information Science) постулировала своим основным объектом исследования знание (его понятийно-классификационную структуру, способы описания на информационных языках, хранения, поиска и т.д.). Далее в информатике произошло как бы "отрицание" знания, когда этот же термин пришел к нам на титульном листе одной из переведенных зарубежных монографий. Акцент делался на чисто технологические и программные вопросы обработки информации. Новое возрождение термина "информатика" может служить примером "отрицания отрицания" или синтеза, при котором опять на первое место встают проблемы знания в человеко-машинных системах анализа информации [5].

В течение сравнительно длительного времени эффективность использования ЭВМ повышалась за счет совершенствования в основном элементной базы. И хотя это привело к огромному скачку в быстродействии и памяти, ожидаемого роста "интеллекта" ЭВМ не произошло. Существенно повысилась эффективность ЭВМ за счет создания развитых программных средств, языков высокого уровня (т.е. близких к естественному языку), операционных систем. Это характеризует в целом второй этап борьбы за эффективность и интеллектуализацию ЭВМ. Повысилась эффективность ЭВМ, а рост "интеллекта" оказался скромнее, чем ожидался. Все дело в знании, точнее, в сохранившемся "невежестве" ЭВМ.

Знание, накопленное многовековой историей науки и практической деятельностью человека, по сути оставалось вне баз данных различных АСУ. Сюда включались только те элементы знания, которые или лежали на поверхности (например, информация для решения "рутинных" задач в науке, учете, отчетности и т.д.), или сравнительно легко формализовались. Но все эти включенные в компьютерную технологию элементы знания составляют ничтожный процент от общего объема знаний, накопленных человечеством. Все дело в знании, а не в технике самой по себе. Но знание вне ЭВМ и знание в человеко-машинных системах — это далеко не одно и то же.

В принципе любое внешнее знание можно переписать на машинные носители информации, но от такой процедуры оно не станет машинным знанием. Чтобы знанием мог владеть человеко-машинный интеллект, предстоит решить еще немало фундаментальных проблем. Хотя источником знания, которому нужно обучить компьютер, являются наука, техника и сама жизнь,

но с помощью информатики оно особым образом преобразуется, чтобы стать доступным компьютеру.

Информатика — это наука о технологии построения, анализа и использования человеко-компьютерного (программного) знания, поэтому главными задачами информатики становятся разработка средств и методов построения, анализа и сообщения информационных моделей предметной области, объекта управления.

2. Модели информатики. Главная особенность знания в информатике — особым образом его интегрирование, обобщение, формализация и (это особо необходимо подчеркнуть) — программная реализация. Интегрирование, обобщение знания является для современной науки таким же естественным процессом, как и его дифференциация. Более того, любое знание содержит обобщение, без чего оно перестает быть знанием. Однако обобщенное знание информатики имеет свои особенности. Для иллюстрации этих особенностей моделей информатики приведем три примера.

Пример первый. Задача мостов: на реке в районе города расположено два острова, один из которых соединяется с каждым берегом двумя мостами (т.е. 4 моста), а второй — с каждым берегом только одним (т.е. 2 моста); острова также соединены между собой мостом, т.е. всего в цепи суша — мост имеется 7 мостов. Задача, которую пытаются решить эмпирически жители города, состоит в поиске маршрута, начинающегося с любой из четырех частей суши и кончающегося на этой же части, при условии прохода по каждому мосту не более одного раза. Эйлер, как известно, отобразив "качественную" картину в граф (точнее, в мультиграф), не только доказал невозможность решить поставленную задачу, но и сформулировал критерий существования такого маршрута, условия которого оказались следующими: 1) граф должен быть связным; 2) каждая его вершина должна быть инцидентна четному числу ребер. Таким образом, можно образовать следующие три модели отображаемой местности: а) качественную модель, включающую подробную информацию о местности; б) математическую модель (граф Эйлера); в) модель информатики.

Модель информатики включает в себя модели а) и в). Использование для принятия решения такой двухуровневой (в общем случае — многоуровневой) модели существенно повышает эффективность процедуры выбора решений, которую можно представить следующим образом. Вначале с помощью модели в) выясняется, имеется ли точное решение задачи. Если оказывается, что такое решение существует и оно единственное, то остается его только найти (в крайнем случае перебором вариантов). Если решений несколько, то нужно их отобрать, а затем на основе модели а), содержащей качественную информацию, остановиться на более предпочтительном маршруте по каким-либо признакам. Если же модель в) говорит, что точного решения задачи не существует, то (если это не теория, а жизнь) нужно искать паллиативные решения. Для этого возвращаемся к модели а) и отби-

раем несколько возможных кандидатов на приемлемое решение. Такие решения, конечно, не удовлетворяют начальному условию, т.е. допускают, например, прохождение по какому-либо мосту по несколько раз. Но лучший из таких маршрутов может быть отобран уже по другим критериям — расстояния, красоты природы, даже времени суток (хождение против солнца, по солнцу и др.). При таком подходе требуют обогащения не только качественный, но и математический уровень модели информатики за счет включения в нее методов расчета вариантов, поиска оптимальных маршрутов по количественным критериям. Но главной особенностью такой многоуровневой модели информатики является наличие в ней средств многократного перехода от одного уровня модели к другому, обеспечивающего диалоговый режим анализа ситуаций и принятия решения.

**Пример второй.** Повышение качества выпускаемых изделий невозможно без выяснения и устранения возможных причин дефектов. Проиллюстрируем это на примере базы данных системы регулирования качества в трикотажном производстве [6]. Дефекты изделий могут иметь четыре группы причин: 1) неисправность оборудования; 2) дефекты сырья; 3) технологическая дефектоустойчивость модели; 4) нарушение технологического процесса. В свою очередь, неисправность оборудования и дефекты изделия могут иметь следующие причины: упущения механиков, поставщиков сырья, работников цеха подготовки или работников основных цехов. Технологическая дефектоустойчивость модели определяется главным образом ее конструктивными особенностями и технологией (за это несут ответственность художники-модельеры и технологи) и т.д. На качестве изделий может сказаться физическое самочувствие работницы, из-за того что ее рабочее место находится вблизи участка влажно-тепловой обработки. На качестве труда может сказаться и моральное состояние работницы (например, не решен вопрос о яслях). Именно с такими параметрами сталкивались разработчики системы регулирования качества [6]. И здесь ничего не поделаешь, если информатика стремится повысить эффективность своих разработок, нужно, чтобы ее базы данных и знаний интегрировали параметры различных уровней и аспектов — технологических, экономических, социальных и др.

**Пример третий.** Формирование производственной программы предприятия (например, трикотажного) должно обеспечить выполнение ряда показателей — объема выпуска продукции в натуральном выражении, валового выпуска продукции в оптовых ценах, прибыли, рентабельности и др. Достижение требуемых показателей осуществляется путем выпуска моделей в определенных количествах при ограничении на материальные ресурсы (сырье, оборудование, фонд заработной платы и др.). Существуют также ограничения по обязательным поставкам (детские изделия и др.).

К началу планируемого периода разработанная производственная программа в основном планомерно обеспечивает выполнение всех показателей.

Но "гладко" все это лишь на бумаге (т.е. в плане), которая не учитывает многочисленные "овраги", по которым предстоит "ходить" (или, точнее, — "обходить") — это отсутствие обещанных (т.е. включенных в производственный план) поставок сырья, оборудования, волевое включение в план новых заданий и т.п. В этих условиях лица, принимающие решения, должны изменять производственную программу, т.е. задания по выпуску моделей. При этом делать это нужно в условиях ограничений не только на традиционные материальные ресурсы, но и ограничения на время. Новая производственная программа должна оперативно приходить на смену ранее рассчитанной. Экономико-математические модели в их классической интерпретации, когда формулируются одна целевая функция и жесткий набор ограничений, здесь не работают.

Обобщая многолетний опыт применения экономико-математических моделей, В.М.Глушков предложил новый подход к управлению, названный им методом системной оптимизации [5]. Основой этого метода является диалоговый режим и модели, позволяющие ЛПР корректировать как целевую функцию, так и состав и значение ограничений.

Информатик, участвующий в реализации подходов системной оптимизации, увидит здесь необходимость создания такой базы данных АСУ, которая позволит оперативно получать информацию (человеку и ЭВМ) о состоянии оборудования, о здоровье рабочих и ИТР, о возможности оперативно изменить технологию.

Для принятия управляющего решения в любой области прежде всего нужны знания об этой области, содержащиеся в различных отраслях науки и технологии. Основная цель информатики — превращение разрозненной информации о предметной области в знание, удовлетворяющее требованиям относительной полноты. Но попытка ее достижения только за счет более подробной "переписи" элементов и их свойств и увеличения таким образом числа информационных массивов (как это нередко делается при построении информационной базы АСУ) бесперспективно, так как такая "массивная" полнота более чем иллюзорна, ибо, например, сколь угодно большое число измеренных треугольников не сравнимо по полноте с одной теоремой Пифагора. Конечно, сформулировать теорему Пифагора для сложных многоуровневых систем, которыми являются современные объекты анализа и управления, далеко не просто. Но именно этим и занимаются естественные и общественные науки, модели которых сосуществуют как различные уровни обобщения закономерностей действительности. И эти модели могут быть как качественными, так и строго математическими. И обобщенные модели информатики также далеко не обязательно должны быть математическими. И сейчас еще не потеряло значения предупреждение Н.Винера: "...применение точных формул к этим слишком вольно определяемым величинам есть не что иное, как обман и пустая трата времени" [7, с.25].



Почему наиболее эффективными из АСУ оказались АСУТП (и в первую очередь управления непрерывными технологическими процессами)? Может показаться, что, как правило, это определяется возможностью (а нередко и сравнительной легкостью) построения математической модели процесса и соответствующего программного обеспечения. Но это иллюзия. На самом деле фундаментальной основой таких эффективных АСУТП и здесь является знание природы объектов управления, добытое наукой и техникой и в то же время допускающее его полное и системное математическое описание.

Математические модели такого типа не могут быть универсальным языком ни для самой естественной и общественной науки, ни, тем более, для баз данных, которые являются обобщенной информационной моделью предметной области. Законы природы описываются не только математическими моделями Ньютона, Эйнштейна и Лобачевского, но и средствами семантических сетей с определением качественных и количественных связей между "вершинами". Наивысшим обобщением таких сетей являются естественные классификации, которым присваиваются имена Линнея, Дарвина, Менделеева и др. При этом не следует думать, что описание предметных областей таким способом — это что-то вроде временного недостатка, который будет при дальнейшей "математизации" науки преодолен.

Наука и ее модели действительности не являются простым перечнем сведений. Наука — это многоуровневая понятийная система с логической структурой различной степени общности от единичных фактов до общенаучных понятий и категорий. Аналогичную структуру должны иметь информационные модели знания — базы знаний и данных автоматизированных систем анализа информации и принятия решений.

**3. Структурная организованность и категориальность знания.** Сложные системы (а именно такими являются реальные объекты анализа и управления) характеризуются многоуровневостью. Однако эта "многоуровневость" в каждой сложной системе многоаспектна. Предметные области (объекты управления), как правило, содержат в себе различные типы организации — физическую, химическую, социально-экономическую и т.д. Все организованные системы — это прежде всего определенная система связей между ее элементами, определяющих ее иерархическую или сетевую структуру.

Окружающий нас мир проявляет себя через множество свойств. В попытках найти такое главное свойство, которое кратчайшим путем ведет к сути системы, нередко прибегают к процедуре упорядочения элементов системы по значению отобранного атрибута, который принимается как информативная характеристика системы. Отсюда возникли так называемые ранговые распределения, включая и такие, которым присвоены имена Парето, Брэдфорда, Лотка, Ципфа [1]. Все перечисленные распределения могут быть описаны простой формулой (с меньшей или большей, иногда недопустимо большой ошибкой), названной законом Ципфа

$$P_n = \frac{c}{n^\gamma}, \quad (1)$$

где  $c$  — константа, во многих распределениях равная 0,1;  $n$  — ранг (номер элемента во множестве элементов, упорядоченных по какому-либо свойству (числу публикаций, частоте вхождения слова в текст, "богатству" и т. п.) Обилие "ранговых распределений" различной природы наталкивает на мысль, что в них отражаются какие-то важные свойства структуры системы и показатель ее организованности. Ответ на эти вопросы в определенной мере содержится в построенной нами модели систем с иерархической структурой [9]. Идея включения в модель анализа "связей", по сути, была подсказана В.М. Глушковым. В его книге [8] рассказывается о причинах и способах преодоления человеком первого и второго информационных барьеров. На заре развития экономики, когда экономические связи полностью замыкались в рамках небольшой семьи или племени, способностей человека хватало, чтобы осуществлять эффективное управление небольшим коллективом. "А ведь именно связи и являются в первую очередь объектом управления" [8, с. 8]. Число связей растет существенно нелинейно при росте числа управляемых элементов. И когда общество столкнулось с первым информационным барьером — невозможностью одному человеку управлять всеми связями, была изобретена иерархическая структура, которая минимизирует число связей как объект управления. Однако оказывается, что иерархическая структура была изобретена задолго до появления общественных систем. Все системы состоят из элементов и связей между ними. За измеряемой в ранговых распределениях частотой (слов, публикаций и т.п.) скрываются связи между элементами. Если в системе из  $N$  элементов "каждый связан с каждым", то общее число связей системы росло бы пропорционально  $N^2$ . Но системы "разумнее" — они не допускают такой рост, тем более, что у элементов совсем неравные возможности в управлении связями. Именно поэтому природа и создала иерархическую структуру.

Частота слов в тексте (число публикаций, ссылок и т.д.) — отображение числа связей элемента системы с другими ее элементами, т.е. сущность — это связи, а частота слова — всего лишь явление, через которое можем (иногда) "подсчитывать" (весьма приближенно) саму сущность. Построенная на этих постулатах модель сводится к совместному анализу двух выражений:

$$Z = -N \sum_{j=1}^L \rho_j \ln \rho_j; \quad (2)$$

$$J = -D_n \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i. \quad (3)$$

Выражение (2) описывает распределение элементов "по гиперболической лестнице" и отображенной в ней иерархической структуры системы.  $Z = F(\rho_j)$ , будучи функцией "организованности", равна нулю при равнове-

роятном распределении (т.е. когда все элементы "одинаковы" и система одноуровневая).  $\max Z$  достигается при некотором числе уровней и распределении  $(\rho_j)$  элементов по уровням. В выражении (3) (где  $D_n$  — число связей,

$\sum_{i=1}^N \rho_i \ln \rho_i$  — средняя информативность одной связи) решается минимаксная задача - найти  $\gamma$   $\min_p \max_p J$ .

Поиск  $p(x)$ , обеспечивающей максимум "средней" информативности одной связи в иерархической структуре, приводит к закону Ципфа (1). Поиск выражения для  $\gamma = f(W)$ , обеспечивающего минимизацию числа свя-

зей, дает  $\gamma = 1 \pm \frac{1}{\ln N}$ .

Описанная модель "ранговых" систем — только первый шаг в направлении анализа информационных свойств связей в иерархических структурах. Очевидно, что на этом пути нас могут ожидать и новые практические приложения, кроме традиционных (язык, публикации и т.д.). Одно из таких приложений — использование описанной модели для прогноза нефти и газа [10]. При этом "работоспособной" модель стала только после того, как превратилась с помощью специалистов (геологов) в подлинную модель информатики, т.е. "ассимилировав" в себе специальные знания отображенной предметной области.

Конечно, ранговые распределения и построенная на их основе модель систем иерархического типа являются лишь первым шагом в описании структурной "организованности" систем, ее многоуровневости. Создание баз данных, адекватно описывающее систему элементов различных уровней организации, требует разработки новых подходов в построении моделей действительности. С этой целью нами была предпринята попытка построения информационной модели знания, выполняющей в определенном смысле функцию, говоря языком теории реляционных моделей, универсального отношения. Это отношение призвано содержать в обобщенном виде достаточно полную систему атрибутов и доменов действительности. Суть этой модели в следующем. Примем, что объективный мир состоит из "предметов", свойств и отношений ("предметы" взяты в кавычки, потому что за ними могут скрываться не только вещь и физическое тело, но и математический объект). Семантическая сеть такого мира включает следующие связи: отношения между предметами; предметами — свойствами; предметами — отношениями; отношениями — отношениями и т.д. И все это богатство предметов, свойств и отношений предложено отобразить метоотношением, названным ассимиляцией (понятийной и структурной).

Структурная ассимиляция отражает процесс естественной эволюции мира от простого к сложному. Проявляющаяся в этом процессе каждая новая структура ассимилирует предыдущую, а не механически включает ее элементы в состав новой системы. Именно поэтому нельзя утверждать, что живой

организм состоит из водорода, углерода, кислорода и т.д. Все эти элементы входят в состав некоторых химических структур (молекул), в свою очередь составляют некоторую биохимическую структуру и т.д.

Понятийная ассимиляция отражает аналогичный процесс последовательного обобщения отдельных свойств предметов и отношений. Новые научные понятия возникают путем обобщения нескольких, ранее бытовавших. И эти старые понятия (иногда целые теории) не ликвидируются и не становятся видовыми в новом понятии (или теории), а присутствуют в нем, как говорят философы, в "снятом виде". Это и есть понятийная ассимиляция.

Частным случаем понятийной ассимиляции являются родовидовые отношения, а не наоборот, как может показаться. В целом семантические сети (система понятий) возникли и развивались как обобщение предметов, свойств и отношений. При этом родовидовые понятия образовывались как результат абстрагирования при движении "вверх".

Генеалогия познания каждого из свойств действительности от единичных до всеобщих — это "сверхметаразмерная" сеть (типа "сетевого графика"), которая заканчивается и включает в себя категории. О значении категорий в познании В.И. Ленин говорил следующее: "Перед человеком сеть явлений природы. Инстинктивный человек, дикарь, не выделяет себя из природы. Сознательный человек выделяет, категории суть ступеньки выделения, т.е. познания мира, узловые пункты сети, помогающие познавать ее и овладевать ею" [17, с.85].

Без категорий (узловых пунктов в семантической сети) нельзя ни познать, ни овладеть миром. Это есть логико-семантическая основа знания. Достижение единства в многообразии свойств объективного мира может быть осуществлено путем построения системы понятий, представляющих собой цепочки ассимиляций, соответствующих гносеологическим уровням познания (обобщения) этих свойств и отражающих в то же время историю развития природы и общества. Это и была бы естественная классификация свойств и закономерностей действительности. Но так как число свойств бесконечно, то, казалось бы, что должно стремиться к бесконечности и число строк такой классификации. При этом нужно учитывать гигантские этапы развития природы, породившей последовательно системы различной организации — физические, химические, геологические, жизнь, общество, мышление и познание. И каждый из этих этапов сопровождался появлением новых "бесконечных" множеств свойств, присущих соответственно химическим, биологическим, социальным и интеллектуальным системам.

Выход нами найден в построении категориального тезауруса (категоризатора, двумерной таблицы) — обобщенной понятийной системы, в которой полнота достигается не перечислением отдельных свойств и отношений, а установлением логической связи между понятийными уровнями развития природы, общества и познания. В предложенном нами категоризаторе

γ-ступень. Природа					β-ступень. Обще- ство			γ-ступень. Мы- шление			Кате- гория
Φ I	Χ II	Ξ III	Β IV	Ψ V	Ξ I	Τκ II	Ο III	Σ I	Κ II	Φλ III	
М-Φ	М-Χ	М-Ξ	М-Β	М-Ψ	М-Ξ	М-Τκ	М-Ο	М-Σ	М-Κ	М-Φλ	М
Д-Φ	Д-Χ	Д-Ξ	Д-Β	Д-Ψ	Д-Ξ	Д-Τκ	Д-Ο	Д-Σ	Д-Κ	Д-Φλ	Д
Ε-Φ	Ε-Χ	Ε-Ξ	Ε-Β	Ε-Ψ	Ε-Ξ	Ε-Τκ	Ε-Ο	Ε-Σ	Ε-Κ	Ε-Φλ	Ε
Ι-Φ	Ι-Χ	Ι-Ξ	Ι-Β	Ι-Ψ	Ι-Ξ	Ι-Τκ	Ι-Ο	Ι-Σ	Ι-Κ	Ι-Φλ	Ι
Ρ-Φ	Ρ-Χ	Ρ-Ξ	Ρ-Β	Ρ-Ψ	Ρ-Ξ	Ρ-Τκ	Ρ-Ο	Ρ-Σ	Ρ-Κ	Ρ-Φλ	Ρ
Υ-Φ	Υ-Χ	Υ-Ξ	Υ-Β	Υ-Ψ	Υ-Ξ	Υ-Τκ	Υ-Ο	Υ-Σ	Υ-Κ	Υ-Φλ	Υ
Τ-Φ	Τ-Χ	Τ-Ξ	Τ-Β	Τ-Ψ	Τ-Ξ	Τ-Τκ	Τ-Ο	Τ-Σ	Τ-Κ	Τ-Φλ	Τ
Α-Φ	Α-Χ	Α-Ξ	Α-Β	Α-Ψ	Α-Ξ	Α-Τκ	Α-Ο	Α-Σ	Α-Κ	Α-Φλ	Α
Η-Φ	Η-Χ	Η-Ξ	Η-Β	Η-Ψ	Η-Ξ	Η-Τκ	Η-Ο	Η-Σ	Η-Κ	Η-Φλ	Η

предпринята попытка построить классификацию таких "категориальных строк", в которых отражалась бы модель логики "не о внешних формах мышления, а о законах развития "всех материальных, природных и духовных вещей", т.е. развития всего конкретного содержания мира и познания его, т.е. итог, сумма, вывод теории познания мира" [18, с. 84].

В таблице представлена схема категоризатора. Будучи логическим итогом познания действительности, категоризатор посточно представляет собой систему категорий: М — материя, Д — движение, развитие, Ε — энергия; Ι — информация; Ρ — управление и связь; Υ — пространство, Τ — время.

Элементами категоризатора являются фундаментальные понятия отдельных наук, понятия (законы природы, общества и мышления), категории и общенаучные понятия. Подобное описание категоризатора и его использование для системного анализа объекта управления и проектирования семантически богатых баз данных приведены в работах [1-3, 11]. Здесь названия уровней (физика, химия, земля, биология, человек, экономика, техника, общество) — это не названия соответствующих естественных и общественных наук, а логическая модель этапов развития природы и общества. Центральное место в категоризаторе занимает γ-ступень (мышление), уровни которого составляют единое семантическое поле — логический итог познания развития природы и общества, отображенного в α- и β-ступенях. Однако внутри этого "поля" (γ-ступени) по степени абстрагирования выделяются три уровня. Первый уровень (слово) содержит классификацию логических отношений естественного языка. Второй уровень (категории) в основном отображает категории диалектической логики и ряда общенаучных понятий. Третий уровень (формулы) содержит математические понятия, которые стали общенаучными, а по степени общности аналогичны категориям (множество, функции т.д.).

В γ-ступени осуществлена попытка провести естественную классификацию всех отношений известных ИЯ, указать их связь с отношениями и по-

нениями науки. Всего выделено более 300 отношений. Описанный категоризатор может служить иллюстрацией к утверждению А.П.Ершова о том, что информатика "оказывается более непосредственно связанной с философскими и общенаучными категориями" [12].

Понятийные таблицы типа предложенного категоризатора могут стать методологической основой проектирования информационного обеспечения баз данных различных назначений, логическим основанием знания в базах данных. Но основа в них совсем не означает достаточность, ибо даже периодическая таблица элементов сама по себе не дает прикладного знания, необходимого для получения самого простого вещества. Она служит как бы категориальной основой для проектирования баз знаний о свойствах отдельных классов веществ, сгруппированных по различным аспектам.

Очевидно, что при переходе от категоризатора к проектированию баз знаний и данных отдельных предметных областей должна быть построена многоуровневая система словарей, отображающая переход от общего к частному. Именно такая понятийная система может быть названа тезаурусом баз данных (т.е. базой знаний). Примеры построения таких логико-категориальных тезаурусов описаны в работе [13].

Описанные Методологические принципы относятся лишь к первым шагам проектирования баз знаний. Современной тенденцией развития пакетов программ является превращение их в так называемые интеллектуальные системы [14,15]. Это потребует перехода от разработки традиционных ППП к проектированию программного знания (ПЗ), включающего в себя: модель предметной области, методы ее анализа и собственно программные средства. Достижение этих целей невозможно без проектирования ПЗ, широкого привлечения методов системного анализа и создания семантически богатых ИЯ для описания многоуровневых объектов управления. Разработка таких пакетов прикладного программного знания является одной из главных задач современной информатики. В этих условиях более чем актуально высказывание А.П.Александрова о том, что без четкого и разумного решения фундаментальных и прикладных задач информатики все попытки компьютеризации нашего народного хозяйства обернутся только огромными бесполезными расходами [16].

1. Козачков Л.С. Системы потоков научной информации. — Киев : Наук. думка, 1973. — 199 с.
2. Козачков Л.С. Информационный анализ в управлении. — Киев : Техніка, 1977. — 240 с.
3. Козачков Л.С. Некоторые вопросы информатики управления. — Киев : Знання, 1980. — 22 с.
4. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. — М. : Наука, 1968. — 756 с.
5. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. — М. : Наука, 1982. — 552 с.
6. Автоматизированная система анализа и регулирования качества продукции // Стандарты и качество. — 1982, — № 4. — С. 41—42.

7. Винер Н. Творец и робот. — М.: Прогресс, 1966. — 104 с.
8. Глушков В.М. Введение в АСУ. — Киев : Техніка, 1972. — 312 с.
9. Козачков Л.С. Информационные системы с иерархической ("ранговой") структурой // НТИ, Сер. 2, — 1978. — № 8. — С. 15–24.
10. Семиодский Г.Е., Тимошин Ю.В. Прогноз газоносности ДПВ на основе статистических данных // Геология нефти и газа. — 1982. — № 7. — С. 9–14.
11. Козачков Л.С. Основные принципы языка логических категорий // НТИ, Сер. 2. — 1977. — № 9. — С. 13–28.
12. Ершов А.П. О предмете информатики // Вестн. АН СССР. — 1984. — № 2. — С. 112–113.
13. Козачков Л.С. Категориальные тезаурусы в базах данных — НТИ, Сер. 2. — 1985. — № 5. — С. 11–19.
14. Михалевич В.С., Камыгин Ю.М., Гриценко В.И. Информатика (Общие положения). Киев : 1983. — 45 с. — (Препринт / АН УССР, Ин-т кибернетики; № 83–31).
15. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. — Киев : Наук. думка, 1985. — 382 с.
16. Александров А.П. Известия, 1984, 19 янв.
17. Ленин В.И. Философские тетради. — Полн. собр. соч., Т. 29, с. 85.
18. Ленин В.И. Философские тетради. — Полн. собр. соч., Т. 29, с. 84.

УДК 007

В.М.Кунцевич

## О НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВОЗНАНИИ И ИНФОРМАТИКЕ

Естественнонаучное мировоззрение, сформировавшееся под влиянием трудов основоположников современного естествознания Галилея, Ньютона и других, рисовало в представлении исследователей детерминистическую картину окружающего нас мира. На этой основе была создана классическая физика, позволившая построить достаточно удовлетворительные математические модели для широкого класса физических процессов.

Детерминистическое мировоззрение в естествознании серьезно поколебалось, когда исследователи столкнулись с невозможностью описания протекания целого ряда процессов, используя лишь детерминистические модели. Наиболее известным классическим примером такого рода процессов является тепловое (броуновское) движение молекул, наиболее существенной чертой которого оказалась непредсказуемость движения отдельной частицы.

Существенный прогресс в изучении процессов типа броуновского движения был достигнут лишь после того, как для их изучения были привлечены стохастические модели и вместо изучения движения какой-либо одной отдельной частицы начали изучать свойства всей совокупности движущихся частиц. То, что было невозможным установить для отдельных компонент, оказалось возможным получить в виде статистических характеристик для всей совокупности в целом. Высокие требования стандартов в естество-

знании в отношении повторяемости результатов экспериментов вновь оказались соблюденными, по крайней мере в принципе, и для этого нового класса изучаемых процессов.

В середине XX с. целый ряд проблем (в радиотехнике, радиолокации, теории автоматического управления, теории исследований операций и т.д.) удалось успешно разрешить, используя вероятностный подход к исследованию процессов, характеризующихся неопределенностью своих свойств. Это оказало (и продолжает оказывать) стимулирующее воздействие на развитие теории вероятностей и математическую статистику.

Успехи (порой и мнимые) применения вероятностного подхода к изучению процессов, характеризующихся той или иной неопределенностью, привели к тому, что в 50–60-х годах нашего столетия среди многих специалистов (по прикладной математике, теории операций, теории управления и т.д. стихийно сформировалось убеждение в том, что в действительности окружающий нас мир, конечно же, не является детерминированным, но что в условиях неопределенности вероятностные модели служат естественным необходимым дополнением к остальной детерминированной его части.

Ограниченность вероятностных моделей ситуаций с неопределенными факторами. При изучении многих процессов в социальных, экономических и технических системах, относящихся к формирующейся в наши дни новой науке информатике, исследователи достаточно часто сталкиваются с такой ситуацией, когда приходится констатировать, что протекание этих процессов происходит в условиях ярко выраженной неопределенности.

В силу целого ряда причин среди значительной части специалистов широкого круга, научное мировоззрение которых формировалось в 60–70-х годах, сложилось твердое убеждение в том, что единственно применимой гипотезой о природе неопределенностей, которые имеют место при описании тех или иных процессов, является гипотеза о том, что все неопределенные величины суть случайные. Однако такой подход к изучению процессов в условиях неопределенности и соответственно к построению их адекватных математических моделей далеко не всегда может быть использован. Причин для этого может быть несколько. При исследовании социальных, экономических и некоторых уникальных технических систем во многих случаях отсутствует и в явной и в неявной форме та генеральная совокупность, составляющая необходимую совокупность однородных элементов, существование которой делает возможным применение статистических методов, позволяющих определять усредненные характеристики для всей совокупности в целом, т.е. во многих случаях у исследователя априорно есть основания полагать, что неопределенности, характеризующие протекание изучаемого им процесса, не имеют случайной (в математическом смысле этого слова) природы. Но если даже у экспериментатора и нет оснований отрицать случайный характер неопределенных величин, однако объем имеющейся у не-



го экспериментально полученной информации об изучаемом процессе часто заведомо недостаточен для построения сколько-нибудь удовлетворительных характеристик возможно и случайных по своей природе неопределенных величин.

Не следует думать, что выполнение этих условий выделяет слишком узкий класс процессов с неопределенными факторами, изучение которых не представляет интереса для широкого круга специалистов. Это далеко не так. Действительно, есть все основания считать, что при изучении многих реальных процессов современной технологии в экономике и социологии, а также и в ряде других областей выполнение второго из указанных условий является, скорее, не исключением, а правилом. Наиболее наглядным примером является процесс управления зенитным артиллерийским огнем по движущейся мишени. Неопределенность (непредсказуемость) в поведении мишени в большинстве случаев будет результатом не случайных, а активных (целенаправленных) действий мишени, стремящейся избежать попадания.

Таким образом, отождествление неопределенных величин со случайными возможно далеко не всегда и не следует забывать о том, что понятие неопределенности значительно шире понятия случайности, включая его в себя как частный случай.

**Игровой подход к трактовке понятия неопределенности.** Исследователь достаточно часто сталкивается с проблемой изучения процессов, характеризующихся той или иной степенью неопределенности и, как было уже сказано, далеко не всегда правомочно отождествление неопределенных величин со случайными. Каков же альтернативный путь исследования и построения адекватных математических моделей для процессов такого рода?

До недавнего времени ответить на этот вопрос казалось невозможным. Но в течение двух последних десятилетий такое представление начало существенно изменяться главным образом под влиянием результатов изучения так называемых конфликтных ситуаций (имеющих место, в частности, в экономике в условиях свободного рынка) и попыток выработать в определенном смысле слова разумную стратегию поведения в этих условиях. Наиболее существенный вклад был внесен Дж. фон Нейманом. Несколько позже аналогичные по своей сути процессы, но протекающие в других (так называемых динамических) системах начали изучать в теории дифференциальных игр. В нашей стране в становлении и развитии этой теории основополагающую роль сыграли работы Л.С.Понтрягина и Н.Н.Красовского.

Дальнейший ход развития науки привел к тому, что постепенно росло понимание того, что подход к рассмотрению конфликтных ситуаций может быть использован и далеко за пределами первоначально ограниченной области его применения. Действительно, во многих случаях при наличии неопределенности в описании свойств того или иного рассматриваемого процесса ситуация такова, что, пользуясь словами известного математика Р.Беллмана

следует сказать, что "несмотря на очевидную несообразность мнения о "строптивости" неодушевленных предметов, мы вынуждены констатировать, что разнообразные устройства, процессы и явления имеют тенденцию отклоняться от намеченного образа действий". Таким образом, во многих случаях при наличии неопределенности в протекании того или иного изучаемого процесса (явления) оказывается приемлемой гипотеза о "злокозненности" природы (внешней среды), генерирующей эти неопределенные величины, в соответствии с которой природа будет стремиться выбирать экстремальные значения этих величин из числа допустимых, определяемых ограничениями, вытекающими из имеющихся оценок этих неопределенных величин.

Если, например, неопределенные величины суть некоторые параметры изучаемого явления, то в соответствии с изложенной гипотезой о "злокозненности" природы исследователь, стремящийся получить в определенном смысле наилучшие оценки этих параметров, должен допустить существование наиболее неблагоприятного сочетания неопределенных величин. Если же неопределенными факторами являются некоторые ограниченные неизвестные функции времени, то тогда мы соответственно принимаем допущение о том, что в пределах допустимых ограничений эти функции будут принимать значения, доставляющие экстремум некоторой выбранной мере качества математической модели изучаемого процесса.

Против гипотезы о "злокозненности" природы можно выдвинуть на первый взгляд убедительное возражение, что принятие этой гипотезы, в сущности, эквивалентно крайне "пессимистической" точке зрения на поведение природы и что, по-видимому, во многих случаях предпочтительнее была бы гипотеза не о ее "злокозненности", а о ее "нейтральности". В связи с возможными возражениями такого рода необходимо сказать следующее. Хотя гипотеза о "нейтральности" выглядит и более приемлемой, однако принятие ее, вообще говоря, может привести к весьма серьезным просчетам (ошибкам) при построении моделей тех или иных процессов в условиях неопределенности. Поэтому, несмотря на свою кажущуюся привлекательность, очевидно, что гипотеза о "нейтральности" природы не может быть принята. В то же время принятие гипотезы о "злокозненности" природы позволяет получить гарантированные оценки параметров моделей процессов, содержащих неопределенные величины, и поэтому эта гипотеза оказывается предпочтительнее.

Из сказанного следует, что гипотеза о "злокозненности", в сущности, представляет собой некоторый способ ("инструмент") для доопределения неопределенных величин, никак не связанный с допущением о случайной их природе и тем более никак не использующий какие-либо допущения о законах распределения случайных величин.

Возникает вопрос о соотношении вероятностных и игровых моделей процессов с неопределенностями. Эти два класса моделей не следует рассмат-

ривать как некоторые конкурирующие классы, а, скорее, как дополняющие друг друга. Если попытаться дать некоторое образное представление о соотношении этих двух классов моделей, то тогда можно представить себе следующую картину. На одном крайнем полюсе находятся детерминированные модели (исключающие какую-либо определенность), далее следует расположить вероятностные модели процессов с неопределенностями. И, наконец, если объем наших априорных знаний о неопределенных величинах настолько ограничен, что он не позволяет строить какие-либо вероятностные оценки (законы распределения), то тогда единственной логически обоснованной альтернативой выступают игровые модели.

Следует особо отметить, что рассматриваемый здесь подход к получению гарантированных оценок (результатов), очевидно, не имеет ничего общего с развиваемой в работах Л.Заде и его последователей в течение последних пятнадцати—двадцати лет теорией так называемых "размытых" множеств (нечетких категорий), ибо в отличие от классической логики, оперирующей лишь с высказываниями "да" или "нет" (истинное или ложное), в теорию размытых множеств вводится еще высказывание типа "может быть".

**Об исследовании динамических систем, функционирующих в условиях неопределенности.** Существует широкий класс явлений (процессов), для которых особый интерес приобретает изучение их движения (развития). Работами Ньютона и Лейбница для анализа движения динамических систем был создан адекватный класс их математических моделей — дифференциальные уравнения. Впоследствии было установлено, что язык дифференциальных уравнений оказался тем почти универсальным языком, с помощью которого удается описать движения (эволюцию) чрезвычайно разнообразных процессов, начиная от движения физических объектов, вплоть до процессов эволюции популяций в биологии, процессов развития экономических систем и т.д. Трудно переоценить результаты применения этого математического аппарата для изучения движения (развития) разнообразных процессов и явлений в окружающем нас мире. Но тем не менее возможности аппарата дифференциальных уравнений оказались не беспредельными. Ограниченность области применения этого класса математических моделей проявилась, в частности, при необходимости изучения динамических систем недетерминированной природы, включающих неопределенные факторы, имеющие, однако, стохастический характер, и это привело не к отказу от использования аппарата дифференциальных уравнений, а, как это уже часто бывало в развитии естествознания в прошлом, к необходимости построения обобщенных математических моделей, пригодных для описания новых классов динамических систем. Такое обобщение было осуществлено и результатом его явилось введение в арсенал математических средств нового класса уравнений, так называемых стохастических уравнений Ито.

Этот новый класс дифференциальных уравнений (вместе с появивши-

мися впоследствии модификациями уравнения Ито и явился тем адекватным математическим аппаратом, который позволил проводить исследования эволюционирующих стохастических систем строгими количественными методами.

Основное требование научного естествознания — повторяемость (воспроизводимость) результатов экспериментов вновь, хотя уже и на другом уровне, и в другом смысле, оказалось удовлетворительным. Однако и этот обобщенный класс дифференциальных уравнений (уравнение Ито) не смог охватить всего того многообразия динамических систем, необходимость изучения которого диктуется запросами сегодняшнего дня.

Как уже отмечалось, достаточно часто возникает необходимость изучения процессов, протекающих в условиях неопределенности, не имеющей случайной (в математическом смысле этого слова) природы. До последнего времени для анализа такого класса процессов эволюции в руках исследователя не было соответствующего математического аппарата и этот класс явлений (процессов) оставался неисследованным. Вместе с тем насущные требования практики настоятельно диктовали необходимость разработки соответствующего класса моделей, пригодных для описания процессов эволюции, протекающей в условиях большей или меньшей степени неопределенности, не имеющей случайной природы.

В середине 30-х годов для исследования динамики систем, функционирующих в условиях неопределенности, был введен новый класс так называемых уравнений в контингенциях (позже его стали именовать аппаратом дифференциальных включений). Для исследования дискретного аналога этих систем был введен аппарат разностных включений. Не вдаваясь в разъяснения всех тонкостей и особенностей этого нового класса моделей для описания эволюционирующих динамических систем, отметим лишь, что в отличие от классического аппарата дифференциальных уравнений, позволяющего получать одну единственную траекторию движения изучаемого процесса, дифференциальные включения определяют целый пучок ("конус") возможных траекторий, которому заведомо принадлежит та единственная (но неизвестная исследователю) траектория, по которой совершается движение исследуемого процесса. По-видимому, более удобным, чем аппарат разностных (дифференциальных) включений, явится его обобщение в виде так называемых разностных уравнений эволюции, позволяющих исследовать эволюцию процессов (явлений), протекание которых характеризуется той или иной степенью неопределенности, не имеющей случайной природы.

Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время в естествознании уже выработаны необходимый класс математических моделей и соответствующий аппарат анализа для исследования достаточно широкого круга задач, связанных с наличием неопределенности той или иной природы.

**Заключение.** Наступающая эра компьютеризации ставит на повестку дня необходимость решения огромного числа новых задач в самых различных сферах нашей деятельности. Среди них наиболее важными по своим результатам и последствиям являются, по-видимому, задачи управления экономикой в широком смысле этого слова и задачи социального управления. Есть все основания полагать, что для этих двух классов задач построить их адекватные детерминированные модели не представляется возможным, так как процессы экономического и социального развития характеризуются значительной неопределенностью. Попытки построения адекватных моделей для этих процессов в классе вероятностных моделей неизбежно будут сталкиваться с трудностями получения информации в требуемом объеме (выполнения второго из указанных ранее условий). В новой быстроразвивающейся науке информатике, призванной, в частности, дать обоснованные рекомендации по решению глобальных проблем социального и экономического развития, обсуждавшиеся здесь модели процессов с неопределенностями также должны найти себе применение.

УДК 007:61

А.А.Попов

## МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Медицинская информатика сочетает научные направления по разработке информационных систем и технологии обработки информации, внедренные в повседневную практику медицины и здравоохранения. Если медицина (М) – система научных знаний, то здравоохранение (З) – система организационных мероприятий, направляемых на решение научных и практических задач профилактики и лечения людей при развивающихся и развившихся заболеваниях: реабилитации выздоравливающих; укрепления здоровья населения и охраны природной среды. В обеих системах имеются элементы и подсистемы разной природы, например, вещественной, энергетической и информационной, а сами системы являются суперсложными, познать которые можно только через информацию, данные и сигналы, формирующиеся в них. Системы М и З взаимозависимы и взаимосвязаны, являются целенаправленными, имеют общие по изучению и разные по управлению методы исследования и реализации задач решаемых ими в процессе своей деятельности. Каждая из систем имеет свою структуру, динамически изменяющуюся в пространстве и времени, т.е. носящую характер функциональных процессов. Чтобы не быть статичными и развиваться, несмотря на имеющиеся ограничения по веществу, энергии и информации, системы имеют иерархию

подсистем управления и регуляции, которые также не могут существовать без информации, т.е. без сведений об объекте, объектах управления. Сведения могут быть представлены в самых разнообразных формах, например, в последовательностях разнообразных по природе сигналов, чисел, слов, фраз. Информация не может быть получена без затраты энергии, а в ряде случаев и вещества. Под веществом и системами М и З мы понимаем множества элементов и подсистем как органическую, так и неорганическую природу, например, люди, животные, растения, макро- и микроорганизмы представляют собой элементы системы органической природы, а здания, машины, приборы, инструментарий, запчасти, медикаменты — неорганической. Энергия в элементах систем М и З представлена в виде потенциальной и кинетической (механической, электрической и других видах). Сказанное хорошо иллюстрируется высказыванием Джорджа Сомьена [2] о том, что жизнь (во всяком случае, в часы бодрствования) — целенаправленное поведение, которое черпает энергию в обмене веществ, побуждается инстинктом, измеряется пониманием, но всегда руководствуется информацией. Понятно, что это в большей мере применимо к человеческой жизни и в меньшей — к жизни животного, растения. Но и последние без информации не развиваются и не живут должным образом, т.е. управление (У) невозможно без информации и носит характер процесса, в котором участвуют как минимум субъект (ы) управления (СУ) и объект (ы) управления (ОУ), а также связанные с ними информационная (ИС) и управляющая (УС) составляющие. Если рассматривать человека как элемент в системах М и З, способный к достижению определенной цели, то он обязательно содержит в себе ИС и УС, являясь одновременно управляющим субъектом и управляемым объектом, где ИС накапливает информацию, прогнозирует (планирует), принимает решение и побуждает эффекторные (исполнительные) органы к реализации принятого решения, например, к перемещению тела по направлению к цели (город, улица, дом и т.д.).

Информационная составляющая живой системы способна воспринимать информацию от своих подсистем и их окружающей среды (ОС) посредством отражения их через рецепторы (первичные биологические датчики) в подсистемы анализа и синтеза информации путем преобразования потоков сигналов различной природы.

ИС процесса управления имеет свою внутреннюю структуру, которая реализуется посредством прямых и обратных, положительных и отрицательных связей, связанных между собой элементов системы. Связи устанавливаются на коммуникационной сети, которая в живой системе имеет сложное строение и представительство во всех органах, тканях и подсистемах организма, начиная с рецепторов, отражающих состояния внутренней среды и сферы органов, а также рецепторов, получающих информацию из внешней

среды вплоть до анализаторов, расположенных в разных отделах ЦНС и центрах, от которых идут сигналы к эффекторам исполнительных подсистем в органах. Сигналы из центров вызывают то или иное состояние в живой системе, например, сужение или расширение сосудов, напряжение или расслабление той или иной группы мышц, реализуя гомеостатическую регуляцию или управление при требованиях, которые возникают по отношению к организму от внешней среды. Чрезмерные физические или психические нагрузки могут вызвать отказ регулирующих систем организма, в результате чего развивается острое или постепенное рассогласование деятельности системы в целом — развивается болезнь, связанная с неадекватным восприятием информации или неспособностью подсистем управления сохранять гомеостазис. Таким образом, живая система постоянно воспринимает, перерабатывает и сохраняет необходимую для нее информацию. Количество информации в живой системе может увеличиться или уменьшиться, уменьшая или увеличивая соответственно степень неопределенности, в которой пребывает в данный момент живая система, т.е. решая задачи управления ею.

Изучение управления и связи в живых системах является предметом науки, именуемой биологической кибернетикой [3,4], хотя из нее можно было бы выделить понятие безмашинной информатики, так как собственно управление — это принятие решения и реализации его, т.е. определение цели, плана и методов достижения на определенном моменте или отрезке времени. Тогда как информатика — изучение, создание технологии получения (сбора), кодирования и декодирования информации, имеющейся в сигналах; передача, переработка и хранение ее, т.е. подготовка к принятию решения при выборе цели, подцели, создания определенного плана действий, направленного и обеспечивающего достижение этой цели. Знание — это тоже информация, но отсроченная по действию, потенциальная информация, которая позволяет живой системе реализовать действие (принятие решения) при осуществлении управления.

Медицина изучает живые биологические системы с их свойствами, поэтому включает в себя и определенные знания о них. Медицина как система научных знаний, т.е. знаний прежде всего фундаментальных, опирается в своем развитии на достижения марксистско-ленинской философии, ее материалистической диалектики.

В основу медицинских знаний положено изучение сущностей живых систем, представляемых субъекту (медикам) в виде тех или иных явлений. Явление рассматривается как форма проявления сущности — глубинных фундаментальных процессов, протекающих в живой системе. Например, обмен веществ с присущим ему обменом энергии и внешними проявлениями, представленными через количество и качество, выраженными в свойствах, характеризуют с разных сторон явление, т.е. сущность. Изучение сущности значительно сложнее, чем явления и методы исследования их разные. В на-

стоящее время эта гамма методов лежит в пределах от томографа, основанного на принципах ядерно-магнитного резонанса до осмотра, выслушивания, прощупывания и других приемов, осуществляемых человеком с помощью своих органов чувств.

Процесс познания в медицине чрезвычайно сложен и охватывает практически все формы познания. Он включает прежде всего ощущения посредством органов чувств (зрение, слух, вкус и т.д.) с последующим анализом и синтезом знаний, в результате процесса мышления, базирующегося на возможности осуществления информационного моделирования мозгом человека [5]. Более сложные формы познания (восприятие, представление) лежат в основе информационного построения аутомоделей мозгом. Число таких моделей у каждого человека значительно, но чувственное познание дополняется логическим (абстрактным познанием) с формами проявления в виде понятий, суждений, посылок, умозаключений, гипотез, законов, теорий [5]. Все эти формы познания представлены в медицине в виде знаний, которые отражаются и описываются с помощью языков, присущих тем или иным наукам, научным направлениям.

Знания по своей сущности несут характер информации для непосвященного в них человека. Они содержатся на определенных носителях, которыми ранее являлись глиняные и каменные плитки, папирус (пергамент, бумага), а в настоящее время — бумага, магнитная лента и т.п. Знания у человека закрепляются в его головном мозгу в виде персонального набора знаний, которые он использует в своей деятельности. Знания, необходимость сохранения которых в памяти не обусловлена деятельностью человека (врача, научного сотрудника), постепенно забываются, например, врач-окулист мало помнит знаний из химии, ортопедии, акушерства, за исключением тех, которые необходимы ему как окулисту для его практики. Знания, как и науки, классифицируются, чтобы ими могли воспользоваться для учебы, практической и научной деятельности и др.

В функцию здравоохранения входит управление трудовыми процессами, среди которых следует выделить следующие: 1) процессом получения и совершенствования научных знаний во всех направлениях деятельности; 2) анализом, осуществлением и контролем профилактики заболеваний, факторов, которые могут оказать вредное влияние на состояние природной и социальной среды; проведением в жизнь, контролем и анализом процесса укрепления здоровья населения и другими задачами профилактики; 3) лечебным процессом, осуществляемым в иерархии лечебно-профилактических учреждений со свойственными для них задачами планирования, контроля и собственного лечения; 4) процессом производства фармацевтической продукции; 5) подготовкой и усовершенствованием знаний медицинских кадров всех уровней от низших до высших, включая научно-педагогические; 6) процессом обеспечения медицины и здравоохранения ресурсами (нами выделен в самостоятельный



четвертый процесс, так как он является базовым для управления лечебного процесса); 7) процессом управления всеми указанными процессами.

Управление трудовыми процессами в здравоохранении и медицине имеет свою структуру, которая является общей для них

$$U_t \in \{[SU_i, OU_j, IS, USC(ИК, ИУ)]\},$$

где  $U_t$  — управление трудовыми процессами;  $SU_i$  — субъекты управления (иерархия руководителей здравоохранения);  $OU_j$  — объекты управления (иерархия трудовых процессов);  $IS$  — информационная составляющая управления;  $USC$  — управляющая составляющая;  $ИК$  — информационные компоненты;  $ИУ$  — исполнители управления;  $i < j < k = 1, 2, 3, \dots, R$ .

Информационная составляющая процесса управления состоит из этапов сбора, передачи, обработки информации, оценки или диагностики состояния процесса в  $OU_j$ , производимой  $SU_i$ . Эти этапы обеспечивают действие  $USC$ , в состав которой входят  $ИК$  и  $ИУ$ , исполняющие задачи управления.  $ИК$  состоит из этапов выработки цели и подцели управления, а также перспективного и текущего планирования, прогнозирования, осуществляемого с помощью разных методов, принятия решения и контроля исполнения. Только  $IS$  и  $ИК$  позволяют получить (на основе огромных по объему потоков обработанной и переработанной информации) знание, характеризующее состояние здравоохранения на начало и окончание планируемого периода, а также при достижении цели.  $IS$  и  $ИК$  перманентны, а объемы информации, которыми они оперируют, огромны.

Перед здравоохранением еще в 1983 г. была поставлена задача ежегодного профилактического осмотра всего населения СССР и диспансерного наблюдения лиц, имеющих факторы риска и страдающих теми или иными основными заболеваниями. Простые расчеты показывают, что для решения только этой задачи необходимо вовлечение в этот вид трудового процесса всех медиков. Однако возможно использование меньшего числа специалистов, так как к решению проблем управления здравоохранением все шире привлекаются специалисты по сбору, обработке информации и средства вычислительной техники, позволяющие перерабатывать огромные объемы данных и информации за относительно короткие сроки, а также решать задачи, связанные с получением медицинских знаний о сущности процессов управления, протекающих в медицине и здравоохранении. Лечение также является управлением, но только проводимым с целью возвращения человеку утраченного здоровья, и объемы информации о лечении каждого больного превышают в десятки раз данные о здоровых.

С 1959 г. начали внедряться в практику профилактических и лечебных учреждений СССР методы медицинской кибернетики и вычислительная техника. Развиваясь как научное направление, в институтах клинического профиля возникла медицинская кибернетика, которая внесла существенный вклад в проблему познания здоровья и болезней человека, общества и природной среды, разрабатывая теории адаптогенеза, диагноза, прогнози-

рования, оптимального управления лечением, создавая модели течения заболеваний, модели управления здравоохранением и т.п. Однако сбор данных вручную на разнообразных носителях информации, сложность ввода и обработка данных, а также выделение из них информации и знаний все с большей очевидностью требовали решения задач автоматизации сбора и обработки информации, т.е. автоматизации ИС и ИК процесса управления. Это вызвало создание новой технологии сбора, обработки и переработки данных и информации на основе применения автоматизированных медицинских систем (МИС).

В узком смысле МИС — совокупность средств вычислительной техники, обеспечивающих ее математических программ общесистемного и специального профиля, а также периферийных устройств, рассчитанных на решение задач по сбору, обработке и хранению медицинских данных и информации. В настоящее время различают два больших класса МИС: автоматизированные и автоматические. Внутри классов можно выделить следующие МИС: 1) для обработки данных и информации справочного и фактографического типа (по направлениям медицины, в том числе библиотечные); 2) с функцией переработки информации: информационно-измерительные следящие системы с функциями накопления и хранения данных; переработки информации и предоставления ее операторам процесса управления для принятия решения или с принятием самостоятельного решения системой, если ей такая функция придана; автоматизированные системы профилактического обследования населения (АСПОН); диагностические информационные системы; прогнозирующие информационные системы; банки медицинских данных (БМД с функцией накопления и хранения данных и с приданными функциями переработки данных и информации; базы знаний (БЗ) по научным направлениям в медицине (коллективного пользования, персональные, эвристические); автоматизированные информационные системы для управления технологическими процессами в медицине и здравоохранении (АСУТП): автоматизированные системы управления здравоохранением (АСУЗ); базы медицинских знаний по управлению здравоохранением коллективного и персонального пользования.

Благодаря усилиям специалистов, работающих в области кибернетики, созданы принципы разработки и создания АСУ и АСУТП [6,7], а медицинскими кибернетиками сформулированы принципы создания медицинских информационных систем для клинической и профилактической деятельности в здравоохранении [8,9]. Развернулось усиленное внедрение МИС в практику здравоохранения, созданы республиканские информационно-вычислительные центры (РИВЦ), которые практически являются разработчиками и создателями ныне действующих МИС, ориентированных на управление здравоохранением. АСУ в системе здравоохранения строится на сети ВЦ и многих ЭВМ 3—4-го поколения, которые накапливают и оперативно обрабатывают огромные объемы данных и информации, т.е. в здравоохранении на уровне

его уравнивания сверху вниз (по вертикали) распространяется новая технология обработки медицинских данных, информации и знаний для управления.

Однако МИС, обеспечивающие сбор, обработку и переработку МИ профилактического и клинического процессов трудовой деятельности, в учреждениях здравоохранения не получили значительного развития, в результате чего имеется четкий разрыв по вертикали между источниками медицинской информации (они же объекты управления) и управляющими подсистемами "АСУ — здравоохранение". Тем не менее вычислительная медицинская техника со встроенными в нее микро-ЭВМ начинает постепенно внедряться в лечебно-профилактические учреждения и, безусловно, получит широкое развитие в XII и последующих пятилетках. В то же время создадутся условия для широкой автоматизации обработки и сбора медицинской информации о здоровье населения с помощью АСПОН и хранения ее в банках медицинских данных. Создание регистров для групп населения, имеющих факторы риска, позволит предупредить или начать раннее лечение развивающихся заболеваний.

Внедрение средств и методов медицинской информатики в лечебные учреждения создаст нормальные условия для работы врачам клинических профилей, которые в настоящее время тратят около трети рабочего времени на описание состояний больных в историях болезни, журналах, дневниках, листках назначений и т.д. Еще в 1968—1969 гг. разработаны методики создания формализованных историй болезни [8] для разных клинических профилей, проведена их апробация. В ряде клиник с их помощью в течение более 10—15 лет ведется описание лечебного процесса. Опыт показал, что такой подход заменяет старую технологию документирования лечения больных новой, более экономной, более информативной, позволяющей подготовить МИ к хранению и обработке в МИС, с целью повышения качества лечебно-профилактического процесса и управления им. Переход на технологию ведения больных с помощью таких историй болезни дает значительную экономию времени, что равносильно подключению к лечебно-профилактическому процессу многих десятков тысяч опытных врачей.

Создание формализованных документов профилактического направления позволит уже в настоящее время осуществлять мониторинг природной среды для определения воздействия на нее антропогенных факторов.

Однако отставание в области создания БМД этого профиля не позволяет оперативно оценивать состояние природной среды, а следовательно, принимать решение по ее оздоровлению путем повышения требований и осуществления действенного контроля за производствами, допускающими нарушения технологических процессов и выброса в том или ином виде, вредных а порой и чрезвычайно опасных для жизни человека и природы факторов.

Таким образом, медицинская информатика, порожденная в прошлом, благодаря усилиям медицинской кибернетики в настоящем, позволяет ускорить и сделать более совершенными процессы сбора, обработки и хранения

данных, информации и знаний для медицины и здравоохранения и тем самым повысить качество принятия решения в научной и практической деятельности этих социальных систем.

Медицинская информатика требует подготовки, обучения кадров, специалистов, в том числе и медицинских. Необходимо и преодоление психологического барьера при внедрении новой машинной информатики в здравоохранение, так как только машинная медицинская информатика создаст условия для решения в полном объеме задач профилактики, поставленных талантливыми врачами и организаторами здравоохранения — Н.А.Семашко и З.П.Соловьевым.

1. Ленин В.И. Философские тетради. — М.: Политиздат, 1978. — 751 с.
2. Сомьен Дж. Кодирование сенсорной информации. — М.: Мир, 1975. — 412 с.
3. Коган А.Б. Биологическая кибернетика. — М.: Высш. шк., 1977. — 407 с.
4. Винер Н. Кибернетика. — М.: Сов. радио, 1958. — 205 с.
5. Ленинская теория отражения и современность. — София: Наука и искусство, 1969. — 724 с.
6. Глушков В.М. Введение в АСУ. — Киев: Техника, 1974. — 318 с.
7. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. — М.: Статистика, 1975. — 159 с.
8. Амосов Н.М., Попов А.А. Медицинская информационная система. — Киев: Наук. думка, 1975. — 507 с.
9. Методы математической биологии. — Киев: Вища шк. 1984. — Т. 8. — 320 с.

УДК 007

Ю.Г.Антомонов

## ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Эволюция насыщенности "информатикой" процессов управления. С момента появления регулятора Уатта замкнулась отрицательная обратная связь и практически возникла первая искусственная система управления. Говорить о процессе переработки информации в системе управления с простой обратной связью можно лишь условно — в цепь обратной связи была включена лишь одна управляемая координата. Постепенная и поначалу медленная эволюция технических систем управления привела к тому, что для выработки текущего значения управляющего сигнала стала привлекаться не одна, а несколько координат объекта управления (координата и ее производные), которые не всегда можно было измерить, а надо было вычислять, да и переработка этих координат перестала ограничиваться простым вычитанием. Здесь уже переработка информации приобретала заметную роль и не замечать этого стало невозможно.

Появились сложные системы управления, способные в непрерывном режиме отслеживать динамические траектории. Возникла необходимость в

прогнозировании хода отслеживаемой траектории. Известная работа А.Н.Колмогорова [1] наметила пути математического описания такой задачи. Создание и совершенствование вычислительных машин привело к тому, что информатика непосредственно вклинилась в процесс управления. Одна из первых попыток обосновать синтез систем управления с непосредственным включением ЭЦВМ была предпринята нами в 1962 г. [2]. Тогда было показано, что для оптимального в смысле времени управления ЭЦВМ в контуре управления должна непрерывно решать сложную задачу определения момента переключения релейного управляющего сигнала.

Биологи не были в стороне от споров кибернетиков о соотношении информационного и чисто "управленческого" в сложных системах. Теория функциональной системы П.К.Анохина [3] дала основание утверждать, что какую бы сложную переработку информации не использовали в технической системе, его "афферентный синтез", "формирование цели" и "формирование программы достижения цели" являются сложней [2].

Управление как процесс установления адекватности. В 1965 г. мы выдвинули принцип адекватности, который регламентирует динамическое взаимодействие и стационарное равновесие между биологической системой управления (БСУ) и средой. В динамике разбаланс по числу состояний между БСУ и средой является причиной, приводящей в движение внешний контур управления и включающей процесс установления динамической адекватности. Нам удалось дополнить подмеченную У.Эшби адекватность по числу состояний адекватностью по организации принятия БСУ своих состояний, потребовать для нормального функционирования БСУ определенного соответствия между нестационарным законом распределения средой своих, воздействующих на БСУ, состояний, и законом распределения состояний БСУ, расклассифицировать их взаимодействие на слабое и сильное, вероятностное и детерминированное. Понятно, что в такой постановке между БСУ и средой непрерывно должно устанавливаться соответствие по показателям сложности:  $H_T$  и уровню организации, который удобнее записать в относительной форме (оценка Г.Ферстера)

$$R = 1 - \frac{H}{H_T}.$$

Таким образом, процесс управления, понимаемый как установление адекватности системы и среды, сам становится информационным процессом.

Затем следуют системы управления, которые при взаимодействии со средой не стремятся достичь полного соответствия, но удовлетворяются лишь соответствием (в частном случае равенством) между вероятностями принятия своих состояний и вероятностями принятия средой своих состояний. Это не детерминированное управление, а система сильного вероятностного управления.

Если соответствие между системой и средой устанавливается лишь на

уровне информационных оценок сложности и организации, мы говорим о системах слабого вероятностного управления. Такие системы в явном виде реализуют принцип адекватности и находятся на другом полюсе — полюсе недетерминированного управления. Таким образом, термины "управление" и "информационное соответствие" от детерминированных к слабым вероятностным системам переходят один в другой, причем "управление" в классическом смысле означает "детерминированное управление", а "информационное соответствие" — недетерминированный процесс и относится, скорее, к парафии информатики.

**Классификация биологических систем управления. Диаграмма.** В качестве основы для классификации могут использоваться различные факторы. Здесь примем за основу целевое предназначение БСУ, считая такой подход оправданным, так как деление БСУ по целевой функции влечет за собой их отличия по принципу действия и механизма функционирования. Классификационная диаграмма содержит по вертикали три уровня: цель, принцип действия БСУ и их основные механизмы. Слева направо цели БСУ выстраиваются по возрастанию их значимости для существования, выживания и усложнения биосферы. По мере возрастания значимости цели БСУ усложняются принцип их работы и механизмы функционирования.

**Иерархия целей.** В эволюционной биологии и в биологии активности различают два диалектически противоположных, но действующих в единстве, практически в любой биосистеме, свойства — устойчивость и изменчивость. БСУ демонстрируют оба эти качества, но в различных сочетаниях. Самый нижний по цели уровень БСУ демонстрирует в основном свойство устойчивости, обеспечивая преемственность систем биологического мира, их непрерывность. Перемещаясь вправо по шкале целей (см. рис. 1), мы видим уменьшение компоненты устойчивости и возрастание компоненты изменчивости, хотя даже у наиболее изменчивых эволюционных БСУ наличествует и компонента устойчивости. Итак, БСУ существования предназначены для сохранения и передачи потомкам эволюционно ценных качеств и свойств. Эти БСУ представляют собой как бы музей или "склад" отобранных в ходе эволюции ценных приобретений, но музей живой, музей, экспонаты которого полностью функционируют. БСУ реагирования выполняют функции динамического взаимодействия биосистем со средой и на фоне устойчивости организма по отношению к среде в целом создают возможность реагирования на переменных ее составляющих и обеспечивают организму сиюминутную жизнь в меняющейся среде. БСУ развития обеспечивают рост и развитие организма в онтогенезе на протяжении жизни. Для выполнения функции воспроизведения БСУ этого типа в биосистемах на различных уровнях иерархии используют различные способы самовоспроизведения. Для этого используются в основном вероятностные свойства БСУ, но сам способ воспроизведения дает возможность обеспечить устойчивость данного вида организ-

мов в филогенезе, т.е. выполнить определенную, но теперь более высокого уровня иерархии, детерминированную функцию. Наконец, БСУ эволюции дают возможность биосфере в целом сохраняться и развиваться в динамически меняющейся среде планеты.

**Детерминированные и вероятностные системы.** Наряду с устойчивостью и изменчивостью детерминизм и стохастичность образуют еще одну пару диалектически антагонистических, но действующих в единстве свойств биологических систем. Для оценки детерминизма, жесткости, упорядоченности, организованности системы и соответственно ее случайности, стохастичности, вероятностности, мягкости может применяться одна и та же информационная мера, предложенная К.Шенноном, Г.Ферстером [4,5], и использованная для классификации биосистем Ю.Г.Антомоновым [6]. Мера строится на правиле, что организация системы есть реализованная в ней неопределенность. Уровень абсолютной организации, детерминизма или жесткости системы —  $O$  равен

$$O = H_T - H,$$

где  $H$  — текущая неопределенность системы;  $H_T$  — максимально возможная в системе неопределенность. Эти величины рассчитываются соответственно как

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i,$$

где  $p_i$  — вероятность принятия системой  $i$ -го состояния;  $n$  — число состояний системы  $H_T = \log n$ .

Таким образом, любая БСУ может находиться по уровню организации в любой точке в интервале от  $O = 0$  — полностью дезорганизованная система, полностью хаотичная система, у которой  $H_T = H$  до  $O = H_T$ , т.е. полностью организованная система, у которой текущая неопределенность  $H = 0$ . Переход от этих двух крайних вырожденных систем является плавным и в зависимости от нахождения БСУ в конкретной точке интервала  $O - H_T$  она будет демонстрировать превосходство одних свойств над другими, например, вероятностных над детерминированными.

**Принципы функционирования БСУ. Принцип целеформирования.** Для создания БСУ необходимо тем или иным образом сформировать, определить или осознать цель будущей системы. Именно цель, как считал академик П.К.Анохин, является главным системообразующим фактором. Вокруг цели (как центра системы) формируются, группируются, структурно располагаются блоки БСУ, способствующие достижению цели. БСУ, таким образом, как любая функциональная система, по П.К.Анохину, является формированием динамичным, живым, в каждый момент времени в зависимости от смены цели содержащим различное число блоков и осуществляющим различное взаимодействие между блоками. Причем цель (как системообразующий фактор) вырабатывается самой системой в результате ее вза-

взаимодействия с окружающей средой. Таким образом, цель сама является продуктом непрерывно меняющегося процесса установления адекватности биосистемы и среды.

Для формирования и функционирования БСУ необходимо наличие следующих блоков: внутренней мотивации, памяти ситуаций и реакций на них; оценки обстановки или обстановочная афферентация; афферентного синтеза; формирования цели или акцептора действия; разложения цели на компоненты; выработки программы действия; выполнения действий; контроля соответствия результатов действия целям БСУ.

**Принцип иерархичности структур и функций.** Каждый уровень иерархии в живом имеет свои БСУ, которые взаимодействуют с другими БСУ своего иерархического уровня и с БСУ ниже- и вышележащих уровней. Таким образом, для любой БСУ характерны горизонтально-вертикальное построение и вложенность БСУ нижележащего уровня иерархии в БСУ вышележащего уровня. Последнее проявляется в том, что по отношению к своим элементам с их функциями БСУ как целостная система имеет свою собственную цель, интегрирующую функционирование своих элементов, хотя цель целостной БСУ является и ее функцией. С этой своей функцией БСУ вступает в структуру БСУ вышележащего уровня иерархии. В этой системе рассмотренная БСУ является лишь элементом, нормальное функционирование которого способствует формированию и достижению цели БСУ вышележащего уровня. И так далее. На этом принципе строится следующая иерархия биологических систем: аминокислоты, основания — макромолекулы; макромолекулы — белки; белки — органеллы клетки; органеллы, другие структурные элементы — клетки; клетки — органы; органы — физиологические, анализаторные системы; физиологические системы — внутренняя сфера; анализаторные системы — мозг; внутренняя сфера, мозг — организм.

**Принцип оптимальной структурно-функциональной сложности** состоит в том, что для образования БСУ необходим малый набор отличающихся по структуре элементов с разными функциями. Этот принцип действует на всех уровнях иерархии. Таким образом, природе достаточно иметь ограниченный набор структурно-функциональных элементов, чтобы создать функционирующую БСУ.

**Принцип оптимальной структурной автономности** заключается в том, что БСУ для того, чтобы взаимодействовать с окружающей средой, должна от нее отделиться. Целям структурной обособленности служат различного рода "мембраны". Так, с помощью принципа структурной автономности БСУ отделяет свои элементы от среды и открывает на среду только входы и выходы. Органы внутренней среды ограничены от среды и других органов, имеют специфические входы и выходы в виде входящих в органы артерий и выходящих вен. Целостный организм отделен от среды, хотя и непрерывно с ней взаимодействует, входами организма являются органы чувств, а выхода-



ми — опорно-двигательная мускулатура, когти, зубы, издавание звуков или речь (у человека).

Принцип оптимальной функциональной автономности говорит о том, что для нормального функционирования в той или иной целостной системе любой элемент БСУ, для своего уровня иерархии представляющий систему, должен обладать оптимальной в отношении своей выходной функции регуляцией. Такой автономной регуляцией обладает любая биологическая система и в этом смысле она представляет собой БСУ. Примеры автономии управления касаются БСУ любого уровня иерархии: автономия клетки, органа, физиологической системы, анализаторной системы, организма.

Принцип двухконтурности управления состоит в том, что БСУ любого иерархического уровня участвует во внутренней и внешней регуляции. Внутренний контур управления направлен на осуществление взаимосвязанной работы элементов данной БСУ, внешний — на взаимодействие данной БСУ с аналогичными ей, вместе с ней составляющими элементами БСУ следующего по иерархии уровня. Примеры такого двухконтурного управления можно привести для БСУ любого уровня иерархии — от клетки до организма.

Механизмы детерминированных БСУ. Механизм структурно-функционального резерва каждого структурного элемента БСУ. В природе каждый элемент, орган и система обладают большими структурно-функциональными резервами, например, при нормальной жизни организма в печени работает лишь одна треть клеток (гепатоцитов), оптимальная частота разрядов нервных клеток обычно составляет одну треть от максимальной, аналогично обстоит дело и с частотой сокращений сердца. Таким образом, если гематоциты являются элементами печени, как целостной БСУ, то налицо большое резервирование элементов (структурный и функциональный резерв). Несколько в ином плане представляется резерв нервной клетки и сердца как целостных БСУ. Здесь мы вправе говорить о чисто функциональном резервировании, достигаемом в рамках целостной структуры БСУ.

Механизм адекватности элементов и БСУ в целом может осуществляться за счет следующих частных механизмов: настройка по входному сигналу, предусматривающая изменение числа реагирующих элементов в зависимости от силы, величины, амплитуды, объема, поверхностного охвата внешнего воздействия; перестройка параметров, т.е. уменьшение величины реакции элементов и системы при повторяющихся воздействиях среды, причем под воздействиями среды можно понимать химические, физические и информационные; разрушение и повреждение элементов системы, зависящее от силы, длительности и регламента действия внешних факторов; репарация поврежденных структурных элементов, зависящая от внутренних ресурсов элементов и системы; регенерация разрушенных структур системы, зависящая от энергетических ресурсов и регенерационных способностей элементов и системы; создание новых структурных элементов, ориентированных

на оптимизацию функционирования БСУ при непрекращающемся воздействии среды.

Механизм реагирования БСУ на сигналы разной модальности предусматривает отклик системы на химическое, физическое и информационное воздействие. Адекватным каналом для реагирования на химические входные сигналы являются жидкие среды организма, кровь, межклеточная жидкость (часть органов чувств и т.п.), а для реагирования на физические факторы среды — почти все органы чувств, кинестетический анализатор, кожная поверхность и т.п. Для восприятия и реагирования на информационные воздействия служат зрительный и слуховой анализаторы, высшие отделы коры мозга, сознание.

Механизм совмещения в БСУ неоднородных по времени процессов заключается в том, что БСУ может реагировать на быстрое изменение среды и отвечать с разными постоянными времени на химические — медленные (изменение концентраций химических веществ), физические — среднебыстрые (изменение силы полей, напряженностей, температуры, давления и т.п.) и информационные — быстрые (эмоциональная и логическая информация) воздействия, медленное изменение среды при развитии индивида в онтогенезе и супермедленное изменение среды, сопровождающее развитие вида в филогенезе.

Механизм компенсации или дублирования основной функции БСУ за счет включения в работу резервных структурных элементов обеспечивает устойчивое в широком диапазоне изменение внешних условий достижения цели БСУ, которое становится возможным при наличии структурно-функциональных резервов.

Механизм компенсации основной функции БСУ за счет включения горизонтально-смежных систем. Например, пополнение энергетических запасов организма после срочного израсходования сахара крови системой углеводного обмена происходит путем включения в работу системы жира-липоидного обмена. При беге организм расходует свои запасы гликогена примерно за полчаса и спустя это время начинают распадаться жиры, обеспечивающие в дальнейшем поддержание приемлемого для организма уровня сахара крови.

Свойства вероятностных БСУ. В отличие от детерминированных вероятностные БСУ демонстрируют при функционировании дополнительные принципы, механизмы и свойства, хотя в "чистом" виде в природе не существует БСУ, обладающих только детерминированными или только вероятностными качествами.

1. Принцип единства детерминированных и вероятностных свойств — чтобы БСУ могла реагировать, обучаться, развиваться, эволюционировать, необходимо диалектическое единство вероятностных и детерминированных механизмов на всех этапах взаимодействия с внешней средой. Особенно наглядно проявляется действие этого принципа в БСУ воспроизведения и

эволюции. Так, воспроизводящие механизмы проявляют себя на уровне макромолекул, клеток, организма. Сам факт воспроизведения является при определенных условиях вполне детерминированным и в то же время любой детерминированный акт воспроизведения порождает себе подобную БСУ с несколько отличными от "родителя" свойствами. Отличие качеств потомства от качеств родителей обязано вероятностным случайным факторам среды и вероятностным механизмам внутри БСУ.

Отметим, что этот принцип действует и на уровне более детерминированных БСУ, выступая там, однако, не на первое место, и имея второстепенное по сравнению с другими принципами, перечисленными выше, значение.

2. Принцип случайной интеграции элементов в систему позволяет динамично формировать БСУ и наилучшим образом выполнять ей свою детерминированную функцию. Действие этого принципа вскрыто при изучении нейронных сетей мозга. Нейронные структуры анализаторных систем при повторении ситуаций среды устойчиво, детерминированно обучаются и создают новые стереотипы поведения, используя при этом любые "подвернувшиеся" при обучении нейронные ансамбли. Таким образом, вероятностная интеграция нейронов в нейронной сети работает в единстве с детерминированным актом обучаемости этой сети.

Принцип разрушения детерминизма — при организации новых форм поведения, например, при формировании условного рефлекса или обучения, необходимо разрушить старую организацию поведения и пройти через полную неопределенность поведения. В динамике это означает, что уровень организации (оценка У.Ферстера [5]) в начале обучения равен единице, через несколько шагов обучения становится равным нулю, а затем вновь постепенно при закреплении новой формы поведения становится равным единице. Любой организм при обучении обязательно проходит стадию "буриданова осла", когда вероятности старого и нового поведения на данном шаге обучения равны и составляют 50/50. В этом случае принцип единства вероятностных и детерминированных свойств БСУ проявляется в динамике. Вероятностным БСУ мозга свойственны следующие свойства: параллельная обработка информации в силу большого числа нейронных систем, включаемых внешними сигналами; полиалгоритмичность обработки информации, связанная с параллельной обработкой одних и тех же входных сигналов случайно возбужденными нейронными структурами; гибкость алгоритмов любой структуры нейронной сети и переход от одного алгоритма к другому в зависимости от факторов среды и внутренних состояний (подвозбуждение, эмоции и т.п.).

Современная оценка кибернетики. Сейчас обнаружили две тенденции развития кибернетики. С одной стороны, считается, что кибернетика отжила свой век и в целом ряде специальностей, например, по классификации ВАК слово "кибернетика" заменено на слово "управление", с другой — как

нечто совершенно новое в качестве самостоятельной и почти всеобъемлющей науки выделяют информатику.

Кибернетика является столь же функциональной наукой, как химия, занимающаяся веществом и его превращением в различных системах, и физика, исследующая энергию и ее преобразование тоже в системах различной природы. Она занимается организацией, в смысле У.Ферстера [5], и информацией в смысле К.Шеннона [3] систем различной природы в целях управления. При этом организация отражает объективную реальность усложняющейся материи, а информация выступает как предмет и результат взаимодействия объектов реального мира и познающих их субъектов, т.е. отражает субъективную сторону процесса познания. Та и другая стороны необходимы либо для познания динамических процессов изменения объектов — процессов управления в них, либо для синтеза внешних по отношению к этим объектам систем управления. Таким образом, информатика и управление — только часть, но не все задачи кибернетики.

При развитии кибернетики (в частности, биологической кибернетики) никто никогда не принижал да и не мог в силу постулирования ее предмета (как науки) признать роль информатики и управления — в рамках кибернетики они постоянно развивались и стало возможным появление информационных систем, которые сами становятся предметом исследования информатики — здесь прямая заслуга кибернетики.

Можно было бы предположить, что выделение из кибернетики ее двух главных составляющих — информатики и управления — является отражением чисто прогрессивного процесса дифференциации наук. Однако достаточно сказать, что теория регулирования и управления развивалась до кибернетики и послужила одной из основ кибернетики в дальнейшем, а информатика, приняв лучшее, что могла дать теория информации, существовала параллельно с кибернетикой с конца 60-х годов. Если кибернетика на базе теории управления и теории информации стала наукой синтетической, то двум старым, но вновь выделенным наукам синтетической стороны будет чем дальше, тем больше не хватать. Уже поэтому ни каждая из этих наук порознь, ни их простая сумма претендовать на полноценную замену кибернетики не могут. Введение в качестве якобы новой специальности "управления", по сути, является отступлением к взглядам 30–40-х годов, а по отношению к кибернетике возводит в ранг самостоятельности всего одну из ее задач. Введение "информатики" в качестве науки может оказаться полезным, но не для подмены кибернетики, а для более углубленного анализа чисто информационных процессов в системах различной природы.

1. Колмогоров А.Н. Интерполирование и экстраполирование случайных последствий. — М.: Изд-во АН СССР, 1941. — 110 с.
2. Антомонов Ю.Г. Автоматическое управление с применением вычислительных машин. — Ленинград: Судпромгиз, 1962. — 340 с.
3. Анохин П.К. Теория функциональной системы // Успехи физиологических наук. — 1970. — 1, № 1. — С. 19–54.

4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. — М. Мир, 1963. — 889 с.
5. Ферстер У. Самоорганизующиеся системы // Самоорганизующиеся системы. — М.: Мир, 1964. — С. 5—23.
6. Антомонов Ю.Г. Исследование некоторых элементарных и интегративных реакций нервной системы с применением метода моделирования: Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. — Киев, 1970. — 47 с.

УДК 331.11

В.В.Павлов

## ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМ ЧЕЛОВЕК — МАШИНА

Термин "эргономика" принят в 1949 г. для обозначения группы наук о человеке, предметом исследования которых является сам человек как субъект труда, познания и общения (инженерная психология, психология труда, физиология труда, гигиена труда, профилактика труда, безопасность труда, художественное конструирование, антропология).

Теория автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) относится к разделу кибернетики, предметом исследования которого являются методы создания и технические средства оптимальных информационно-вычислительных систем управления технологическими процессами. Материально информационно-вычислительные средства образуют комплекс технических средств (КТС), по своей сути выступающих в роли орудия труда человека. Таким образом, если в эргономике исследуется КТС, т.е. машина, то в теории АСУ ТП — собственно человек как субъект труда: с системных позиций исследования процесса труда оба данных комплекса наук образовались в результате естественной дифференциации общей проблемы "человек — машина" на автономные компоненты.

Задача интеграции данных дифференциальных компонентов в единую методологию общесистемной оптимизации системы "человек — машина" является предметом исследования "теории эргатических систем", представляющая (как и теория АСУ ТП) один из разделов кибернетики. Термин "эргатическая система" (ЭС) принят в 1960 г. на I Международном конгрессе Международной федерации по автоматическому управлению для обозначения системы, включающей человека-оператора, в качестве которого подразумевается человек как материальная система, без различия физической или интеллектуальной деятельности, целесообразно функционирующей в совокупности с комплексом технических средств.

Исходная концепция для создания теории эргатических систем опирается на известное положение К.Маркса о том, что любое техническое средство труда является "продолжением" человеческих рук и мозга. А поскольку ЭС

представляет собой систему, состоящую из человека и орудия труда, в которой орудия труда и есть те технические средства, с помощью которых возможно "продолжение и усиление функций человека, направленных на достижение трудовой цели", то рассмотрение закономерностей, присущих ЭС, и логика построения теории функционирования таких систем по необходимости должны вытекать из рассмотрения закономерностей функционирования (поведения, функционирования его физиологических систем) человека как организма.

Сказанное указывает и на класс ограничений развиваемой здесь теории. Первое ограничение относится к виду ЭС: мы будем рассматривать лишь технические эргатические системы, использующие в качестве орудия труда некоторый набор технических средств (машин). Другое ограничение касается широты охвата тех закономерностей, которые свойственны живым организмам и необходимы для построения теории эргатических систем. Мы будем рассматривать закономерности психических и физиологических процессов только в их функциональном проявлении при достижении человеческой производственной деятельности.

Концептуальную основу теории эргатических систем составляет триада следующих концепций: системного подхода к проблеме взаимоотношений человека с создаваемым им искусственным миром; теории функциональных систем организма человека И.П.Павлова – П.К.Анохина; организмической теории эргатических систем В.В.Павлова.

Первая составляющая триады задает методологию построения наиболее правдоподобных моделей закономерностей функционирования и организации эргатических систем, содержащую указания на метод выявления, возможно, более полной системы основных факторов системы взаимодействия человека, машины и среды, с одной стороны, и критерии отбора наиболее достоверной модели этих взаимоотношений (правило Оккама) – с другой.

Вторая составляющая в системе концепций (теория функциональных систем) охватывает единым "изоморфным" пониманием "архитектуры" организации живого на всех его уровнях (физиологическом, сенсорно-перцептивном, нейрофизиологическом, психическом) и в каждом целостном компоненте, вплоть до человека как такового. При анализе механизмов функционирования ЭС предметом действия теории функциональных систем является человек-оператор на рабочем месте, что позволяет в определенной мере проникать во внутренние (интимные) механизмы организации, образования и становления операторской деятельности человека в процессе его взаимодействия с комплексом технических средств эргатической системы.

Третья концепция (организмической теории эргатических систем) представляет по своей сути сумму технологий ЭС и позволяет объединить синтетические и аналитические подходы к исследованию и созданию ЭС.

Организмическая теория эргатических систем, с одной стороны, распространяет идеологию изоморфности функциональных систем живых организмов на эргатические функциональные системы, с другой — задает изоморфную систему принципов построения самих функциональных структур и свойств ЭС, адекватных условиям и задачам ее функционирования.

Важный момент теории ЭС — роль человека в системе. Она может быть различной. Крайними полюсами являются случаи, когда человек либо выполняет (в той или иной мере) функции управления, либо является частью или целым некоторой системы, на которую направлено действие управления, например, шофер — автомобиль, пилот — самолет, диспетчерская служба — завод, диспетчер — аэропорт; воинское подразделение, и т.д. Таким образом, понятие ЭС достаточно широко и охватывает практически всю деятельность человека. Рассмотрим ЭС, которые относятся к классу технических управляющих систем, содержащих в своем составе человека.

Целесообразность рассмотрения именно такого класса систем следует из того факта, что по своей природе все системы управления либо непосредственно являются эргатическими системами, либо входят в состав более сложных эргатических систем управления. Все системы создаются человеком для удовлетворения своих жизненных потребностей, т.е. все искусственно созданные системы служат "орудием" в борьбе за существование человека как биологического вида. Сам же процесс этой борьбы, независимо от степени ее детализации, в функциональном понимании образует замкнутую целенаправленную систему управления, включающую в себя, как минимум, человека и "орудие действия" (искусственную систему), а также объект действия и среду, в которой вся система функционирует, где объект действия может быть сама среда или ее часть.

Таким образом, ЭС являются наиболее общим типом систем управления, принадлежащим наивысшему уровню систем управления, тогда как автоматические системы управления, функционирующие без участия человека, относятся к более низкому уровню, хотя возможно и существование таких двух систем — эргатической и автоматической, где бы ЭС относилась к более низшему уровню, чем автоматическая. Для выявления же принципиального соотношения эргатических и автоматических систем, как таковых на уровне понятий, можно предложить очевидное неопровергаемое утверждение: какова бы ни была автоматическая система, всегда может быть найдена ЭС, содержащая в своем составе данную автоматическую систему в качестве одной из своих подсистем.

Для иллюстрации изложенного очень наглядна последовательность "орудий действия" (называющихся на языке теории управления "исполнительными элементами"), применяющихся в ЭС, например, возможна такая последовательность следующих исполнительных элементов: камень, палка, рычаг, нож, огонь, ружье, паровая машина без регулятора, паровая машина с регулятором обоготов, энергетические установки различной природы

(двигатели внутреннего сгорания, теплоэлектроцентрали, гидроэлектрические станции, атомные станции и др.), самолет, ракета, автомобиль и др. Каждый элемент приведенного ряда можно представить в виде различной степени сложности в зависимости от степени подробности и детализации их описания. Однако с точки зрения функционального использования их человеком многие из них являются так называемыми функциональными синонимами, например, камень и ракета, рычаг, паровая машина, усилитель, электронный микроскоп, земля и др. ЭС — самый древний вид систем, создаваемых человеком, а длительность их существования соответствует возрасту человечества. Однако теория построения таких систем существенно менее развита, чем теория создания автоматических систем, хотя по сравнению с ЭС становление АСУ ТП только начинается.

Взаимоотношения человека с рассматриваемыми системами связывают с представлением о возможностях человека-оператора как составного звена ЭС, неоднозначно трактуемого различными авторами. Решение этого вопроса ставится в зависимости от "модели связей" в ЭС, детального анализа функций, выполняемых человеком в замкнутой системе, их психофизиологической оценки, а самое главное — от принятых авторами позиций по отношению к проблеме "человек — машина" в целом и к проблеме "человека" в ней, в частности. Ответ на вопрос о возможностях человека очень сложен и может даваться с различных позиций (психологии, техники, теории управления, физиологии и др.), где выбор любой из них является принципиальным. Главным остается условие, чтобы выбранные позиции позволяли создавать замкнутые системы управления с человеком внутри себя. ЭС содержит разнородные элементы (живые и неживые), объединенные в единое функциональное целое, что требует и единого описания всех ее элементов. Но именно это требование и встречает в среде исследователей наибольшие споры, потому что возникает необходимость единого рассмотрения различных по своему внутреннему строению элементов системы (машина, человек и среда). Однако это лишь кажущиеся различия, поскольку природа едина и Единство природы обнаруживается в "поразительной аналогичности" дифференциальных уравнений, относящихся к разным областям явлений" [4, с. 306].

Если требуется проанализировать работу ЭС с точки зрения определения ее точностных возможностей при заданном нормальном законе и точности ее функционирования, то с позиций теории управления всегда могут быть определены те предельные значения точности выполнения "функциональных обязанностей" каждого элемента системы, в том числе и человека, которые не противостоят общей постановке задачи функционирования всей системы. Тем самым и задается пороговое значение точности детализации поведения особого элемента эргатической системы — человека-оператора.

Предмет исследования ЭС составляют следующие задачи: анализа и синтеза структур эргатических систем; построения характеристик "человека"



как звена замкнутой системы управления; эффективного и рационального распределения функций между человеком и техническими устройствами, воздействующими на среду; оптимального согласования характеристик человеческого звена системы с ее техническими характеристиками и др. Без успешного решения этих задач может оказаться невозможным в ряде случаев использование самых современных технических устройств, которые в современном производстве могут иметь такие технические характеристики, в полной мере которыми пользоваться и применять на практике человек не в состоянии из-за своих низких точностных и скоростных характеристик в принятии, переработке передачи, введения управляющих воздействий и т.д. В данном случае НТР как бы порождает конфликт между возможностью создания технических устройств и возможностью их использования в эргатических системах с обычно принятыми структурами (т.е. со структурами эргатических систем, условно называемых системами "первого поколения" и полученными "пассивными" методами интуитивно-экспериментального характера). Теория ЭС должна позволить в общем случае принципиально разрешить данный конфликт за счет разработки "активных" методов построения структур ЭС, обладающих заранее заданными техническими характеристиками.

Основная системная концепция теории ЭС — организмическая, позволяющая объединить в единое целое основные положения как теории управления, так и теории живых организмов. В основе организмического подхода лежит принцип использования результатов многовекового эволюционного развития живых организмов и человека в качестве объективной основы для создания совершенных ЭС. Поэтому мы включаем в организмический метод разделы, в которых анализируются и формулируются общие результаты эволюционного развития живых организмов, дается их математическая формализация, приобретающая в "организмическом" методе форму объективных законов построения эргатических систем.

Теория управления в организмическом методе, по нашему мнению, должна составить раздел, предназначенный для реализации указанных объективных законов в виде структур ЭС управления и конкретных их реализаций. Такой синтез теории живых систем с теорией управления в единую организмическую теорию по самой своей эволюционной сути задает такую иерархию их применения при разработке эргатических систем, при которой приоритет отдается теории живых систем.

На необходимость такого подхода к проблеме ЭС в последнее время начинают указывать специалисты по психологии. Например, один из ведущих специалистов в этой области А.Н.Леонтьев считает, что в проблеме "человек и техника" для выхода из сравнительно узкого горизонта инженерно-психологического подхода нужно увидеть не в человеке машину, а в машине — осуществление сущностных сил человека.

По функциональной сути теория ЭС исходит из активной концепции уп-

равления производственным процессом, предполагая, во-первых, комплексную организацию процесса проектирования всей системы, состоящей из объекта и управляющих средств и в целом предназначенной для наилучшего решения производственной задачи, во-вторых, такую организацию собственно процесса управления объектом, при которой комплексно, интегрированно по месту и времени используются все средства воздействия на объект для целенаправленного изменения как входных воздействий, непосредственно влияющих на технологический процесс, так и воздействий на объект, изменяющих его состояние, включая структуру, компоновочную схему и конфигурацию объекта, во всей своей совокупности приводящих к оптимальным форсированным производственным процессам, нормально функционирующим и при значительных колебаниях внешних условий технологического процесса.

Пассивная концепция проектирования и управления является частным случаем активной концепции, поскольку она предполагает лишь построение системы управления для заданного технологического объекта и, как правило, для малых колебаний внешних условий. Тем самым активная концепция как бы поглощает пассивную концепцию создания систем, обеспечивая новым системам расширение диапазона нормальных (штатных) режимов работы, в состав которых включается значительное число аварийных режимов систем, созданных пассивной процедурой проектирования, при одновременном более высоком уровне надежности ее функционирования за счет естественного и нормального для них многократного резервирования основной технологической схемы процесса.

Другая исходная позиция теории ЭС следует из того факта, что они являются человеко-машинными системами, что требует (при необходимости) решения на этапе проектирования проблемы совместимости человека и машины в функциональную единую структуру, соответствующим образом реализующую технологический производственный процесс.

Проблема совместимости человека и машины может рассматриваться в системном и эргономическом аспектах. Если их не учитывать при создании систем, то получим результаты, прямо противоположные ожидаемым. Особенно их роль возрастает в системах, реализующих активную концепцию.

Системный аспект совместимости заключается в проектировании конкретных функций человека-оператора и машины, которые в совокупности оптимально решают стоящие перед всей системой задачи с заданным уровнем надежности и образуют структуру, оптимальную с точки зрения совокупности определенных по техническому заданию показателей, содержащих показатели гармоничного взаимодействия человека и машины. В качестве остальных показателей оптимальности структуры могут выступать стоимость, вес, размер, эстетичность, конкурентоспособность на внешнем и внутреннем рынках, социальная значимость, технологичность создания и эк-

сплуатации, сложность, сложность и стоимость эксплуатации, сроки амортизации, оборачиваемость капитальных затрат и т.д.

Эргономический аспект проблемы совместимости состоит в обеспечении оптимальной реализации выбранных на системном уровне проектирования функциональных обязанностей человека в системе путем оптимальной организации деятельности оператора на рабочем месте, включающей следующие основные эргономические проблемы: 1) оптимизация способов и средств передачи информации человеку-оператору; 2) оптимизация способов и средств введения управляющих воздействий человеком в машину; 3) инженерно-художественно-конструктивная организация рабочего места; 4) оптимизация операторской деятельности человека по целесообразному преобразованию предъявляемой ему информации в управляющие воздействия.

Разделение проблемы совместимости на два аспекта условно, поскольку оба они связаны тесными функциональными связями, что затрудняет решение всей проблемы создания высокоэффективных человеко-машинных систем. Приходится констатировать, что проблема оптимальной организации деятельности человека-оператора в системе неразрывно связана с решением трех основных проблем: эргономической совместимости человека с машиной; системной совместимости человека с системой; оптимальной целевой совместимости системы с требованиями, предъявляемыми к ней согласно техническому заданию.

Решение этих проблем в своем единстве и взаимодействии представляет собой предмет системного проектирования человеко-машинных систем, которое предназначено для создания реальных систем, обладающих наперед заданными свойствами своего функционирования во всей совокупности условий, в том числе и в условиях неопределенности. Здесь следует подчеркнуть, что теория эргатических систем использует в своей методологии понятие "неопределенность" как объективную характеристику взаимосвязи возможного и действительного, присутствующую как на этапе создания, так и на этапе функционирования реально созданной системы.

Проектирование человеко-машинных (эргатических) систем в своей основе использует утверждение: какой бы ни была система (автоматической или эргатической), всегда найдется такая ЭС, в состав которой входит данная система в качестве одной из ее подсистем. Любая система входит непосредственно в состав, по крайней мере, двух ЭС высшего по отношению к ней уровня — функционального управления (ЭСУ) и синтеза операций (ЭССО). Функциональные уровни — это уровни производственных отношений, а уровни синтеза операций — уровни систем, проектирующих данную систему.

При синтезе данной системы выделяют ЭСУ и ЭССО, принадлежащие к уровням ее непосредственного окаймления, а саму процедуру синтеза систем

рассматривают в неразрывной системной связи с системами непосредственного окаймления, эффективно используя понятия "виртуальный субъект" и "виртуальный объект".

Под понятием "виртуальный субъект" понимают некоторую совокупность устройств изменяемой части системы, осуществляющих часть или весь объем функций по превращению системы в целесообразную с точки зрения ЭС синтеза операций. В функциональной системе управления виртуальный субъект необязательно должен содержать в своем составе человека-оператора, но по своей сути он обязан отражать представления ЭССО о сущности целенаправленных действий субъекта в системе, т.е. быть моделью поведения субъекта. В этом случае система называется "псевдоэргатической" (в указанном выше смысле), но система синтеза операций обязательно должна быть эргатической, а ее виртуальный субъект обязательно содержит человека-оператора.

Виртуальным объектом называют часть общей целесообразной системы, образующуюся после исключения из нее виртуального субъекта и содержащую в своем составе "объект" как принципиально неизменяемую часть всей системы, на которую собственно и направлено действие виртуального субъекта.

Представление целесообразной системы в виде виртуального субъекта и виртуального объекта неоднозначно и целиком определяется ЭССО. Каждое такое представление системы называется его "версией". Любой виртуальный объект всегда содержит устройства ввода и вывода информации.

Для субъекта устройство вывода информации в виртуальный объект — это пульт непосредственных локальных орудий труда (ПНЛОТ), а устройство ввода — информационная модель объекта, воспринимаемого субъектом. В том случае, когда субъектом является человек-оператор, устройство ввода и вывода информации физически образует его рабочее место.

Каждая функциональная система представляется множеством (i) версий. Крайними элементами множества являются следующие из них: виртуальный субъект — объект; человек — оператор — виртуальный объект; субъект — виртуальный объект. Процедуры системного синтеза эргатической системы направлены на формирование оптимальных свойств у всех версий виртуального объекта. При этом система всей совокупности процедур берет начало от общего организмического принципа теории эргатических систем, а именно: в оптимальной эргатической системе любая версия виртуального объекта представляет организмически оптимальную надстройку виртуального субъекта.

Данный принцип фактически требует принципиальной совместимости структуры самого человека-оператора, выполняющего целесообразные действия в системе, со структурой виртуального объекта. Это совмещение реализуется на основе тех принципов, которые выработались у живых организ-

мов и человека в процессе их многовековой эволюции. В системном смысле общий организмический принцип включает совокупность следующих принципов.

1. Принцип активности: ЭС должна быть, по крайней мере, потенциально активной в некоторой непустой области  $Q_{\text{акт}}$  пространства состояний  $X$ -системы.

2. Принцип функционального гомеостазиса. ЭС должна обеспечивать существование некоторого непустого множества  $\epsilon$ -стабильных своих функциональных поведений при решении любой из своих частных или общих задач в различных внешних по отношению к системе обстановках.

3. Принцип технологического гомеостазиса: ЭС должна удерживать существенные для своего нормального функционирования переменные в допустимых пределах.

4. Принцип автономности: макропроцесс функционирования гомеостатичной многомерной эргатической системы должен образовываться из совокупности автономных микропроцессов функционирования автономных виртуальных объектов.

5. Принцип стационарности: в ЭС каждый автономный гомеостатичный виртуальный объект должен обладать стационарными в пространстве и времени свойствами.

6. Принцип наименьшего действия: в ЭС стационарный автономно организованный гомеостатичный виртуальный объект должен обладать такими свойствами, при которых виртуальный субъект при минимальном своем действии мог бы выработать (создать) и осуществить алгоритм достижения заданного или максимального уровня эффективности всей системы.

7. Принцип сбалансированного взаимоотношения надпороговой и подпороговой организаций: при создании ЭС  $\epsilon$ -порог реализуемости свойств организмической оптимальности в виртуальном объекте должен быть таким, чтобы при  $\epsilon_1$ -уровне этих свойств у всей системы сохранялась неизменной  $\epsilon_2$ -взаимосвязь виртуального субъекта с внешней и внутренней средой системы.

8. Принцип совместимости человека с ЭС: человек-оператор в совокупности с виртуальным объектом при необходимости должен образовывать оптимальную целесообразную систему, для чего нужно следующее: целевая совместимость с системой, при которой цели человека и всей системы непротиворечивы; критериальная совместимость, требующая, чтобы критерии, образуемые в системе синтеза операций для оценки функционального поведения человека в создаваемой системе, входит в состав общей системы критериев оценки всей системы; функциональная совместимость, требующая, чтобы функциональные возможности человека как составного элемента замкнутой системы допускали образование целенаправленной и целесообразной системы.

9. Принцип реализуемости функциональной структуры ЭС: функциональная структура системы при ее реализации эргатическими, машинными и программными средствами должна оставаться неизменной и тождественно равной самой себе.

10. Принцип рациональности: из нескольких ЭС, предназначенных для решения одного класса задач, рациональной считается та, которая при прочих равных условиях обладает большими возможностями к нормальному функционированию при неблагоприятных внешних условиях.

Базис, на котором объективно строится процедура системного синтеза ЭС, — объект управления, выступающий в роли обобщенного орудия труда человека-оператора. Сама же процедура синтеза состоит из следующих девяти этапов (или уровней).

I. Синтезируется виртуальный объект, обладающий свойствами функционального гомеостазиса (включая и технологический) в некоторой области пространства состояния, за счет создания устройства, подключение которого к объекту преобразует его в некоторый виртуальный объект, состояние которого не зависит от среды, а состояние выходных переменных зависит лишь от некоторых входных управляющих переменных  $P_u$  созданного устройства. На данном этапе создается функционально-гомеостатизирующая операционная подсистема преобразования параметров  $P_u$  в управляющие параметры объекта  $u$ , в результате действия которой в распоряжении у оперирующей стороны оказывается виртуальный объект, обладающий свойствами функционального и технологического гомеостазиса.

II. Создается операционная подсистема для преобразования виртуального объекта первого уровня в виртуальный объект, обладающий свойствами автономного управления выходными переменными объекта посредством параметров  $P_d$ , являющихся входными для виртуального объекта второго уровня.

III. Создается операционная подсистема, придающая виртуальному объекту третьего уровня свойство стационарности.

IV. Создается операционная подсистема четвертого уровня, придающая своему виртуальному объекту свойства, необходимые для реализации на практике принципа наименьшего действия субъекта. Функциональный смысл данной операции — такое максимальное упрощение (редукция) для субъекта свойств виртуального объекта четвертого уровня, которое позволяет ему с минимальными временными, материальными, точностными или какими-либо другими затратами вырабатывать и осуществлять алгоритмы оптимального в смысле "технического задания" функционального поведения виртуального объекта в пространстве состояния.

Здесь различают несколько альтернативных решений задачи редукции свойств виртуального объекта: решения в классах внешней и внутренней редукций. Первый класс отражает позиции виртуального субъекта эргатиче-

ской системы синтеза операций, а второй – позиции виртуального субъекта в самой создаваемой эргатической системе.

Если позиции редукции системы отражают стратегические альтернативные установки в решении задачи синтеза эргатической системы, то структурные альтернативы разрешения задачи синтеза операционных систем дают тактические установки. Так, в случае структурно ограниченной тактической установки проектировщик задается классом структуры операционной системы (например, полной упорядоченной структурой), а в случае абстрактной тактической установки – структуру операционной системы получают непосредственно из процедуры синтеза операционной системы.

V. На этом этапе, представляющем основу активной концепции проектирования и управления, решаются проблема синтеза объекта управления и выбор технологии управления его состоянием, исходя из принципа целесообразности создаваемой системы, отражающего взаимоотношение целей и возможностей системы. Если конечные цели поведения системы обозначены через  $S$ , пространство управляемого состояния объекта при заданной технологической схеме  $\beta$  в условиях среды  $V$  – через  $Q_x^{yc}(\beta)$ , то объект и технологическая схема управления объектом должны быть выбраны такими, чтобы избыточность возможностей  $Q_x^{yc}(\beta)$  объекта с системой и цели системы  $S$  находились в отношении

$$Q_x^{yc}(\beta) \cap S \neq \emptyset.$$

VI. Создается операционная система для каждой стратегической и тактической установок создания системы, обеспечивающая оптимальное управление виртуальным объектом четвертого уровня для объекта, обладающего потребным уровнем избыточности функциональных свойств, чем и определяется потребный состав системы обеспечения функционирования основного функционального контура. Как правило, всегда требуется обеспечение системы информацией о состоянии системы, отражаемой его математической моделью с допустимой для каждой установки  $\epsilon$ -точностью, а также обеспечение  $\epsilon$ -информацией о состоянии входных, выходных параметров объекта и параметров среды.

VII. Создается информационная система обеспечения основного контура текущей информацией, обладающей  $\epsilon$ -уровнем неопределенности, как задача разрешения конфликта между  $\epsilon_f$  (допустимым уровнем неопределенности функционирования основного контура) и  $\epsilon_n$  (возможным уровнем его информационного обеспечения);  $\epsilon_f \geq \epsilon_n$  – оптимальный случай в смысле действия принципа наименьшего действия. Решение задачи в таком оптимальном смысле представляет собой бесконфликтную балансировку  $\epsilon_f$ -свойств основного контура,  $\epsilon_n$ -свойств информационного контура и  $\epsilon$ -свойств реализуемости операционной системы с требованиями "технического задания" на  $\epsilon_{T.3}$  – качество функционирования системы.

VIII. Для каждой полной структуры, состоящей из основной и информационной систем, производится распределение функций между человеком и

машиной, реализующих в совокупности по принципу наименьшего действия данную полную функциональную структуру.

Решение основывается на использовании обобщенных функциональных характеристик (ОФХ) функционального элемента системы (человека, машины), задающих связь между длительностью  $\Delta t$  интервала времени устойчивого выполнения данным элементом операции (или более общее — операторской деятельности  $Q$ ), с точностью не ниже  $\epsilon$  над информацией, характеризующей динамическим оператором  $R$ , в реальном масштабе времени.

Общность такой характеристики следует из того, что в ней отражена системная взаимосвязь между понятиями "сложности операторской деятельности" и "информации", "напряженность", "надежность", "квалификация". Для каждой  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$  величина  $\Delta t$  является интегральным показателем напряженности и сложности операторской деятельности элемента. Она отображает субъективность понятий "сложность" информации  $R$ , оператора  $Q$ , поскольку одна и та же информация  $R$  для разных типов операторской деятельности  $Q_i$  и  $Q_j$  различна, различна она и для различных типов элементов: человека, машины.

Особенность характеристик ОФХ в том, что для человека-оператора она отражает системную сущность операторской деятельности человека на конкретно сконструированном рабочем месте, содержащем СОИ и ПНЛОТ, а для машины с конкретными характеристиками устройств — связи его с объектом (УСО).

Решение задачи распределения функций между человеком и машиной неразрывно связано с конструированием "рабочего места человека" и "рабочего места" машины, оптимизацией операторской деятельности как человека, так и машины в смысле максимизации длительности интервала устойчивого выполнения альтернативных типов операторской деятельности, выбираемых из числа необходимых в полной функциональной структуре системы.

Рабочее место человека-оператора в функциональном смысле представляет собой систему организации диалога между человеком и виртуальным объектом, образуемую тремя системами: передачи сообщения от человека к машине, и от машины к человеку, языка общения человека и машины. Все три системы функционально зависимы и одновременно входят в состав соответствующего виртуального объекта и тем самым должны подчиняться той же совокупности организмических принципов, которые использованы при создании виртуального объекта. Все три системы должны представлять организмически оптимальную аппаратно-языковую интерпретацию операторской деятельности ( $R$ ,  $Q$   $\epsilon$ ), т.е. рабочее место должно быть проблемно-ориентированным, а принципы его построения те же, что и изложенные выше, по смыслу адекватные инженерно-психологическим принципам.

Системы передачи сообщений от человека к машине и от машины к человеку для человека-оператора не имеют смысла, если для них не определен



язык пользователя, его грамматика. Основой операторского языка служит семиотика технических средств СОО и ПНЛОТ, представляющая систему кодов, предназначенных для обозначения букв, слов, понятий и предложений, из которых образуется "речь" оператором или для оператора: управляющее воздействие или информационное сообщение. Используют три основных принципа кодирования: абстрактный, символический и комбинированный.

Граматику языка задает инструкция пользователя, которая должна быть совместимой с грамматикой естественного языка человека-оператора на уровнях первой и второй сигнальных систем, а следовательно, удовлетворять основным организмическим принципам.

Отправным пунктом в оптимизации рабочего места человека-оператора служит задание системы версий организации рабочего места: технико-языковые, сенсорные, функционально-организационные и художественно-конструктивные. Для каждой версии строится ОФХ для конкретного человека-оператора из заданной статистической группы, предназначенной для работы в данной системе. Если по каким-либо причинам не удастся экспериментально построить ОФХ, то возможны ориентировочные оценки рабочего места по списку инженерно-психологических правил, детализирующих организмические принципы, или по вторичным инженерно-психологическим показателям.

Неопределенными факторами в оценке рабочего места служат, с одной стороны, неопределенность "высказывания" в данном языке, с другой — неопределенность состава операторов, используемых на рабочем месте. Выбор оптимального рабочего места производится минимально-максимальной процедурой, и в основной задаче используются временные показатели ОФХ оптимально сконструированного рабочего места.

IX. Из всей совокупности версий, задаваемых стратегическими и тактическими установками и альтернативами распределения функций между человеком и машиной, выбирается та система, которая обеспечивает максимально достижимую эффективность системы в условиях неопределенности ее функционирования (при нормальном и аварийных режимах, отказах, различных состояниях внешней среды и т.п.).

Для последовательного проведения в жизнь всех этапов синтеза эргатических систем необходим выбор соответствующего математического языка, удовлетворяющего той же системе организмических принципов; активности, рациональности, функционального, технологического гомеостазиса, (стационарности) наименьшего действия. В наиболее полной мере этим требованиям сегодня удовлетворяет язык дифференциальных уравнений, позволяющий с единых позиций исследовать и создавать системы, которые относятся к разным по своей физической сущности технологическим процессам, от традиционно рассматриваемых в теории автоматического управле-

ния, электротехники, электромеханики, химических реакций, теории однородных и неоднородных потоков в сетях до процессов, рассматриваемых в теории исследования операций и массового обслуживания. В этом смысле язык дифференциальных уравнений является языком высшего уровня абстракции.

Процедурно охват всех процессов единой теорией дифференциальных уравнений основан на использовании аппарата  $\sigma$ -алгебр и дифференциальной формы отражения причинно-следственных отношений.

Помимо выбора языка, основу синтеза систем составляют такие методы: интегральная теория инвариантности,  $L$ -функции и теория минимакса. Задача синтеза структур рассматривается в виде двух задач. Прямая задача определяет выбор рациональной математической интерпретации технологического процесса на языке высшего уровня абстракции (дифференциальных уравнений), синтез в данном языке основной и вспомогательных структур, распределение функций между человеком и машиной. Обратная задача включает рациональную аппаратно-техническую интерпретацию математической модели эргатической системы.

Выбор языка исследования и синтеза систем является субъективным явлением, свойственным особенностям эргатической системы исследования операций по созданию системы. Результат же действия ЭССО объективно дает один и тот же результат, подтверждающий, что организмически оптимальная система обладает структурой, в которой явно просматриваются характерные особенности: структура системы состоит из асимметричной и симметричной частей, адекватно отражающих соотношение категорий активности и устойчивости функциональных поведений системы; асимметричная часть включает в себя отрицательные и положительные обратные связи, отражающие взаимоотношения свойств грубости (бесконфликтности), реализации свойств систем с возможностью генерации стратегий их функционального поведения; паттерны симметрии структуры обладают различной характеристикой в зависимости не только от установок и альтернатив по синтезу систем, но и от тактических способов реализации математических условий функционального, технологического гомеостаза и автономности; ответ на вопрос: быть ли синтезируемой системе эргатической или "псевдо-эргатической", представляет по своей сути результат разрешения проблемы синтеза системы, обладающей наилучшим возможным поведением.

1. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем. — Киев Наук. думка, 1975. — 240 с.
2. Павлов В.В. Конфликты в технических системах. — Киев Вища шк., 1982. — 182 с.
3. Технические эргатические системы / Под ред. В.В.Павлова. — Киев Вища шк., 1977. — 344 с.
4. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. // Полн. собр. соч. — Т. 18. С.7—384.

З.Л.Рабинович

### О ПРОБЛЕМЕ РЕАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СВЕТЕ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИКИ

В статье рассмотрен комплекс вопросов построения структур ЭВМ под углом зрения их собственного интеллектуального совершенства. Для определения комплекса введено фундаментальное понятие машинного интеллекта (МИ), под которым понимается совокупность определенных свойств машин, обеспечиваемых ее структурным оборудованием (к нему относится и внутреннее математическое обеспечение МО). Эти свойства следующие: восприимчивость к языкам программирования высокого уровня (ЯВУ); набор сведений (знаний), способность к его пополнению, к обучению и к оперированию знаниями; способность к организации вычислительного процесса и взаимодействия с пользователями; эффективность способов обработки информации, осуществляемой аппаратными и микропрограммными средствами.

Степень развития этих свойств в конкретной ЭВМ характеризует уровень ее МИ. Выбор данного термина в качестве понятия, объединяющего указанные свойства, обуславливается их подобием свойствам естественного интеллекта: понятливости, эрудиции, организованности в процессе деятельности во взаимодействии со средой, сообразительности. Полезность этих свойств, обеспечиваемых в структуре ЭВМ, несомненна для решения любых задач и особенно для задач, относимых к понятию ИИ, в число которых, как правило, входит и подготовка к решению любых задач, происходящих обычно в режиме диалога пользователей с ЭВМ [2].

Восприимчивость к какому-либо языку программирования означает либо полное "понимание" языка машиной, т.е. возможность его непосредственной интерпретации в качестве подмножества ее внутреннего языка, либо пользование такого внутреннего языка, подобного языку программирования, в котором были бы сохранены все основные конструкции последнего. Второй метод, хотя и требует некоторой несложной трансляции со входного языка программирования на внутренний язык машины, является более удобным для достижения высокой эффективности процесса собственно решения задач и универсальности машины в смысле восприимчивости ее к ряду ЯВУ. При этом внутренний язык машины также будет языком высокого уровня, а возможно, и более высокого в целом, чем отдельные языки реализуемого ряда ЯВУ.

Таким образом, восприимчивость к ЯВУ способствует условиям на-

более эффективного взаимодействия пользователя с машиной (особенно за счет идентичности исходной и исполняемой программ), а также обеспечивает повышение производительности как пропускной способности машины (за счет резкого упрощения трансляции, сокращения количества программируемых действий по переработке информации, экономии памяти, достижения благоприятных условий организации вычислительного процесса). При доведении структуры машины до уровня ЯВУ образуются возможности их дальнейшего развития, которое может снова вызывать развитие структур.

Знания машины, включенные в состав ее внутреннего МО, обязательно имеют обозначения во внутреннем языке, необходимые для автоматического ассоциативного обращения к памяти за получением соответствующих данных по мере встречаемости их обозначений в программах. Таким образом, пользователь никаких затруднений при использовании знаний машины не испытывает, а достаточный их запас, содержащий различные стандартные процедуры, существенно облегчает программирование и способствует повышению производительности при вычислениях за счет тщательно отработанного процесса выполнения этих процедур.

Возможность расширения во внутреннем МО состава "мягких" компонент позволяет осуществлять пополнение зафиксированных структурным способом знаний, в том числе и на основе накопления и обобщения опыта работы на машине множества пользователей, что может выполняться автоматизированным образом как решение постоянно находящейся в машине соответствующей задачи ИИ. Данное свойство обучения машины по сути является примером эволюции ее внутреннего МО в части расширения знаний, которое осуществляется самой же машиной. Во внутреннем языке машины должны быть предусмотрены не только возможности идентификации знаний и связей между ними, но и специальные средства управления построением базы знаний и обращения к ней.

Помимо указанного утилитарного использования знаний из постоянного и пополняемого их запаса, "умение" машины вообще оперировать над знаниями, в том числе и оперативно вводимыми и сменяемыми в ней, имеет первостепенное значение для решения всевозможных задач ИИ, связанных с индуктивными и дедуктивными построениями (формирование моделей среды, планирование действий по преобразованию ситуаций в ней, раскрытие закономерностей и поиск решений в среде и т.п.) [4,5]. Основой таких построений являются семантические сети, образуемые в памяти ЭВМ. Поэтому "умение" машины означает структурную поддержку работ по построению этих сетей и оперированию в них. Такая поддержка должна привести к существенному повышению эффективности программирования и решения задач ИИ по сравнению с уровнем, достигаемым их программной реализацией на ЭВМ, не снабженной специально предназначенными для этого

структурными средствами. Немаловажным фактором для создания таких средств является познание механизмов целенаправленного логического и интуитивного мышления (выработки представлений, понятий, суждений, умозаключений) как основы творческих процессов [6,7].

Способность машины к организации вычислительного процесса и взаимодействия с пользователями выражается прежде всего в функциях и языках ОС и в способах выполнения ее программ. Эти функции особенно усложняются в мощных универсальных системах ИИ, построенных на основе многопроцессорных ЭВМ коллективного пользования в режимах пакетной обработки и интерактивного диалога. В высоком уровне обслуживания диалога особенно нуждаются массовые пользователи этих систем (не имеющие специальной подготовки для работы на них).

Чтобы сложность функций ОС не вызывала нецелесообразно больших и практически трудно реализуемых объемов программного обеспечения, необходимо программы ОС представить на внутреннем языке высокого уровня (что сокращает их в несколько десятков раз). Но это означает и структурную поддержку ОС, которая будет тем более сильной и эффективной, если специфические ее функции (например, управление обменом информацией) выполняются не универсальным обрабатывающим, а специальным оборудованием. Таким образом, организация вычислительного процесса в машине как довольно сложная задача (из сферы задач ИИ) получает тем более эффективное решение в ЭВМ, чем выше уровень ее ИИ.

Совершенство способов собственно обработки информации в машине характеризует эффективность ее логических устройств как аппаратно-микропрограммной реализации. И главным ее достоинством является осуществимость распараллеливания выполняемых операций, в том числе сложных процедур, что представляется особенно важным.

Значение этого свойства весьма велико как для обеспечения большой скорости выполнения операций, задаваемых пользователями, так и производительности всего вычислительного процесса, обеспечиваемой также предыдущими свойствами МИ. Цель его заключается именно в том, чтобы вся логическая обработка в машине выполнялась с возможно большим, так называемым "логическим быстродействием" (характеризующим "сообразительность" ЭВМ). Таким образом, четвертое свойство МИ в применении ко всей логической обработке информации в машине, в том числе предусматриваемой предыдущими свойствами, является одним из важнейших факторов обеспечения производительности ЭВМ и быстроты ее реакции на запросы пользователей. В целом МИ может рассматриваться как структурная поддержка ИИ и воплощается МИ целиком в структурах ЭВМ. Приведем наиболее характерные особенности развития структур ЭВМ, непосредственно связанные с повышением уровня МИ [8].

Реализация в машине ЯВУ вызывает необходимость, в отличие от ин-

терпретации простого внутреннего языка, введения специального анализирующего этапа интерпретации. Цель его — преобразование рабочей программы, представленной на внутреннем ЯВУ в результате трансляции исходной программы в последовательность непосредственно исполняемых команд; система этих команд составляет так называемый машинный язык. Интерпретация внутреннего ЯВУ осуществляется аппаратным либо микропрограммным способом (что не исключает и промежуточных вариантов). Выбор способа зависит от назначения машины и требований, предъявляемых к ней.

Аппаратный способ обеспечивает существенно большее быстродействие управления операндами, чем микропрограммный (микропрограммный способ интерпретации резко повышает производительность по сравнению с программным). Поэтому аппаратная реализация является принципиально превагирующим способом для высокопроизводительных машин, но при ее ориентации на ряд входных ЯВУ потребует значительного усложнения управляющего оборудования и может оказаться целесообразным в данном случае применять аппаратную реализацию в комбинации с микропрограммной, сохраняя за первой обеспечение фундаментальных и часто встречающихся конструкций внутреннего языка, общих для ряда входных ЯВУ, на которые он ориентирован. Выделение таких общих особенностей окажется полезным и для чисто аппаратной реализации.

При отсутствии жестких требований в отношении производительности микропрограммная реализация оказывается предпочтительной, как более компактная, экономичная и обладающая весьма широкими возможностями адаптации машины к различным ЯВУ путем варьирования состава программных подмножеств ее внутреннего языка (так называемых промежуточных языков). В варианте динамической адаптации это варьирование осуществляется сменой "гибких" (записанных) микропрограммных интерпретаторов, находящихся в активном режиме [9], которые преобразуют рабочие программы на промежуточных ЯВУ в последовательности непосредственно исполняемых команд машинного языка. Уровень промежуточных языков устанавливается достаточно близким ко входным ЯВУ, но уже с учетом специфики машинного языка, интерпретатор которого, как жестко реализованный, постоянно находится в активном режиме, уровень же машинного языка, работающего уже с форматами аппаратуры, устанавливается в зависимости от того, насколько мелкими операциями обеспечивается необходимая гибкость структуры машины с целью реализации в ней ЯВУ.

Для обеспечения высокого уровня МИ в части его первого свойства такого рода организация виртуальных машин в ЭВМ путем гибкого микропрограммного управления архитектурой ее процессоров является чрезвычайно удобной. Машинный язык должен быть также удобен для записи на нем самих интерпретаторов промежуточных языков, а также других подобных компонент системного обеспечения машины, которые подвергаются

частым обращениям либо работают в реальном времени и в силу этого должны обладать большим быстродействием. Прямая аппаратная интерпретация машинного языка как раз и обеспечивает максимально возможную скорость процесса управления.

Развитие структурных возможностей восприятия знаний и оперирования ими является в целом весьма трудной задачей, но обещающей большое повышение эффективности этих сложных процессов, на реализацию которых аппаратные средства ЭВМ не были специально ориентированы. Можно выделить основные аспекты в решении данной задачи, соответствующие видам работ со знаниями.

В аспекте организации работ с базами данных структурная поддержка заключается в ассоциативном обращении к базе данных и распараллеленной работе над данными путем использования специализированных ассоциативных процессоров. Эти процессоры реализуют логические (а также некоторые вычислительные) операции над массивами — так же, как покомпонентные (над двумя массивами) и редуктивные (над элементами массива), а также операции преобразования формы массивов [10].

Более сложной и проблематичной является структурная поддержка работы с развитыми семантическими сетями (в том числе и предназначенными для собственных нужд машины). Прежде всего здесь должны быть усилены средства работы над памятью, в которой размещаются семантические сети, в частности, предусмотрены специальные операторы для их формирования и использования. В этом плане наиболее сильной структурной поддержкой явились бы специальные процессоры для реализации индуктивных и дедуктивных построений в соответственно организуемой для этого памяти. Удобная форма такой организации следует из представления семантических сетей в виде так называемых растущих пирамидальных сетей, в которых определены процессы формирования новых понятий и связей [4]. Несмотря на использование для семантических сетей обычной памяти, структурная их поддержка является вместе с тем крайне желательной, хотя и довольно проблематичной. Решение этой проблемы, по-видимому, следует искать в создании особой памяти, в которой вся сеть строилась бы непосредственно в ее графическом отображении и, в частности, связи между элементами сети осуществлялись бы безадресным способом, т.е. как бы прочерчивались в ее среде. Это позволило бы осуществлять многие операции как глубоко распараллеленные непосредственно в самой сети. Однако в мозгу как раз и осуществляется структурная организация семантических сетей. Поэтому весьма интересным представляется бионический когнитивный подход к решению данной проблемы [7] — с целью воспроизведения информационных процессов, функционально подобных процессам, происходящим в структурах мозга. Такого рода "процессуальное" моделирование механиз-

мов целенаправленного мышления может оказаться чрезвычайно эффективным для решения задач ИИ, поскольку позволяет осуществлять глубокое распараллеливание соответствующих процессов, а также приблизить их к колоссальным интуитивным возможностям мозга, хотя на данном пути требуется еще проведение глубоких исследований в различных направлениях.

По сути структурная реализация семантических сетей означает создание особого рода средств переработки информации (которые можно было бы назвать "мыслительными" машинами); в них операндами были бы понятия, а решение задач заключалось бы в прокладывании маршрутов в сети от исходных к целевым ситуациям в соответствии с ассоциативными и причинно-следственными связями между понятиями. Прокладывание этих маршрутов в неформализуемых процессах должно осуществляться в виде свободного поиска одновременно в разных направлениях, что обеспечит распараллеливание процесса преобразования исходной ситуации в целевую. Таким образом, возникает возможность некоторой автоматизации неформализуемых процессов; к этим процессам принадлежит в качестве интуитивной компоненты мышления неосознаваемый процесс перехода между осознанными исходной и целевой ситуациями, которые как формализуемые могут быть заданы машине.

На данном пути возможно резкое повышение эффективности автоматизации творческих процессов (в том числе — поиска решений и планирования действий) при условии, что их цели четко сформулированы. Такие процессы могут быть представлены в виде последовательностей шагов, реализуемых человеко-машинной системой, в которых человек и машина работают попеременно в режиме активного диалога [2, 6], а если машина при этом помимо формализованных действий может еще выполнять некоторые неформализуемые преобразования, то степень автоматизации процесса в целом может существенно возрасти за счет захвата ею части интуитивных действий человека. Очевидно, также большое значение подобных машин и для робототехники. Некоторые элементы такого рода систем можно уже обнаружить в разработках управляющих дискретно-аналоговых средств [11]. Отметим, что моделирование распараллеленного поиска может быть осуществлено и в ЭВМ с развитыми средствами параллельной обработкой информации, но менее эффективно, чем в условиях структурной реализации семантических сетей. Такая реализация обеспечивала бы возможности сочетания в машинах полностью запрограммированной работы над знаниями с распараллеленным свободным поиском в их среде, что должно способствовать резкому повышению эффективности процесса в целом.

Способность машины к организации вычислительного процесса на очень высоком уровне обеспечивается микропрограммными средствами внутреннего МО при соответствующей поддержке специальными аппаратными сред-



ствами. Именно в таком смысле сочетание данных средств и относится в полной мере к МИ. А виды их уже соответствуют функциям ОС, которые они реализуют. В этом плане функции ОС можно разделить на следующие группы: обеспечение процесса собственно обработки информации; организация этой обработки, включая распределение ресурсов; управление обменом информацией центральной части машины с локальным периферийным оборудованием; обеспечение процессов обмена информацией машины с удаленными пользователями через линии связи; группы вспомогательных функций — различный сервис, предлагаемый пользователям, в том числе и для обучения их работе на машине, обеспечение диагностики машины и в случае неисправностей ее реконфигурации.

Первая группа функций относится к обеспечению выполнения отдельных программ и тесно переплетается с функциями их интерпретации [1], например, установление соответствия между виртуальной и физической памятью. Компоненты ОС, обеспечивающие функции данной группы, могут быть и непосредственно заложены в интерпретаторы как ее резидентные части. И совершенно очевидно, что выполнение этих функций должно укладываться по быстродействию в общий процесс структурной интерпретации рабочих программ, что может быть обеспечено лишь соответствующей структурной поддержкой этих функций. Основой этой поддержки являются аппаратные ассоциативные таблицы, в которых динамически отражается соответствие между виртуальной и физической областями и выборка из которых осуществляется без перебора, присущего использованию таблиц, создаваемых в оперативной памяти. Следующие группы функций ОС при реализации их структурным способом требуют уже специальных процессоров — управляющих, ввода-вывода, телеобработки.

Что же касается вспомогательных ОС, то и их реализация на специальных процессорах представляется весьма полезной в универсальных ЭВМ с развитыми структурами. При этом оказывается целесообразным возложить на эти процессоры еще дополнительные специфических функций: на процессоры ввода-вывода — первичную обработку (в том числе сортировку поступающей информации, редактирование выходной информации и др.); на процессоры телеобработки — установление автономных связей между пользователями, периферийными машинами и др. Применение в этих процессорах сменного микропрограммного оборудования обеспечивает широкую вариативность наборов обслуживаемого ими периферийного оборудования, а следовательно, эффективную структурную адаптацию всей машины к этим наборам.

Функции диагностики и реконфигурации в сложных ЭВМ целесообразно возложить на специальный диагностический процессор, снабженный соответствующим МО и опирающийся на локальные аппаратные средства текущего контроля правильности работы цепей машины.

Аппаратно-микропрограммное воплощение эффективных методов переработки информации в той или иной степени уже имеет место в первых трех свойствах МИ; в развитой структурной интерпретации ЯВУ; в организации работы со знаниями; в реализации функций ОС на основе специализированных структурных средств. В целом же главная сущность четвертой черты МИ заключается в совершенстве способов заданной обработки информации — цели всего вычислительного процесса. Совершенствование этих способов является основным структурным вкладом в повышение эффективной производительности машины как количества выполняемых ею "приведенных" действий по заданной обработке информации в единицу времени. Основным средством достижения этой цели является распараллеливание обработки на уровнях потоков заданий, потока заданий, отдельных задач, сложных процедур и крупных операций [8, 12–19]. Первые три вида распараллеливания осуществляются только лишь между универсальными обрабатывающими средствами и здесь проявление МИ сказывается в организации самого распараллеливания — между группами процессоров, между процессорами и в самих процессорах (обладающих наборами обрабатывающих средств). В качестве функции ОС это управление относится к сфере третьей черты МИ. Но программы самих задач, сформулированные на ЯВУ, по объему обработки состоят главным образом из сложных процедур и крупных операций, совершенство реализации которых относится уже именно к данной четвертой черте МИ. Это совершенство обуславливается глубоким распараллеливанием этих действий на основе специальных способов их выполнения. Поэтому функциональная специализация средств обработки информации является мощным средством повышения МИ. Значительным шагом функциональной специализации операционных устройств является выполнение ими в качестве базисных операций процедур типа элементарных функций с разделением их по группам (тригонометрические, экспоненциальные и др.), а также, возможно, и других типов [15]. Работа с этими устройствами может быть организована таким образом, чтобы помимо увеличения производительности за счет функциональной специализации их оборудования получить еще дополнительное, существенное ее возрастание за счет обеспечения одновременного выполнения операций на данных функциональных устройствах. Это достижимо двумя способами. Первый способ заключается в упреждающем просмотре программы и одновременной загрузке, возможно, большего числа функциональных устройств из имеющегося состава.

Второй способ (возможно, более эффективный) заключается в обеспечении мультипрограммной работы операционного процессора, для чего управление им осуществляется с помощью специального коммутатора от нескольких интерпретаторов, каждый из которых интерпретирует отдельную пользовательскую программу (либо ветви единой программы), но обращается к любому из функциональных устройств согласно ее командам [16].

Особенно важным шагом функциональной специализации обрабатывающих устройств является предназначение их для выполнения таких трудоемких процедур над многими переменными, как векторные операции, тем более матричные операции и т.п. [17–19]. Выполнение таких процедур происходит в непрерывном взаимодействии этих устройств с памятью. Поэтому наиболее эффективное выполнение таких сложных процедур может быть получено лишь путем их структурной реализации спецпроцессорами в составе машины. Наиболее эффективная организация работы в любых спецпроцессорах — это максимально возможное распараллеливание в них вычислительного процесса, но даже и при последовательно-параллельном виде выполнения операций (тем более с конвейерной организацией [17]) резко повышается производительность машины в том случае, если эти операции занимают достаточное место в общем вычислительном процессе в ЭВМ. Поэтому кардинальное решение проблемы резкого повышения собственно производительности ЭВМ в свете четвертой черты МИ может быть получено путем создания машин нового класса, в которых в качестве базисных операций являются операции над сложными структурами данных различных видов (ССД), а соответствующие спецпроцессоры становятся центральными [18]. Соответственно повышается и ранг процедур в такой машине. Видоизменение исходных программ с целью оптимального их представления в ССД может и должно осуществляться самой машиной. Эти преобразования полностью охватывают автоматическое распараллеливание сложных операций на основе имеющихся обрабатывающих ресурсов. Уже в настоящее время вполне возможным и весьма перспективным представляется использование в качестве базисных ССД матриц [19].

Помимо резкого увеличения производительности ЭВМ важным результатом данного их развития в соответствии с четвертой чертой МИ является их способствование развитию машин в соответствии с остальными чертами МИ.

Таким образом, общей особенностью основных структурных принципов воплощения определяющих черт МИ является приспособление машины к сложным динамически изменяющимся условиям ее работы в зависимости от потока заданий и режимов пользователей. В ЭВМ с достаточно высоким уровнем МИ каждый пользователь своим заданием автоматически создает для него эффективную "персональную" машину на основе общего для всех заданий оборудования и в условиях их совместного выполнения. Поэтому виртуальность ЭВМ является необходимым фактором обеспечения высокой эффективности их математической эксплуатации на основе использования достоинств, представляемых МИ. Текущее образование конкретных "машин" благодаря виртуальным качествам представленного структурного оборудования обеспечивается структурной динамической адаптацией ЭВМ.

Эта адаптация является мощным усилителем МИ непосредственно в процессе работы машины, поскольку позволяет одной и той же аппаратуре придавать разносторонние интеллектуальные качества, определяемые указанными чертами МИ. Можно выделить три главных уровня структурной динамической адаптации ЭВМ [8]. Первый уровень — адаптация структуры машины в целом, второй уровень — адаптация структуры процессоров средствами "мягкого" микропрограммного обеспечения, третий уровень — организация процессоров в базисе микропроцессоров (либо еще "меньших" структурных единиц).

Рассмотренные черты МИ постепенно все более и более принимаются в структуры ЭВМ, но даже в наиболее совершенных машинах они еще не получили возможного и достаточно глубокого внедрения. Это объясняется как недостаточной проработанностью общей концепции МИ и методов ее реализации, так и, что особенно важно, неполным соответствием еще в настоящее время свойств элементно-технологической базы условиям, необходимым для комплексной "материализации" идей всестороннего развития МИ. Однако имеющиеся успехи в совершенствовании элементно-технологической базы и довольно близкие ее перспективы позволяют надеяться, что в недалеком будущем наиболее интенсивное развитие МИ в духе приведенных положений станет не только достижимым, но и вполне оправданным.

Выбор структурных решений по реализации МИ находится в прямой зависимости от условий технологии и, наоборот, задачи ее развития в значительной степени определяются этими решениями. И эта взаимозависимость уже особенно сильно проявляется в создании ЭВМ пятого поколения [20, 21].

В целом следует отметить, что повышение уровня МИ в полной мере возможно только в условиях дальнейшего и соответствующего развития элементно-технологической базы ЭВМ и систем их автоматизированного проектирования.

1. Вычислительные машины с развитыми системами интерпретации / В.М.Глушков, А.А.Барабанова, Л.А.Калиниченко и др. — Киев : Наук. думка, 1970. — 258 с.
2. Человек и вычислительная техника / В.М.Глушков, В.И.Брановицкий, А.М.Довляло и др. — Киев : Наук. думка, 1971. — 294 с.
3. Рабинович З.Л. Машинный интеллект // Энциклопедия Кибернетики. — Киев : УРЭ, 1974, — Т. 1. С. 577—578.
4. Гладун В.П. Эвристический поиск в сложных средах. — Киев : Наук. думка, 1977. — 166 с.
5. Гладун В.П., Галаган Н.И., Ващенко Н.Д. Системы планирования действий для сложных сред. — Кибернетика. — 1982. — № 5. — С. 88—94.
6. Глушков В.М., Рабинович З.Л. Проблемы автоматизации дедуктивных построений // Управление, информация, интеллект. — М. : Мысль, 1976. — С. 300—326.
7. Рабинович З.Л. Некоторый бионический подход к структурному моделированию целенаправленного мышления // Кибернетика. — 1979. — № 2, — с. 115—118.
8. Рабинович З.Л. Структура и развитие процесса переработки информации в ЭВМ // Кибернетика. — 1983. — № 4. — С. 46—53.

9. Барабанов А.А., Попурый Е.П., Якуба А.А. Виртуальные машины в микропрограммируемой ЭВМ. // Вопросы теории проектирования ЭЦВМ и систем обработки информации / Под ред. З.Л. Рабиновича. Киев. – ИК АН УССР, 1975. – С. 6–14.
10. Суворов Е.В., Фет Я.И. Специализированный процессор для аппаратной поддержки реляционных баз данных. – Новосибирск, 1981. – 46 с. – (Препринт / Институт математики СО АН СССР).
11. Гольцев А.Д., Куссуль Э.М. Управление движением транспортного робота при помощи нейроподобной сети // Автоматика и телемеханика. – 1982. – № 5. – С. 44–51.
12. Глушков В.М., Иваських Ю.Л., Белявский В.Л. Общие принципы построения иерархических мультимодульных структур. // Кибернетика. – 1977. № 6. – с. 78–86.
13. Головкин Б.А. Параллельные вычислительные системы. – М. Наука, 1981. – 520 с.
14. Глушков В.М., Погребинский С.Б., Рабинович З.Л. О развитии структур мультипроцессорных ЭВМ с интерпретацией языков высокого уровня // Управляющие системы и машины. – 1976. – № 6. – С. 12–19.
15. Рабинович З.Л., Романаускас В.А. Типовые операции в вычислительных машинах. – Киев : Техніка, 1980. – 264 с.
16. Карпман Л.Я., Якуба А.А. Исследование одной структуры многопроцессорного центрального вычислителя // Управляющие системы и машины. – 1973. – № 2. – С. 89–97.
17. Самофалов К.Т., Кухарчук А.Т., Луцкий Т.М. Структуры ЭЦВМ четвертого поколения. – Киев : Техніка, 1972. – 253 с.
18. Вышинский В.А., Рабинович З.Л. Некоторый новый подход к повышению производительности ЭВМ // Управляющие системы и машины. – 1983. – № 4. – С. 23–26.
19. Вышинский В.А., Рабинович З.Л. О создании высокопроизводительных универсальных ЭВМ, работающих в алгебре матриц // Автоматика. – 1983. – № 5. – С. 80–84.
20. ЭВМ пятого поколения. Концепции, проблемы, перспективы / Под. ред. Т.Мотока. (Пер. с англ.). – М. Финансы и статистика, 1984. – 110 с.
21. Рабинович З.Л. Машинный интеллект и структуры ЭВМ пятого поколения. // Кибернетика. – 1984. – № 3. – С. 95–107.

## **ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ**

УДК 007:33

**Ю.Н.Пахомов**

### **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КИБЕРНЕТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ**

Круг социально-экономических проблем, связанных с кибернетизацией управления и заслуживающих исследования с позиций политической экономики, уже сейчас может быть достаточно широк. Интерес представляют, во-первых, аспекты применимости к кибернетизации марксистской методологии анализа процессов влияния техники на развитие производительных сил в условиях промышленной революции и взаимодействие последних с производственными отношениями; во-вторых, — политико-экономическое осмысление (в первую очередь на основе марксистской методологии) тех изменений, которые кибернетизация управления вносит (будет вносить) в различные элементы (стороны, процессы) экономической системы социалистического общества.

Остановимся вначале на первом из двух отмеченных направлений, поскольку выявление границ и аспектов использования марксистской методологии анализа общественно-производственных процессов является предпосылкой последующего анализа современных социально-экономических тенденций, обусловленных НТР. Именно в ходе рассмотрения проблем промышленной революции были даны конкретные образцы методологического обоснования характера развития и взаимодействия производительных сил и производственных отношений в условиях революционных переворотов в технике.

Исключительно важный принцип марксистской методологии анализа промышленной революции заключается в определении исходного пункта производственного переворота и в просмотре с этих позиций не только материально-производственных, но и социально-экономических процессов.

Носителями промышленной революции и ее исходным звеном были рабочие машины. Рабочая машина, передавая функции руки техническому средству, превратила рабочего в придаток механического орудия, и тем са-

мым в решающей мере способствовала переходу от формального к реальному подчинению труда капиталу, к формированию целостной системы капиталистических производственных отношений.

На современном этапе развития актуален вопрос, какое именно звено НТР служит исходным в развертывании на ее почве производственных и социально-экономических процессов в условиях социализма, в какой степени правомерно использование здесь марксистской методологии познания процессов промышленной революции. Несомненно, что марксистский метод выделения исходного звена действен и в современных условиях. Необходимо также учитывать, что линия развертывания производственных и социально-экономических процессов от исходного пункта технического переворота в условиях НТР не является однонаправленной и однозначной. Не случайно, а закономерно в литературе в качестве исходного пункта основного носителя НТР выдвигаются рабочая машина, кибернетическое устройство или наука как непосредственная производительная сила общества. Разнобой в точках зрения, скорее всего, отражает многоаспектность линий зависимости научно-технических и социально-экономических преобразований, многомерность, которая отличает НТР от промышленной революции XVIII в.

Если промышленная революция нашла отражение в жестко детерминированных линиях механистического естествознания, воплощенного с наибольшей полнотой в механике Ньютона, то НТР сродни идеалам неклассической науки с ее пластичностью, неоднородностью, сложными взаимопереплетениями и интегральными подходами к частным решениям. Поэтому характер протекания процессов НТР связан с проведением многих взаимодействующих между собой линий, развертывающих социально-экономическое движение от пунктов, от звеньев, от решающих узлов самой НТР. Но все же, несмотря на наличие многих зависимостей, в общей цепи связей существуют своего рода генеральные направления. Таким главенствующим направлением представляется линия анализа процессов НТР с учетом кибернетизации как исходного пункта научно-технических и социально-экономических преобразований, ориентированных в сторону высшей фазы развития нашего общества — коммунизма. Системы АСУ, перекладывая в перспективе на плечи техники наименее поддающиеся технизации функции управления, как бы завершают процесс автоматизации, снимая наиболее существенные ограничения с развития техники, давая толчок прогрессивному преобразованию всех сторон производственного процесса. Кибернетизация создает материальные предпосылки для коренного изменения положения человека в системе общественного производства, освобождая его от выполнения не только физических, но и монотонных, рутинных функций, создавая условия для лучшего сосредоточения личности на решении творческих задач. Наряду с этим АСУ, применяемые в виде всеохватывающих центров учета, контроля и регулирования, со временем окажутся способными к выполнению ключевых

функций планомерного управления развитием народного хозяйства. Таким образом, кибернетизация означает создание материально-технических предпосылок для одновременного развития социально-экономических процессов на уровне и личности, и общества, т.е. обоих основных субъектов производственных отношений. Все это, по нашему мнению, позволяет считать именно кибернетизацию исходным пунктом познания современного научно-технического переворота, вносящего коренные перемены в состояние производственных сил человеческого общества.

Плодотворными в методологическом отношении для выявления социально-экономических аспектов кибернетизации могут оказаться и марксистские положения о тех импульсах, ускорителях технического прогресса, которые заключены в противоречиях, обусловленных неравномерностью развития отдельных звеньев технических систем, в попеременном выдвигении или же отставании то одних, то других взаимозависимых элементов техники. Анализ К.Марксом тех взаимных толчков и противоречий, которые вызваны к жизни эмансипацией орудий труда, промышленным использованием пара, переходом к производству машин машинами и другими факторами, в какой-то мере является образцом исследования процессов развертывания внутренней логики формирования материально-технической базы способа производства вообще, а не только применительно к капитализму.

Кибернетизация управления производством как исходный пункт и ведущее звено НТР не только подтверждает в этой части приемлемость и плодотворность марксистской методологии, но и позволяет сделать выводы о новых направлениях ее использования. Насколько высок динамизм процессов обострения и разрешения внутренних противоречий в рамках собственных систем вычислительной техники, настолько действенны обусловленные этими противоречиями импульсы совершенствования АСУ. Ведущая роль кибернетизации производства в целостном научно-техническом прогрессе выявляется и в качественно иных обстоятельствах. Во-первых, противоречия, присущие развитию систем управления на базе вычислительной техники, своим течением (обострением и разрешением) во многом предопределяют характер требований к научно-техническому прогрессу на других важнейших его направлениях; во-вторых, на почве функционирования АСУ возникают и обостряются противоречия, затрагивающие не только область производительных сил, но и систему производственных отношений, а также некоторые элементы сугубо социального характера.

Важно согласование с потребностями функционирования АСУ всей совокупности смежных технологий, ибо тормозом для общего состояния технического прогресса, осуществляемого в связи с широким использованием ЭВМ, оказывается наличие перепадов в уровнях технического оснащения промышленных систем, особенно наличие участков с отсталой, рутинной техникой. История промышленного развития последних лет дает многочис-



ленные свидетельства исключительной важности "подтягивания" до уровня требований НТР именно в связи с кибернетизацией техники и технологии, а также и рабочей силы, начиная от оснащения рабочего места и заканчивая отраслевыми и межотраслевыми аспектами производственной деятельности. Практика убеждает на каждом шагу, что именно насущность требований кибернетизации управления производством является источником наиболее богатой гаммы противоречий и наиболее мощных импульсов развития производительных сил во всех их составляющих. Явления эти окажутся тем более симптоматичными, красноречиво доказывающими ведущую роль кибернетизации в системе факторов НТР, если учесть, что АСУ основанные на ЭВМ, переживают пока что состояние, весьма далекое от полной зрелости. Несовместимость кибернетизации управления производством с рутинной техникой проявляется не только в противоречиях технико-экономического характера, но и в психологии непринятия, в непризнании важности автоматизации управления производством на базе ЭВМ. В этом случае реально складывающиеся противоречия получают неадекватное отражение в психологии. Такого рода негативный эффект опасен, поскольку в случае овладения сознанием определенной части работников он может оказать тормозящее влияние на их созидательную энергию, ослабить импульсы движения по пути прогресса, которые вырастают из этих же упомянутых противоречий между высокими требованиями к техническому уровню производства со стороны АСУ и реальной производственной средой, рутинной по своему характеру. Во всех таких случаях исключительное значение имеет умение увидеть в противоречиях именно доказательства неотложности, насущности преобразований, как это делал во всех подобных случаях В.М.Глушков, считавший, что использование ЭВМ в существующих (традиционных) технических и организационных структурах неэффективно и образно сравнимо с применением авиационного двигателя на телеге.

Перейдем теперь к доказательству, что противоречия, вызванные к жизни кибернетизацией, также как и успешное их разрешение, выступают двигателями развития не только производительных сил как таковых, но и социально-экономических (производственных) и социальных (в узком смысле слова) отношений.

Свой вклад в развитие производственных, а в конечном счете и всех социальных отношений технический прогресс вносит благодаря развитию техники и технологии на каждом из направлений. Однако влияние это является не непосредственным, не таким, например каждое направление технического прогресса прокладывает "свою" линию изменений в экономических (производственных) и социальных отношениях. Типичное состоит в том, что непосредственное влияние техника на каждом конкретном направлении оказывает на состояние производительных сил как подсистемы общественного способа производства, а эти последние, приобретая новое качество под воздействием всей совокупности научно-технических преобразований, оказывают

влияние на производственные отношения, вызывают и обостряют потребности их развития.

Процессу кибернетизации, основывающемуся на АСУ, также присущи отмеченные непрямые механизмы влияния на состояние общественно-производственных отношений. И в этом смысле развитие управляющих систем на почве ЭВМ ничем не отличается от других направлений технического прогресса.

Одно из доказательств ведущей роли кибернетизации в системе факторов НТР состоит в том, что к опосредованному влиянию (через производительные силы как целостность) на социально-экономические и социальные процессы здесь дело не сводится. Наряду с этим имеет место в той или иной степени относительно прямое непосредственное "выставление требований" со стороны кибернетизации как к производительным силам, так и к состоянию производственных и даже, казалось бы, еще более "удаленных" социальных отношений.

В условиях, когда кибернетизация управления производством, особенно в аспекте развития обратных связей управления, находится в зачаточном состоянии, реальность социально-экономических и социальных сдвигов неизбежно оказывается малоощутимой. Однако противоречия, обуславливающие такого рода изменения, уже сейчас налицо, а в ряде случаев и сами сдвиги сугубо общественного свойства весьма настойчиво напоминают о себе. А если, используя методологию вычисления зародышевых тенденций, мы встанем на путь прогнозирования будущих изменений, то выводы о существенном, притом в ряде случаев — непосредственном влиянии кибернетизации на экономические и социальные процессы окажутся еще более обоснованными.

Рассмотрим возможности прогноза будущих общественных изменений в связи с предстоящей кибернетизацией, начав с выводов о возможностях воссоздания целостной картины производительных сил как общей базы преобразования системы производственных отношений грядущего общества. Это позволит в дальнейшем относительно легче составить представление о социально-экономических и социальных последствиях кибернетизации.

Показательны для влияния кибернетизации на социально-экономические аспекты формирования человека не столько тенденции, проявляющиеся в структуре и сочетаниях функций (а значит, знаний и навыков) отдельных представителей данной профессии, сколько то, что развитие систем управления на базе ЭВМ служит в перспективе общей основой формирования коммунистических закономерностей и формы труда применительно к обществу в целом. Повсеместно освобождая человека от монотонного и рутинного физического и умственного труда, кибернетизация в конечном счете не только способствует переключению работников всех видов деятельности на выполнение профессионально сложных функций, но и насыщает человеческую деятельность ранее недоступными творческими моментами, расширяет

возможности всестороннего творческого самовыражения, раскрытия его способностей и дарований, что само по себе создает условия для замены внешних побудителей к работе, основанных на традиционной материальной заинтересованности, системой социально возвышенных стимулов, опирающихся на потребность в труде. Все это коренным образом меняет место человека в системе общественного производства, выводит непосредственных производителей за рамки жесткой связи с техникой и технологией, возвышает их над ними.

Кибернетизация подводит материальную основу под процессы формирования коммунистического подхода к труду и всестороннего развития личности не только прямо, но и опосредованно, оказывая влияние на объем, структуру и качество потребительских благ, обогащая спектр не только материального, но и, что особенно важно, духовного потребления (в том числе за счет колоссального расширения возможностей получения разнообразной информации). По мере развития кибернетической техники расширяются возможности совершенствования производства за счет отбора лучших вариантов техники, технологии и других факторов повышения эффективности, увеличивается диапазон возможностей человека в познании природы и общества, вскрываются исключительные по мощности источники роста производительности труда и обогащения структуры благ и услуг. Это позволяет повышать благосостояние высокими темпами при одновременном все большем переключении труда из сферы материального в сферу духовного производства, развитие которой в наибольшей мере предопределяет формирование личности будущего.

Применяемые в виде всеохватывающих центров учета, контроля, анализа и регулирования АСУ со временем неизбежно образуют технологию, адекватную коммунистически зрелой плановости, они окажутся наиболее совершенными рычагами в выполнении ключевых функций планового управления народным хозяйством. Таким образом, кибернетизация означает создание материально-технических предпосылок для одновременного развития социально-экономических процессов на уровне коллективов, личности и общества, т.е. основных субъектов производственных отношений. То и другое находит конкретное воплощение в одновременном совершенствовании и демократической, и централистской сторон процесса управления общественным развитием, что характеризует повышение зрелости общенародного присвоения и общее развитие экономической системы в сторону коммунизма на главных направлениях.

Наиболее прогрессивным тенденциям развития производительных сил, и процессов обобществления соответствуют отношения плановости, которые характеризуются всесторонней подвижностью, широким народно-хозяйственным маневром, развертыванием под общей регулирующей эгидой общезакономерного центра не только прямых, но и обратных связей планового регулирования, не только вертикально, но и горизонтально

направленных управленческих решений характеризующихся органичным взаимодействием и взаимопереходами. Всем этим все более вызревающим социально-экономическим аспектам функционирования экономики адекватна именно кибернетическая технология.

Дополнительные доказательства закономерности подведения через кибернетизацию технологической базы под новые потребности развития плановости дает нам и анализ характерных черт обобществления, взятого со стороны всеобщей зависимости и единства, а также нарастающего динамизма народнохозяйственных связей и обменных процессов.

Обобществление, наряду со сдвигами в разделении труда, выражает всеобщие и всесторонние связи и зависимости (отношения обмена деятельностью), которые, будучи оборотной стороной расчлененности, составляют главное в содержании обобществления. В современных условиях, под влиянием НТР, обменные процессы не только разрастаются, приобретают признаки единства и сквозного развертывания, но и характеризуются исключительно высоким динамизмом, признаками интеграционного взаимодействия. Приходится все больше считаться с растущей многовариантностью, взаимозаменяемостью техники, технологии, предметов труда, с тем, что взаимозаменяемость приобретает не только "внутриресурсный" (например, выбор среди многих видов средств труда и т.д.), но и "межресурсный" характер, охватывая не только традиционные, но и новые виды ресурсов (например, информация). Регулирование народнохозяйственных зависимостей с учетом всех этих изменений предполагает наличие планового управления, опирающегося на кибернетическую технологию.

В качестве крупного нововведения, имеющего исключительно перспективное значение для совершенствования механизма планового управления в целом и рассчитанного в конечном счете именно на кибернетизацию, следует назвать программно-целевое управление (планирование), осуществляемое через целевые комплексные программы.

Программно-целевое управление — одна из наиболее рельефно выраженных форм реакции народнохозяйственного планирования на процесс обобществления вообще и на потребности совершенствования плановости, в частности. Форма адекватно отражает как разделение труда, обусловленное научно-техническим прогрессом, так и вызванные им усложнение и обострение проблемы ориентирования производителей на конечные народнохозяйственные результаты.

Специфическая логика разделения труда, порожденная научно-техническим прогрессом, выражает не только громадное дифференцирование зависимостей на почве разделения трудовых функций, умножения видов техники и технологии, роста разнообразия производственных и личных потребностей. Логика эта находит свое проявление и в строго очерченном поэтапном выстраивании разнотипных, но связанных между собой и однонаправленных звеньев длиннейших народнохозяйственных зависимостей. Блоки этих зависимостей

обширны, конечные цели сложны, им предшествуют промежуточные цели, которые характеризуются отчетливо выраженным иерархическим строением.

Всем этим потребностям регулирования экономики как раз и отвечает программно-целевое планирование. Оно рассчитано на всестороннюю подвижность и на стабилизацию обменных процессов, что происходит уже в силу нацеленности производственных связей в условиях программно-целевого управления на конечные народнохозяйственные результаты и преодоления на этой основе различных видов управленческой обособленности (ведомственной, региональной и т.д.). Значение имеет и факт тщательной программно-целевой проработки ресурсной, технико-технологической, информационной и иной взаимной обеспеченности (обмен деятельностью) звеньев, участвующих в движении к конечным народнохозяйственным целям. Сама технология программно-целевого управления, предполагающая строгую временную поэтапную последовательность движения всех компонентов в производственной деятельности (связей), совершенно затрудняет последующее произвольное манипулирование плановыми показателями, их локальную корректировку в ту или иную сторону, но парализуя и предотвращая акции произвола, методология программно-целевого планирования рассчитана на обеспечение рациональной подвижности и вариантности. С программно-целевым управлением как авангардным методом народнохозяйственного планирования вариантность связана теснейшим образом. Отработка множества вариантов программы, различающихся набором мероприятий по созданию целереализующей системы — вполне адекватная реакция на динамизм обмена деятельностью в условиях НТР.

Использование принципа вариантности без автоматизации плановых расчетов совершенно нереально. Достаточно представить себе огромное число зависимостей, постоянные их изменения, вносимые специализацией и сдвигами в кооперировании, чтобы убедиться в этом. Практика свидетельствует о том, что даже традиционное планирование, лишенное вариантности, вне автоматизации плановых расчетов крайне затруднительно. Отсутствие АСПР — одна из причин того, что в последние годы так и не удалось довести до конца разработку долгосрочного перспективного плана [2].

При всей важности отмеченного "счетного" аспекта значимость АСПР к нему не сводится. Не менее существенны еще два аспекта, которые обеспечивают плановое управление на народнохозяйственном уровне не только со стороны технологической, но и социально-экономической. Речь идет, во-первых, об обеспечении через АСПР наряду с прямыми также и обратных связей планового управления и, во-вторых, о преодолении различного рода ведомственных (межведомственных и иных обособленных) интересов, уводящих экономические решения, результаты этих решений в сторону от общенародного интереса и соответственно конечных народнохозяйственных результатов.

В самом общем виде реализация процессов взаимодействия прямых свя-

зей с обратными открывает широкие просторы для преодоления в экономическом управлении элементов механицизма, формирует стиль экономического мышления, основанный на принципиально новом, кибернетическом видении процессов развития в обществе вообще и в экономике, в частности. Именно кибернетизация планового управления как экономических, так и вообще общественными процессами позволяет реализовать на практике, через механизм планомерности диалектико-материалистическую концепцию детерминизма, тот самый подход к развитию, согласно которому, "казуальность", обычно нами понимаемая, есть лишь малая частичка всемирной связи [1]. Как отмечали В.М.Глушков и Ю.М.Каныгин, переход к подлинной кибернетизации управления экономикой позволяет видеть не только причинно-следственные связи, но и функциональные цепи, учитывать не только воздействие причины на следствие, но и обратное влияние следствия на причину, и не просто учитывать, а количественно измерять такое взаимодействие, и не просто измерять, а моделировать структурные взаимоотношения сложных систем [2]. Таким образом, кибернетизация планового управления адекватна глубинным, наиболее фундаментальным закономерностям развития, характерным для сложных систем; чем больше развивается экономика, чем многообразнее структурные элементы и контуры ее внутренних взаимодействий, тем в большей мере будет нарастать потребность приближения технологии централизованного управления экономикой к идеальной схеме кибернетического опосредствования прямых и обратных связей в ходе регулирования производственных процессов.

Кибернетическое управление является общей технологией регулирования сложных систем, и обратная связь, заключенная в кибернетизации, сама по себе отнюдь не является специфической именно для планового управления экономикой. Она может быть реализована и в технических, и в биологических, и в иных системах. Однако в рассуждениях о применимости кибернетической технологии в управлении экономикой речь все же должна идти о ее специфике, но специфике социально-экономической, связанной с опосредствованием как прямой, так и обратной связи кибернетического регулирования определенными элементами экономической структуры, т.е. производственными отношениями и интересами, в частности, далеко немаловажным является вопрос — каким типом социально-экономической связи — непосредственно общественным или эквивалентным опосредствуется обратная связь планового управления, основанного на использовании кибернетической технологии.

По нашему мнению, ответ на этот вопрос является однозначным: не только прямые, но и обратные связи кибернетического управления адекватны непосредственно общественной, а не эквивалентной форме социально-экономического регулирования производственных процессов. Достаточно в целях аргументации сослаться на два момента. Во-первых, кибернетическое управление по природе своей рассчитано на синхронизацию, взаимосогласование

производственных процессов, что ведет к уменьшению размаха колебаний итеративных контуров, к их сходимости. Что же касается эквивалентности, прежде всего стоимостной, то она, как известно, сама по себе, со стороны общэкономического содержания, дает результаты прямо противоположные. Во-вторых, кибернетическое управление ведет к получению оптимального результата применительно не только к народному хозяйству как целому, но и к отдельной ячейке народного хозяйства — предприятию (объединению), но имеет иное место в условиях функционирования стоимостной эквивалентности. Свойственный ей механизм сведения индивидуальных затрат к общественно необходимым затратам труда объективно (со стороны общэкономического содержания) вызывает стремление к максимизации, а не оптимизации.

Вывод о том, что использование в плановом управлении народным хозяйством принципа обратной связи соответствует непосредственно общественному регулированию производства, является исключительно важным для трактовки возможностей развития, совершенствования механизма плановости. Дело в том, что в условиях первой фазы коммунизма непосредственно общественному труду в его традиционных формах достаточно мощные обратные связи не свойственны, поскольку труд не является еще первой жизненной потребностью. Поэтому неразвитость обратной связи непосредственно общественного труда (а соответственно, и главного содержания плановости) компенсируется и восполняется развитием и широким использованием стимулов трудовой и стоимостной эквивалентности. Но согласование прямых, непосредственно общественных связей плановости со стимулами эквивалентности — дело неимоверно трудное; в этом случае плановый механизм, соединяя трудносоединимое, теряет качества монистически цельного регулятора, воспроизводит трудноустраняемые различия в интересах, особенно — локальных интересах и интересах общества в целом.

Со временем, в меру превращения труда в первую жизненную потребность и всестороннего свободного развития индивидов, получают развитие социально зрелые обратные связи в рамках непосредственно общественного труда. Тогда многие проблемы планового управления, которые ныне подчас оказываются тупиковыми, были бы разрешимы. Однако все это — дело отдаленного будущего. Что же касается автоматизации плановых расчетов, а значит использования кибернетической технологии, то это в какой-то степени уже реальность. В случае успешного технологического решения проблемы регулирования с обратной связью может в определенных границах осуществляться и при нынешней, недостаточно высокой степени коммунистической зрелости труда как непосредственно общественного.

Оговорка в "определенных границах" сделана нами не случайно. Возможности использования кибернетической обратной связи, даже при условии отлаженности технико-технологической и организационной сторон дела, могут быть пока что весьма ограниченными. Причина этого — деформации информа-

ционных потоков из-за "наталкивания" обратных связей на локальные интересы\*, на различия и противоречия в интересах, обусловленные трудноустраняемыми моментами несовершенства экономических форм, выражающих эквивалентность (цены и оценочные показатели хозрасчетной деятельности и т.д.).

Поскольку именно эквивалентные начала и их многообразные проявления ограничивают возможности использования обратных связей кибернетической технологии, постольку важно определиться, на каких же именно направлениях и в каких границах обратное движение информации от управляемого объекта к управляющему центру происходит без активного взаимодействия с эквивалентностью и, соответственно, не затрагивает локальных интересов, уводящих движение труда в сторону от оптимума.

Сказанное позволяет сделать выводы о том, что социально-экономические преобразования механизма плановости на почве кибернетизации затрагивают не только централистскую, но и демократическую сторону плановости. Здесь исключительное значение будет иметь развитие на почве автоматических устройств творческой обработки информации, сопровождаемое выработкой и принятием новых решений технического и производственно-экономического характера производственными коллективами. Сам факт включения в технологический процесс экспериментальной компоненты создает предпосылки непрерывного воспроизводства творческой инициативы и активности. Совершенствование аналитических средств автоматизации, развитие способности автоматических устройств выполнять функции орудий научного анализа усиливают демократические проявления плановости и на почве развертывания технологии кибернетического управления с обратной связью. Технология эта, будучи опосредствованной социально-экономическими процессами, послужит материальной основой подлинного участия широких трудящихся масс в управлении производством. Появится возможность компетентного обсуждения и отбора на разных народнохозяйственных уровнях, т.е. коллективами разных масштабов, альтернатив как производственного, так и социально-экономического развития в общем русле движения к коммунизму. Все это обеспечит существенное расширение границ и рост проявлений инициативы, творческого поиска. Обмен опытом, хозяйственная предприимчивость, социалистическое соревнование, разнообразные формы участия в управлении — все это не только получит всестороннее развитие, но и будет сопровождаться приобщением трудящихся не только к локальным, но и к подлинно народнохозяйственным процессам, поднимет чувство хозяина страны на качественно новую ступень.

1. Ленин В.И. *Философские тетради* // Полн. собр. соч. — Т. 29. — С. 144.
2. Глушков В.М., Каныгин Ю.М. Что же такое современная НТР? — Киев. — 68 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т Кибернетики: № 80—5).

\*Локальные интересы — это не только интересы индивидов и первичных трудовых коллективов. Свойствами локальных обладают и интересы относительно высоких ступеней управленческой иерархии, вплоть до различного рода ведомств.



С.А.Городничева

## РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

До недавнего времени о результативности информационных и управляющих автоматизированных систем судили по их экономической эффективности. В настоящее время стало очевидным, что этого недостаточно. Некоторые стороны этой проблемы рассмотрены в настоящей работе. Прежде чем перейти к основной теме, разберем вопросы терминологии в информатике и методе исследований, базирующемся на аналогиях.

**Терминология информатики.** Информатика — научная дисциплина, переживающая пору становления. Уделом ее, как каждой новой науки, является непрерывный этап осмысления предмета, границ и методов. Ответ на вопрос, что такое информатика, даже в среде ученых, считающих, что они работают именно в этой области, получает очень разноречивый характер, а порой про является полное нежелание не только выразить свою позицию, но даже иметь ее в данном вопросе. С такой точкой зрения трудно согласиться. Ведь от того, как понимать предметную область зависит состав проблем, которые необходимо решать прежде всего и последовательность решения остальных. Нельзя целенаправленно создавать вычислительную технику или системы управления, не представляя себе задач информатики в целом.

Сложилась ситуация, когда одно и то же слово употреблялось в одном, а затем стало употребляться в ином, более широком смысле. В 50–60-х годах под информатикой понималось информационное обеспечение процесса управления или справочно-информационных систем. В этом смысле термин широко использовался многими авторами; написаны даже монографии, в название которых вынесено именно такое толкование (А.И.Михайлов, А.И.Черный, Р.С.Гиляревский. — Основы информатики).

Начиная с 70-х, а особенно в 80-е годы под информатикой стали понимать не только информационное обеспечение, но и весь комплекс проблем, связанных с получением, переработкой, хранением, выдачей и использованием информации в конкретной социально-экономической среде. Вероятно, правильное в этом новом смысле употреблять иное слово, однако процесс наделения старого термина новым смыслом пошел по стихийному пути и теперь приходится с ним считаться как с явлением, уже случившимся.

На первой всесоюзной конференции по информатике, проходившей в 1984 г., по этому поводу было высказано много мнений. Предлагалось вместо термина "информатика" пользоваться словом "информалогия" по аналогии с геологией и биологией (В.И.Сифоров) или "компьютер-сайнс" (А.А.Дородницын). Предметная область очерчивалась тоже по-разному. На-

пример, под информатикой предлагалось понимать комплексы "модель-алгоритм-программа" (А.А.Самарский), "вычислительная техника-алгоритм-программа" (А.А.Дородиницын) и много иных точек зрения. Ю.Е.Нестерихин и В.С.Михалевич настаивали на более широком спектре проблем, входящих в понятие информатики (сбор, обработка, хранение, использование информации для нужд управления при обязательном учете социальных условий, в которых происходит внедрение средств информатики).

В Материалах международного конгресса, посвященного информатике и проходившего в Японии в 1978 г., отмечалось, что понятие информатика охватывает области, связанные с разработкой, созданием, использованием и материально-техническим обслуживанием систем обработки информации, включая машины, оборудование, математическое обеспечение, организационные аспекты, а также комплекс промышленного, коммерческого, административного, социального и политического воздействий.

Открывая годичное общее собрание АН СССР 1984 г., А.П.Александров обратил внимание на большую емкость термина "информатика", включающего в себя и создание вычислительных машин, и математического обеспечения, и совершенных методов расчета, и методов автоматизации исследований, и методов и средств автоматизации производства. Президент АН СССР подчеркнул, что очень широкое развитие вычислительной техники, информатики будет играть в ближайшие годы громадную роль не только в области техники, в разработке новых технологий: оно будет влиять не только на производительность труда, но и чрезвычайно сильно — на социальные условия. Современное определение информатики сформулировано В.С.Михалевичем, Ю.М.Каньгиным и В.И.Гриценко и неоднократно докладывалось на заседаниях методологического философского семинара Института Кибернетики АН УССР: информатика — комплексная научная и инженерная дисциплина, изучающая все аспекты разработки, проектирования, создания, оценки, функционирования машинизированных (основанных на ЭВМ) систем переработки информации, их применения и воздействия на различные области социальной практики. Это определение представляется убедительным и в настоящей работе термин "информатика" будет использован именно в таком смысле.

Метод исследований, базирующийся на аналогиях. С помощью аналогии можно не только выразить, но иногда и увидеть специфические закономерности. Особенно это относится к аналогиям между физическими и экономическими параметрами, которым присуща неопределенность. В методологическом философском семинаре, по материалам которого и написана настоящая статья, можно было услышать и негативные соображения по поводу правомерности использования аналогии между физическими и экономическими явлениями. В качестве главного довода при этом выдвигалось утверждение о том, что стохастичность экономических процессов нуждается в доказательстве. В ответ на это хочется напомнить, что неопределенность поведе-

ния частиц в классической термодинамике практически устраняется переходом к большим статистическим множествам. Ведь мы твердо знаем, что подводя к физическому телу тепло в нужном количестве, мы обязательно переведем его из одного агрегатного состояния в другое, несмотря на непредсказуемость поведения отдельных частиц (молекул) этого тела или среды. То же происходит и в экономических процессах, для изучения которых широко применяются статистические усреднения и обобщения, причем такая практика не вызывает возражений.

В общественные науки уже давно вошли физические понятия "равновесие", "импульс", "потенциал" и "разность потенциалов", "напряжение" и "поле" и т.д. Многие из них имеют в социологии и экономике совершенно определенные эквиваленты. "Для современных, весьма сложных и "неклассических" по своей природе социологических и экономических конструкций, по-видимому, потребуется новый язык неклассических физических аналогий." [1, 3] Б.М.Кедров (Институт истории естествознания и техники АН СССР), около 40 лет занимавшийся проблемой классификации наук, в своей трилогии, последний том которой посвящен прогнозу К.Маркса о единой науке будущего, высказал мнение, что еще через полвека, т.е. примерно к 2034 г. прогноз К.Маркса осуществится [2]. Анализ тенденций развития различных наук неоспоримо свидетельствует о том, что взаимодействие и взаимосвязь между общественными, естественными и техническими науками возрастает с каждым годом. В связи с этим появилась настоятельная необходимость разработки комплексного метода исследования, позволяющего ученым рассматривать частное в его нераздельном единстве с общим. Единая наука предсказанная К.Марксом в 40-х годах XIX в., не исключает узкой специализации, не объединит все знания в одно размытое целое, а позволит искать и находить общие законы, присущие всем частным наукам. По сути поиск аналогий и является первым шагом в разработке такой общей методологии. Комплексный метод исследования, о котором было сказано выше, вероятно, будет разработан на основе подмеченных, осмысленных и обобщенных аналогий.

Я.П.Цыпкиным (Институт проблем управления) и другими учеными давно замечана общность процессов управления в технических, биологических, экономических и иных системах, а аналогии между этими весьма разнородными системами неоднократно использовались и обсуждались в научной литературе [3]. Естественно предположить, что если есть аналогии в управлении, то их не может не быть в сути управляемых систем (ретроспективный прием логики).

В истории науки отмечено немало случаев, когда плодотворные догадки и даже открытия появлялись на "стыках" различных отраслей знаний или возникали на основе аналогий. Принцип аналогий, однако, может быть использован лишь в тех случаях, когда научно обоснована правомерность такой процедуры.

Если рассматривать информацию как своего рода "топливо", создающее "энергию" общественной системы, то аналогия процесса передачи информации с процессом передачи тепла позволяет лучше понять особенности первого из них. В самом деле, интенсивность обоих указанных процессов зависит от специфических свойств "среды источника" и "среды получателя". Разделены среды в одном случае стенкой, обладающей определенной теплопроводностью, в другом роль такой стенки играют технические средства передачи информации и формы организации самого процесса такой передачи. Точнее, имеет место привычная кибернетическая схема "вход — процесс — выход", где под "входом" подразумевается ввод информации от верхнего уровня управления, под "процессом" — переработка и хранение информации, а под "выходом" — выдача управляющего решения. Таким образом, сопротивляемость "стенки" охватывает такие элементы, как технические свойства автоматизированной системы управления (быстродействие ЭВМ, объем памяти и др), наличие и качество необходимых программ, соответствие формы выдачи управляющего решения уровню подготовленности персонала объекта управления и т.п. Если сравнить эту схему с термодинамической, то станет очевидным, что в зависимости от свойств, присущих уровням управления, автоматизированным системам управления и объектам управления будет зависеть оперативность всего процесса управления. И тогда, по аналогии с коэффициентом теплопередачи  $K$  выраженным соотношением

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_2}} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \text{час}^\circ \text{C}},$$

где  $a_1$  — коэффициент теплоотдачи от первой среды к стенке; и  $\delta/a$  — коэффициент теплопроводности стенки и ее толщина;  $a_2$  — коэффициент теплоотдачи от стенки ко второй среде (величина  $\frac{1}{K}$  представляет собой так называемое тепловое сопротивление) коэффициент передачи информации будет состоять из информационных эквивалентов коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности, а именно  $K', a'_1, \lambda', a_2$ , определяющих сопротивление процесса передачи информации. Роль этих коэффициентов должны сыграть нормативы, определенные по видам объектов управления управляющих систем и применяемой техники. На создание нормативного хозяйства в этом случае потребуется большое количество труда, однако любой другой подход к определению количественных характеристик информационных и управляющих систем также требует широкого применения нормативов. Продолжая методический прием применения аналогий, можно получить уравнения информационного состояния и информационного баланса.

Первое существенное изменение в обществе, связанное с информацией, можно отнести к появлению ее бумажных носителей. С этого момента количество циркулирующей в обществе информации бурно растет и возникает, в кон-

це концов, явление, получившее наименование информационного взрыва. Возможности человеческого мозга оказались исчерпанными и наступило время появления первого информационного барьера. Иными словами, информационная ситуация в обществе меняется путем накопления количества информации и последующего за ним качественного скачка, призванного преодолеть очередной информационный барьер. Преодоление первого информационного барьера характеризовалось необходимостью расширения физических возможностей человеческого мозга и осуществить это стало возможно с помощью ЭВМ, многократно усиливших эти возможности. Это означало качественно новый уровень управления народным хозяйством, а значит в жизни общества наступил принципиально новый период его развития.

Второй информационный барьер дает о себе знать тогда, когда оказываются исчерпанными возможности действующих организационных структур и социально-экономического механизма. Следовательно, для преодоления второго информационного барьера необходим качественный скачок в новую эру управления народным хозяйством, которая должна характеризоваться новой технологией управления, названной В.М.Глушковым "безбумажной". Простым наращиванием вычислительного потенциала эту проблему решить нельзя. Именно на этом этапе развития общества на базе кибернетики возникает информатика, тесно связанная не только с "безбумажной" технологией управления, но и с коренной перестройкой организационных структур, которые в свою очередь нельзя оторвать от хозяйственного механизма и его экономических рычагов. Очевидно, что без понимания этого обстоятельства преодоление второго информационного барьера может надолго затянуться.

В этой связи уместно упомянуть о японском опыте, когда в 1979 г. в Японии был создан Комитет научных исследований в области ЭВМ пятого поколения, задачей которого явилось осуществление специального проекта, о создании в Японии специфического информационно-ориентированного общества. В проекте сформулированы социальные требования, предъявляемые к ЭВМ 90-х годов, и первым среди них названо устранение социальных диспропорций, обусловленных дифференциацией отраслей на низко- и высокопроизводительные. В условиях социалистических стран этот тезис приобретает еще большее значение, т.к. в централизованном, плановом хозяйстве общий уровень его развития определяется "слабыми звеньями", а не передовиками. Общий уровень снижается именно отстающими, слабо развитыми отраслями и производствами. Поэтому так важно подтягивать именно их. С помощью ЭВМ пятого поколения в Японии предполагается вывести на уровень индустрий ныне отстающие рыболовство и сельское хозяйство, что позволит полностью решить задачу самообеспечения страны продовольствием. Второе требование, сформулированное проектом, касается расширения возможностей человека (особенно в процессах принятия решений, систем автоматизированного проектирования и т.д.). Ставится также задача воз-

действия на саму личность человека, который, освоив упрощенные средства общения с ЭВМ, должен получить новые возможности для своего всестороннего развития. Предполагается, что на этой основе будет складываться и новый характер общественных отношений. Упоминание здесь о японском проекте имеет целью показать, какое важное значение придается созданию совершенно отличных от существующих и совершенно новых принципов жизнедеятельности, основанных на информатике. Можно и нужно критиковать проект по его многим составляющим и, безусловно, речь не может идти о заимствовании его идей, однако не видеть его прогрессивной направленности было бы непростительно. Уже более десяти лет население этой страны проходит специальную подготовку, начиная с детских садов, школ, специально-технического и высшего образования, а также в сфере быта и торговли. Япония активно готовится к преодолению второго информационного барьера и это — главное обстоятельство, которое хотелось бы подчеркнуть.

Вернемся к вопросу об аналогии термодинамических и информационных процессов. Уже упоминалось о том, что сходство передачи тепла и передачи информации состоит в том, что в обоих случаях существуют определенные препятствия для этих процессов: в первом случае это физическая стенка, во втором роль такой стенки играют несовершенство средств передачи информации и ее организации, инерция управляющей и управляемой системы, психологические барьеры и т.п. Препятствия, возникающие в такой условной стенке, непосредственно влияют на увеличение энтропии. В обоих случаях процесс перехода от одного состояния к другому (термодинамическому или информационному) характеризуется разностью соответствующих потенциалов: начального и достигнутого; в термодинамике это разность температур (или количества тепла), в информатике это разность энтропий. Естественно, что перепады фиксируются в пределах выбранного интервала времени и относятся к определенной "массе". В первом случае это локализованная физическая среда, во втором — общественная. Например, для определения результативности управления "массой" будет являться та часть объекта управления, на которую воздействует "перепад состояний" — это может быть какое-либо функциональное подразделение, или часть технологического цикла, или область социальных изменений — например, улучшение условий труда для лиц, находящихся под воздействием вредных шумов, испарений, температуры, влажности и др.

Состояния объекта управления характеризуются векторами, формирующимися из компонент, описывающих изменения, происходящие в объекте под влиянием процедур управления. Необходимым условием рассмотрения термодинамических и экономических аналогий является наличие обратимости, т.е. процессы должны быть круговыми. Воспользуемся для доказательства того, что экономические процессы являются таковыми, двумя высказываниями К.Маркса: "Какова бы ни была общественная форма процесса производства, он во всяком случае должен быть непрерывным, т.е. должен

периодически все снова и снова проходить одни и те же стадии. Так же как общество не может перестать потреблять, так не может оно и перестать производить. Поэтому всякий общественный процесс производства, рассматриваемый в постоянной связи и в непрерывном потоке своего возобновления, является в то же время процессом воспроизводства" [4, с. 578]. Итак, процессы общественного производства К.Марксом определены как непрерывные и круговые. Для последующих рассуждений следует иметь в виду еще одно обстоятельство: очевидные и наглядные технико-экономические показатели отдельных предприятий или отраслей не являются верными для системы в целом. Эти показатели, имеющие в отрасли натуральную размерность, в системе превращаются в абстрактные (представляющие собой части общего, принятого за единицу). Так, например, вместо потребительной стоимости появляется абстрактная созданная стоимость. Таким же путем получения абстрактная численность персонала, занятого выпуском определенной продукции.

Исходя из изложенных исходных моментов, А.Н.Голубенцевым [5] было составлено уравнение экономического состояния для отрасли, связавшее объем производства продукции, ее стоимость, производительность общественно необходимого труда и численность персонала. Это уравнение имеет вид

$$P_i z_i^* = \lambda_i^* T_i^*,$$

где  $P_i^*$  — количество продукции, выпускаемой  $i$ -той отраслью;  $\lambda_i^*$  — затраты конкретного труда на производство одной потребительной стоимости в  $i$ -той отрасли;  $z_i^*$  — выработка продукции, приходящаяся на одного человека в  $i$ -той отрасли;  $T_i^*$  — полная абстрактная численность персонала, занятого в  $i$ -той отрасли.

Нетрудно видеть, что данное уравнение идентично термодинамическому уравнению состояния идеального газа, связывающего давление, температуру, объем и газовую постоянную. Такая идентичность не случайна, а вытекает из аналогии происходящих процессов.

Воспользовавшись уравнением состояния экономической системы, попробуем конкретизировать его для информатики. В общем виде должна быть установлена связь между темпом прироста объема информации, количеством потребительных стоимостей, вырабатываемых в сфере информации, численностью персонала и стоимостью информации. Исходное понятийное уравнение по аналогии с уравнением экономического состояния будет

$$P' z' = R' T'$$

где  $P'$  — количество информации, циркулирующей в системе;  $R'$  — удельные затраты общественно-необходимого труда, приходящиеся на единицу информации;  $z'$  — результативность общественно необходимого труда (своего рода коэффициент полезного действия);  $T'$  — численность персонала, занятого пе-

переработкой информации. Отсюда результативность общественно необходимого труда в информационной сфере прямо пропорциональна количеству информации и удельным затратам труда, а обратная пропорциональна численности занятых переработкой информации ( $z' = \frac{R' T'}{P}$ ). Очевидно, что  $R'$  бу-

дет различаться по видам работ аналогично тому, как газовая постоянная принимает различные значения для конкретных газов. Основываясь на нормативах, которые следует установить для многих конкретных условий, станет возможным определение результативности общественно необходимого труда в различных системах информатики. Теперь перейдем к результативности систем управления.

По мере становления информатики как самостоятельной отрасли проблемы определения результативности систем управления приобретают все большее значение, но степень разработанности этих проблем явно недостаточна. Трудность вычисления показателей эффективности заключается в том, что вычислительная техника и системы управления не похожи на все остальные образцы новой техники, для которых разработаны и используются соответствующие методики. Разнообразие эффектов, связанных с функционированием систем управления, не учитывается ни одной из существующих методик.

Кроме того, все возрастающая сложность объектов управления и необходимость комплексной оценки результативности систем управления привели к невозможности проведения расчетов традиционными методами. Создалась ситуация, когда жизненно необходимым стал поиск совершенно нового подхода к проблеме эффективности управления вообще и АСУ — в частности. Суждение о целесообразности создания или результатах использования только по экономическому эффекту, приносимому АСУ, неверно. В стороне остается главное — организующая роль системы управления и принципиально иной уровень функционирования объекта управления.

Высокая сложность объектов управления, так же, как и систем управления, ведет к использованию при определении их результативности очень большого количества показателей, между которыми не существует функциональной связи. Существует еще одна особенность расчетов результативности, на которую хотелось бы обратить внимание: речь идет о невозможности применения единого показателя для всего разнообразия систем, как это делалось до сих пор с помощью нормативного коэффициента эффективности. Каждая хозяйственная система, являющаяся объектом управления, характеризуется своим специфическим комплексом показателей и конечный результат ее функционирования не может быть охарактеризован каким-либо одним показателем, которому подчас охотно (и совершенно напрасно) приписываются интегральные свойства. Каждому из объектов управления свойственны свои специфические производственные условия, выполняемые задачи, состояние кадрового обеспечения, набор необходимых и имеющихся технических средств, транспортные и демографические условия. Следовательно, похожий результат достигается разными предприятиями с помощью



различающихся усилий и средств, а вместе с тем одинаковые усилия и средства в разных производственных условиях приводят к значительно отличающимся друг от друга результатам. Оценивать их, учитывая одинаковые для всех предприятий показатели, неправомерно.

Общими свойствами наборов показателей, описывающих результативность различных объектов управления, должны быть их системность, динамичность и многофакторность. Этим условиям отвечает вектор состояния объекта управления. Сопоставление же вектора, характеризующего цель производственной системы, с вектором ее состояния в любой текущий момент дает представление о степени достижения поставленной задачи и является характеристикой конечных результатов. Процедура сопоставления двух векторов, характеризующихся множеством показателей в их динамике, не под силу человеку, не вооруженному ЭВМ, и должна производиться по специальной программе. Особую значимость в этих условиях приобретает правильное и четкое формулирование цели. Понятно, что цель и последующие состояния объекта управления должны быть очерчены одними и теми же терминами и показателями. В противном случае сопоставление соответствующих векторов теряет всякий смысл. Кстати сказать, сама процедура построения дерева цели побуждает к упорядочению управления и в этом смысле она приносит немалую самостоятельную пользу, не говоря уже о ее необходимости для определения результативности систем управления. Итак, развитие методологии определения эффективности автоматизированных систем управления идет по пути от использования традиционных скалярных числовых отношений к применению векторных многофакторных. В развитие этой тенденции Институтом кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР совместно с ГлавНИИВЦ Госплана УССР и Институтом философии АН УССР были проведены исследования по определению экономической и социальной эффективности для РАСУ УССР, где осуществлен упомянутый подход к результативности автоматизированных систем управления.

Принципиально важным здесь является то, что ни один из исходных показателей не имеет самостоятельного значения, а рассматривается только их комплекс (вектор). Для формирования векторов состояния хозяйственной системы используются как специфические для нее технические и хозяйственные показатели, так и показатели, характеризующие ее социальную жизнь. При определении экономического результата функционирования систем управления учитываются не только суммы экономии от ее звеньев (отраслевых, территориальных и производственных систем управления), но и эффект, получаемый в результате их интеграции. Такая попытка предпринята впервые. На величину эффекта интеграции существенно влияют межотраслевые функциональные комплексы, такие как "Планирование", "Финансы", "Трудовые ресурсы" и др. (всего 8 комплексов).

Коренным отличием получаемых результатов исследований является определение социального эффекта по показателям следующих четырех

типов: 1) степень удовлетворения учитываемых статистикой и нормативно-зафиксированных показателей; 2) степень социально-классовой однородности уровней потреблений товаров и услуг; 3) степень однородности удельной обеспеченности товарами и услугами населения разных видов поселений; 4) степень территориальной (межрегиональной) однородности удельной обеспеченности населения.

Показатели этих типов влияют на формирование так называемого внешнего (т.е. проявляющегося в объекте управления) эффекта. "Внутренний" социальный эффект возникает в самой системе управления. Как "внешний", так и "внутренний" социальные эффекты кроме непосредственного влияния на социальную сторону жизни объекта управления оказывают еще и опосредованное влияние на его экономическую сторону. Понимая, что это влияние практически, безусловно, имеет место, теоретически учесть его в расчетах пока не представляется возможным. Определение "внешнего" социального эффекта ведется по задачам, решаемым в АСУ по выбранным для этого показателям. "Внутренний" эффект рассчитывается не по задачам, а по подсистемам РАСУ. Еще рано говорить о завершенной и отлаженной процедуре таких расчетов; многое еще предстоит преодолеть (прежде всего трудности получения необходимой и достоверной информации, ее хранения, доступа и использования и пр.), однако первые шаги в этом направлении сделаны и не следует пренебрегать уже осознанным.

Возможен и другой методологический путь оценки результативности систем управления. Общим для процессов управления является их антиэнтропийный характер. А.И.Берг отмечал, что кибернетика открыла единство процессов управления, которое состоит в том, что где бы эти процессы не проходили, все они характеризуются точной количественной мерой — уменьшением энтропии [6]. Н.Б.Новик рассматривал управление как упорядочение системы, т.е. приведение ее в соответствие с определенной объективной закономерностью, действующей в данной среде [7]. Таким образом, если управление упорядочивает систему, то и судить о результатах, достигнутых системой управления, следует по степени упорядоченности, которая должна неуклонно возрастать, или неупорядоченности, которая столь же неуклонно должна падать. Приняв энтропию как меру неупорядоченности общественной системы, можно с ее помощью производить необходимые измерения. При этом нельзя забывать, что управлению подлежит не только сфера общественного производства. Человек — явление социальное, он всегда принадлежит к определенной общественной системе (формации, классу, социальной группе), которая предъявляет к нему определенные требования, ставит его поведение, дела и поступки в известные этические и правовые рамки, соответствующие природе общества, господствующим в нем экономическим и иным общественным отношениям [8]. В.И.Ленин писал, что жить в обществе и быть свободным от общества нельзя [9]. Следовательно, управление не должно рассматриваться вне социальных условий, в которых

оно осуществляется. Именно взаимовлияние социальной среды и управления получило в информатике (по сравнению с кибернетикой) новое очень существенное отражение. Ведь под научным управлением подразумевается не только знание законов развития общества, но и социальных условий, в которых эти законы действуют.

"Несоответствие между спросом и предложением является следствием нерационального распределения труда между различными отраслями и производствами и означает потерю труда (материальных благ) для общества. Энтропия в общественном производстве может быть сокращена, если общество организует получение информации, с помощью которой эти потери труда могут быть сведены к минимуму" [10, с. 84].

Объективную информацию о том, во что обходится обществу тот или иной товар несет в себе стоимость, так как, она отражает количество затраченного на единицу товара общественно-необходимого, абстрактного труда. Эта информация определяет степень организованности, упорядоченности труда, его оснащенности, совершенства технологии, квалификации кадров. Энтропия экономической системы поэтому может быть выражена приращением общественно необходимого труда, отнесенным к абстрактной численности персонала, участвующего в выпуске соответствующей продукции. Однако общество никогда не может полностью использовать свои материальные и кадровые ресурсы без остатка, так как, часть их используется в производственном потреблении. Это своего рода налог, обусловленный спецификой экономического процесса, неизбежные потери которого также отражаются в энтропии. Применительно к локальным производственным системам этот принцип был применен А.Н.Голубенцевым [5], который выразил изменение энтропии производственной отрасли  $S$  через отношение приращения полных затрат труда  $Q$  к абстрактной численности персонала  $T^*$

$$dS = \frac{dQ}{T^*}$$

или

$$S_2 - S_1 = \int \frac{dQ}{T^*}$$

Изменение энтропии можно выразить как функцию основных экономических параметров  $P$ ,  $Z^*$ ,  $T^*$ , взятых по два:

$$S_2 - S_1 = f_1(P, z^*);$$

$$S_2 - S_1 = f_2(P, T^*);$$

$$S_2 - S_1 = f_3(z^*, T^*),$$

где  $p$  — количество учетных единиц продукции;  $z^*$  — затраты общественно необходимого труда на производство единицы продукции.

Анализ полученных А.Н.Голубенцевым соотношений показывает, что существует предел целесообразности увеличения производительности общественно необходимого труда до определенной величины, при которой энтропия экономического процесса имеет наименьшее возможное значение. Дальнейшее увеличение производительности общественно необходимого труда приводит к росту энтропии, а следовательно, уменьшает общественное богатство и становится невыгодным. Задача органов управления в этом случае состоит в том, чтобы не допускать роста энтропии, для чего следует непрерывно следить за ее состоянием, а значит периодически вычислять ее. Располагая динамикой численного выражения энтропии, можно судить о степени приближения к цели.

Возможен еще и третий методический путь: Б.Г.Кузнецовым предложен показатель экономического и технического прогресса, измеряющий не только уровень развития производительных сил, но и скорость возрастания этого уровня и его ускорение. Такой показатель назван фундаментальным экономическим индексом ( $\Omega$ ). В его основе лежат производительность общественного труда  $P$  и первая, вторая, а также третья производная по времени от этой величины [1]

$$\Omega = P (1 + A\dot{P} + B\ddot{P} + C\dddot{P}),$$

где  $\dot{P}$  — первая производная от  $P$ , представляет собой скорость возрастания этой величины;  $\ddot{P}$  — вторая производная от  $P$ , представляет собой ускорение;  $\dddot{P}$  — третья производная от  $P$ , характеризует возрастание ускорения;  $A, B, C$  — коэффициенты, характеризующие конкретные изделия, их системы, технологии и т.д. Приведенное выражение действительно, если все три производные больше нуля. Максимальное значение фундаментального экономического индекса определяет наиболее совершенную структуру народного хозяйства и его межотраслевых пропорций, а также их динамику. Совершенно очевидно, что уровень производительности общественного труда характеризует упорядоченность общественного производства, его организованность и целесообразность и в этом смысле является как бы мериллом цивилизации, развитие которой — последовательные переходы от власти общебиологических закономерностей к все возрастающей власти целесообразной и, главное, целенаправленной деятельности человека, вооруженного необходимой для этого информацией, средствами ее обработки, хранения и использования в конкретной общественной среде. Но это осуществимо только с помощью вычислительной техники, организованной в большие системы, а в идеале — в общегосударственную.

Если применить индекс  $\Omega$  к системам управления, то такой подход может оказаться весьма продуктивным с точки зрения определения результативности этих систем. Сравнение первоначального значения индекса  $\Omega_1$  (характеризующего состояние объекта управления до применения какого-либо новшества) со значением индекса  $\Omega_2$  (после его внедрения), безуслов-

но, отразит степень влияния этого новшества на динамику как объекта управления, так и системы управления. В этом случае величина  $\dot{P}$  (скорость) будет определяться состоянием проектно-конструкторских разработок и созданием математического обеспечения, реализующих уже известные принципы; когда же в ход пойдут новые принципы и идеи и процесс этот приобретет непрерывный характер, тогда речь пойдет о  $\ddot{P}$  (ускорении). И, наконец, когда поиск новых принципов приводит к необходимости кардинального изменения самого мышления в науке и обществе, появляется  $\ddot{P}$  (возрастание ускорения). То, что происходит сейчас в нашем социалистическом обществе, знаменует собой преддверие такого периода развития, когда информатика, как раз и представляющая собой новое мышление, основанное на повсеместном внедрении вычислительной техники, может привести к кардинальному изменению не только всей системы управления, но и самого образа жизни. По-видимому, появление каждой из трех производных, о которых шла речь, определяет соответствующую ступень развития общества. Разность  $(\Omega_2 - \Omega_1)$  является показателем эффекта народнохозяйственной акции.

Рассмотренные три возможные пути дальнейшего развития методологии определения результативности автоматизированных систем управления позволяют сделать следующие обобщения.

Первый путь — измеряется конечный результат функционирования объекта управления (экономической системы), выраженный в тех позитивных сдвигах, которые произошли в этом объекте. Комплекс показателей, характеризующих все виды эффектов, представляется в виде векторов состояний (целевого и текущего). Для сопоставления этих векторов состояний необходима специальная программа, по которой ЭВМ (АСУ или ИС) в любой момент может оценить степень приближения каждого текущего состояния объекта управления к заданной цели, иными словами, производит самооценку.

Второй путь — измеряется полезность, результативность системы управления не по достижениям, а по потерям. Управление по сути своей и задачам — процесс антиэнтропийный и поэтому о его успехах и потерях можно судить по динамике величины энтропии, присущей объекту управления, которая также будет характеризовать степень приближения к цели.

Третий путь — измеряется фундаментальный экономический индекс, представляющий собой сочетание трех производных от производительности общественного труда, т.е. ее скорость, ускорение и возрастание ускорения. Разность значений фундаментального экономического индекса, присущих периоду времени до и после внедрения конкретного управленческого мероприятия, является показателем его эффекта.

Эти пути еще требуют фундаментальных разработок, так как степень их готовности к практическому использованию еще невелика. Например, еще предстоит во всех трех случаях научиться из общего высчитанного эф-

фекта или потерь в объекте управления выделить долю, приходящуюся именно на систему управления. Ведь общий позитивный результат развития объектов управления формируется не только "по вине" системы управления, но и в силу увеличения производительности труда отдельных работников в результате морально-политических причин, в силу внедрения новой технологии или в силу демографических изменений и т.д. Как ни сложна проблема, однако она разрешима, ее решение — вопрос техники математических преобразований. Большие надежды в этом деле мы возлагаем на методы факторного анализа, в частности метод главных компонент, с помощью которого доля систем управления в общих переменах в объекте управления принципиально может быть выявлена.

На первых порах к этой проблеме можно подойти и используя метод исключения, а именно влияние применения новой технологии или повышения производительности труда определяется без особых затруднений. Тогда, вычтя из общего итогового результата те его части, которые определить проще, можно получить представление о доле, приходящейся на систему управления. Понятно, что точность такого подсчета невысока, но представление о порядке величин получить можно, а иногда и это представляет большой интерес.

1. Кузнецов Б.Г. Физика и экономика. — М. : Наука, 1967. — 87 с.
2. Кедров Б. Философия и методология науки // Наука и жизнь. — 1984. — № 11. С. 43.
3. Цыпкин Я. Управлять всем, а что не управляется, сделать управляемым // Наука и жизнь. — 1984. — № 11. — С. 52–53.
4. Маркс К. и Энгельс Ф. Капитал. — Соч., т. 23. — С. 578.
5. Голубенцев А.Н. Термодинамика процесса производства. — Киев, Техника, 1969. — 160 с.
6. Берг А.И. Предисловие // Бира Ст. и Кибернетика и управление производством. — Физматгиз, 1965. 390 с.
7. Новик Н.Б. Кибернетика. Философские и социологические проблемы. — М. Госкомиздат. — 1963. — 208 с.
8. Афанасьев В.Г. Системность и общество. — М. Изд-во политической литературы, 1980. — 213 с.
9. Ленин В.И. Всероссийская политическая стачка. — Полн. собр. соч. Т. 12. — С. 404.
10. Николаев И. Кибернетика и экономика. — М. : Экономика, 1974. — 84 с.

УДК 330.519.86

Л.Г.Лавров

## ИНФОРМАТИКА В СИСТЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Одна из основных методологических проблем информатики — оценка ее роли и возможности в деле кардинального совершенствования системы

планирования и управления народным хозяйством. В этом отношении следует исходить из того, что в своем развитом виде информатика формируется как целостная индустриальная информационная технология, основанная на комплексном использовании электронно-вычислительной техники (ЭВТ) и средств связи, обеспечивающая "сквозную" автоматизацию процессов сбора, передачи, переработки и хранения информации при решении планово-управленческих задач.

За счет применения соответствующих математических (программных) средств данная технология позволяет реализовать управленческие процедуры в режиме ведения "диалога" между человеком (руководящими работниками всех уровней) и ЭВМ. Такой режим не только дает возможность учета и анализа неформализуемых методов управления, но и ликвидирует потоки подающихся формальной алгоритмизации бумажных документов. Каждому работнику административно-управленческого аппарата предоставляются и средства получения необходимых документов (писем, планов, приказов и т.п.).

Новая информационная технология формирует некоторую технико-информационную среду, в которой на едином информационном "поле" осуществляется вся совокупность процедур по планированию и управлению народным хозяйством. Такая среда, которая может быть кратко названа "средой информатики", содержит в себе исключительные возможности в смысле направлений ее эффективного использования. И прежде всего это относится к реализации в данной среде оптимизационных и других экономико-математических моделей, совокупность которых обеспечивает выбор наиболее рациональных вариантов развития отдельных хозяйственных объектов и экономики в целом. Именно органическое сочетание вычислительного потенциала информатики и оптимальных принципов планирования позволяет, по нашему мнению, не только на деле внедрить методы оптимизации в практику разработки и принятия планово-управленческих решений, но и достигнуть за счет такого внедрения максимальной эффективности функционирования ЭВТ в народном хозяйстве.

Индустриализация информатики — не просто количественный процесс, обеспечивающий наращивание объемов накопления, переработки, передачи и хранения информации. Эти количественные возможности приводят к существенным качественным изменениям в постановке вопроса о принципах и методах разработки оптимального плана: речь идет о том, что в действительности существует целый ряд планово-управленческих задач и социально-экономических процессов, корректное модельное описание которых не может быть сделано на уровне общетеоретических предпосылок и умозаключений, а требует постоянного информационного "слежения" за конкретным объектом моделирования.

Предоставляемая информатикой возможность оперативного учета при

составлении народнохозяйственных планов изменений в потребительском спросе порождает, например, принципиальную возможность реального включения в состав оптимизируемых показателей всей системы стоимостных измерителей (цен). В условиях общественного разделения труда и товарно-денежных отношений при социализме первостепенная задача этих измерителей заключается в правильном отражении общественно необходимых затрат труда на производство каждого продукта.

Вообще говоря, указанные затраты должны устанавливаться в результате разработки оптимального народнохозяйственного плана, в котором все производственные ресурсы общества распределяются с целью максимального повышения его благосостояния. Это тот план, который, как отмечал Ф.Энгельс, "... будет определяться в конечном счете взвешиванием и сопоставлением полезных эффектов различных предметов потребления друг с другом и с необходимым для их производства количествами труда". [1, с. 321].

Распределение общего количества труда (живого и овеществленного) по отдельным сферам производства в значительной степени является планово-управляемым, поэтому оно поддается непосредственному модельному описанию. Поскольку же в среде информатики возникает принципиальная возможность построения реальной целевой функции потребления, то тем самым данная среда методически и на конкретном количественном уровне способна обеспечить те самые "взвешивание и сопоставление", о которых говорится в приведенной цитате. Отсюда (как следствие) вытекает, что вся проблематика ценообразования при оптимизации народнохозяйственного планирования является внутренней и, следовательно, разрешимой для функционирующей системы информатики. Говорить же о важности этой проблематики не приходится.

Имеющиеся к настоящему времени предложения по построению систем моделей народнохозяйственного планирования отражают в необходимой мере лишь один аспект процесса воспроизводства социалистической экономики — производственный, а связь между материальным производством и сферой потребления (описываемой, как правило, функционалом задач верхнего уровня планирования) представляется в них как непосредственная [2—4].

Между тем известно, что взаимодействие этих двух "крайних" стадий процесса расширенного воспроизводства осуществляется через довольно сложный механизм распределения и перераспределения материальных и финансовых ресурсов общества. Предпринимаемые в рамках некоторых из систем моделей попытки отразить закономерности функционирования этого механизма на уровне априорно формулируемых модельных постановок, по существу, ничего не дают для понимания предмета, так как здесь чрезвычайно существенным является вопрос о конкретных результатах "работы" тех или иных принципов распределения в реальной хозяйственной жизни.



В производственной сфере, например, данные принципы, имея важное стимулирующее значение (через образование различного рода фондов предпочтений, применение определенных систем оплаты труда и т.д.), оказываются в большей или меньшей степени действенными в зависимости от того, к каким именно планово-управленческим решениям они объективно приводят руководящие органы каждого производственного подразделения. Чтобы знать эти решения, а значит и овладевать рычагами последовательного совершенствования системы стимулирования (понимаемой в самом широком смысле), необходимо иметь постоянные информационные "контакты" с конкретными объектами, по отношению к которым данная система применяется.

Аналогичным образом обстоит дело с анализом и регулированием механизма распределения и перераспределения с позиций сферы потребления. Определяя в итоге совокупный объем доходов населения (денежных и натуральных), этот механизм формирует тем самым условия реализации такой необходимой стадии воспроизводства экономической системы, как конечное потребление. Установление конкретной структуры потребительского спроса, определяемой каждый раз соотношением между данными условиями и целевой функцией потребления, требует, следовательно, помимо выявления закономерностей формирования последней (о чем уже выше говорилось), также и обобщения непосредственных результатов воздействия на эту структуру соответствующих принципов распределения и перераспределения материальных благ, что осуществимо лишь на базе возможностей индустриальной информатики.

Весьма плодотворно потенциал информатики может быть использован в разработке еще одной важнейшей экономической проблемы — проблемы учета закономерностей развития и планирования научно-технического прогресса. Научно-технический прогресс, будучи, решающим фактором интенсификации и роста общественного производства, является одновременно процессом, сложным по внутренним условиям формирования и долговременным по его социально-экономическим последствиям в будущем. Представляется, что именно эти обстоятельства обусловили тот факт, что даже в наиболее развитых динамических вариантах существующих экономико-математических моделей научно-технический прогресс учитывается не прямо и непосредственно, а как часто говорят, "неявно" — через систему коэффициентов, корректирующих традиционные экономические показатели ("нормативы" материалоемкости, фондоемкости, трудоемкости и т.д.).

Влияние на пропорции экономического развития новых технологий, рассматриваемых в этих моделях, отражается опять-таки через систему указанных показателей. Такой подход приводит к тому, что ресурсы, затрачиваемые обществом в целях интенсификации производства и, прежде всего, на научно-технический прогресс, в моделях никак не учитываются, да и не могут быть учтены.

Причина такого положения заключается в том, что в априорно формулируемых моделях, не основанных непосредственно на информации о состоянии и перспективах развития научно-технических разработок, факторы научно-технического прогресса могут быть учтены только как экзогенные, т.е. внешние по отношению к моделируемой экономической системе. Само собой разумеется, что вопросы оптимизации процессов создания, внедрения и функционирования новых видов техники и новых технологий в рамках таких моделей не только не решаются, но и не ставятся. Между тем и без особых доказательств ясно, что выбор наиболее рациональных способов и направлений научно-технического развития общества должен составлять одну из основных задач оптимизации народнохозяйственного планирования.

Подойти к решению этой проблемы можно лишь на основе достаточно полного представления о том, какие именно новаторские предложения в области совершенствования производства уже имеются на каждый данный момент времени и как они оцениваются с позиции ожидаемых затрат и результатов в случае внедрения; какие научно-технические разработки находясь в стадии "задела" и к каким конечным последствиям в народном хозяйстве они могут привести; каковы, наконец, более общие тенденции развития отдельных отраслей научных и технических знаний и какого эффекта от использования этих знаний можно ожидать в обозримой перспективе. Анализ и обобщения такого рода информации — единственный путь эндогенного включения фактора научно-технического прогресса в общую процедуру оптимизации народнохозяйственного планирования.

Таким образом, перед нами предстает целый класс важнейших планово-экономических задач, решение которых ни в методическом, ни тем более в количественном отношении не может быть достигнуто без органического их внедрения в среду индустриальной информатики. Что же в конечном счете объединяет эти задачи? Общим для них является тот факт, что результаты их решения существенно зависят от факторов, имеющих ту или иную долю неопределенности, обладающих большей или меньшей степенью предсказуемости их "поведения" и изменения.

В сфере производства, например, такого рода неопределенность порождается наличием ряда неформальных процедур в принятии планово-управленческих решений, диктуемых конкретными условиями хозяйствования. В сфере личного потребления населения она обусловлена относительной стихийностью поведения потребителей при складывающейся каждый раз структуре предложения товаров и услуг и проводимой в соответствующие периоды времени политике цен и доходов. Что касается научно-технического прогресса, то наиболее существенной здесь оказывается неопределенность в оценке долговременных последствий разработки и внедрения тех или иных проектов, причем степень неопределенности возрастает по мере увеличения рассматриваемой временной перспективы. В системе ценообразования,

преломляющей в себе в конечном счете все аспекты развития народного хозяйства, находит отражение совокупное влияние перечисленных факторов в их взаимосвязи.

Учет этих факторов при решении планово-экономических и управленческих задач требует постоянного информационного "слежения" за соответствующими объектами и процессами, так как никакому априорному модельному описанию они по природе своей не поддаются. На основе такого "слежения", обеспечиваемого технической базой информатики, становится возможным по мере накопления данных сделать некоторые их обобщения на уровне формальных модельных постановок. Данные постановки, имея исходным пунктом процедуры итеративного информационного "наблюдения" за "поведением" моделируемого объекта, по сути своей являются эвристическими.

Это, разумеется, не умаляет значения в процессе оптимизации народно-хозяйственного планирования уже разработанных экономико-математических моделей, имеющих преимущественно детерминированный характер, т.е. сформулированных на основе так или иначе постулируемых предпосылок относительно структуры и закономерностей поведения моделируемого объекта. Тот факт, например, что здесь встречаются различные постановки многокритериальной оптимизации, стохастические задачи и т.п., ничего не меняет в смысле их содержательной детерминированности. Скажем, знать вероятностные параметры объекта — отнюдь не значит, знать о нем меньше по сравнению с оценкой "точного" его состояния (скорее всего — наоборот). Иначе говоря, детерминированность в моделировании вовсе не адекватна однозначной определенности в информационной характеристике моделируемого объекта. Состоит она в том, что все соотношения, описывающие объект, предполагаются известными, т.е. априорно нормируются (на каком информационном уровне (детерминированном, вероятностном и т.п.) осуществляется это "нормирование" — в данном случае не столь важно).

В связи с таким пониманием детерминированности и во избежание ее смещения с детерминированностью информативной уместно назвать весь класс моделей, основывающихся на предварительно сформулированной системе посылок относительно общих свойств соответствующего объекта моделирования, не детерминированными, а нормативными моделями. Более всего данные модели пригодны для описания тех экономических процессов, которые поддаются непосредственному целенаправленному регулированию. К ним относятся прежде всего производственные процессы, и не случайно поэтому подавляющее большинство разработанных нормативных моделей составляют модели производственного планирования.

Одним из важнейших аспектов постановки и применения нормативных экономико-математических моделей является их проверка на степень адекватности реальным объектам моделирования. Будучи сформулированы ап-

приорно, они должны быть подвергнуты обстоятельному опробованию на фактической информации на предмет соответствия исходных содержательных посылок подлинным свойствам этих объектов. Возможность такого опробования, предусматривающего регулярное информационное "обновление" модели, непосредственно реализуема лишь в среде информатики.

С этой точки зрения индустриальная информатика является существенным фактором повышения качественного уровня экономико-математического моделирования. Доводя нормативные модели до максимальной степени адекватности, а эвристические модели — до уровня наиболее полного содержательного их обобщения, она формирует тем самым всеобъемлющий комплекс модельных средств, позволяющий осуществить всестороннюю оптимизацию народнохозяйственного плана.

Вместе с тем в рамках данного комплекса возникает проблема выбора наиболее рационального состава моделей и системы информационных связей между ними, которые бы не только обеспечивали получение согласованного по всем аспектам оптимального плана развития экономики, но и позволяли бы делать это в некотором смысле наилучшим образом. Дело в том, что в общем случае существует довольно много различных наборов экономико-математических моделей (ЭММ), позволяющих получать адекватные конечные результаты оптимизации, что обусловлено наличием чрезвычайного многообразия возможных "сечений" экономической системы.

Указанные "сечения" определяются конкретным составом задач, приписываемых различным объектам планирования, перечнем показателей, образующих информационное обеспечение отдельных задач и являющихся результатом их решения, уровнем и способами агрегации показателей в рамках соответствующих задач, содержанием и направленностью информационных взаимосвязей последних и т.п. В конечном счете необходимо выбрать такое "сечение", которому бы соответствовала система моделей, реализующая принцип оптимальности народнохозяйственного планирования на основе наиболее рационально организованных процессов переработки и передачи информации.

Представляется, что качественным мерилom такой рациональности может служить требование получения всей совокупности оптимальных решений при минимальных объемах циркулирующей в соответствующей системе моделей информации. Данное требование может быть сформулировано, следовательно, как принцип минимальной информационной достаточности (МИД) для систем моделей оптимального народнохозяйственного планирования. С позиций любой из таких систем, обеспечивающих получение адекватных конечных результатов, применение данного принципа выступает как некоторая задача супероптимизации, поскольку она требует получения оптимальных народнохозяйственных решений оптимальным образом.

В этом смысле информатика не только существенно расширяет класс задач, включаемых в общую процедуру оптимизации народнохозяйственного

планирования, но и создает возможности оптимизации самой процедуры. Однако осуществление подобного рода оптимизации в качестве своей необходимой предпосылки требует достаточно строгого формализованного представления всего множества потенциально реализуемых вариантов систем ЭММ, которое, имея в виду равнозначность этих вариантов по результатам оптимизации, может быть названо множеством альтернативных вариантов.

Вопрос формализации описания всего множества альтернативных вариантов систем ЭММ чрезвычайно сложен, и говорить о способах его решения на данной стадии исследования не приходится. Здесь требуются обширные специальные изыскания, осуществляемые в рамках разработки соответствующих функциональных подсистем информатики. Можно, однако, указать на некоторые принципиальные содержательные условия такого описания.

Существенное ограничение множества альтернативных вариантов и более предметное его представление достигаются на основе выделения функционально ориентированных планово-экономических задач, охватывающих в совокупности весь процесс разработки оптимального народнохозяйственного плана. В качестве исходного положения следует отметить, что полную характеристику той или иной хозяйственной системы (в том числе и экономики в целом) мы получаем лишь в том случае, если известно, какие продукты и в каком количестве выпускаются и потребляются в данной системе, где (в каком месте) осуществляется процесс выпуска и потребления и когда (в какой момент времени) он происходит. Объединяя совокупность взаимосвязей по выпуску и потреблению отдельных ингредиентов термином "технология" и пытаясь сформулировать это утверждение более формально, можем сказать, что развивающаяся экономическая система любого ранга описывается в координатной системе технология — пространство — время (ТПВ). Причем в понятие технология здесь вкладывается самый широкий смысл, предусматривающий учет всех видов процессов по преобразованию (переработка, перемещение, хранение и т.п.) материальных и информационных ресурсов.

Важно отметить существенную нетождественность задач, решаемых соответственно в рамках подпространств ТП и ПТ, которая связана с тем, что модели, порождаемые сочетанием ТП, отражают отраслевой принцип планирования, в то время как совокупность моделей из подмножества ПТ олицетворяет собой территориальный подход к разработке плановых решений.

В рамках отраслевого подхода по самой его сути учитываются и реализуются те факторы экономии затрат общественного труда, которые непосредственно связаны с совершенствованием технологии изготовления продукции и проведением эффективной технической политики в отдельных отраслях. Однако в силу объективно существующей автономности отраслевых решений по размещению производства упускаются из виду возможности сокращения издержек за счет удачного межотраслевого сочетания

производств в пределах более или менее локализованных территориальных хозяйственных систем.

Территориальный принцип планирования способен обеспечить решение межотраслевых вопросов развития отдельных регионов за счет установления рациональных связей по комбинированию и кооперированию производства и комплексного использования на этой основе всех естественных условий хозяйствования. Однако, в противоположность отраслевому подходу, в данном случае утрачиваются возможности эффективного воздействия на реализацию глобальных технических нововведений в различных отраслях экономики. Пытаясь приспособить каждый раз совокупность используемых технологических процессов под конкретные региональные условия производства, территориальный принцип планирования объективно порождает рецидивы "местничества" в области технической политики и становится определенным препятствием на пути внедрения достижений научно-технического прогресса. Соответственно не используются и связанные с этим источники экономии затрат общественного труда.

Таким образом, ни один из двух указанных подходов, взятый в отдельности, не гарантирует всестороннего решения проблем оптимизации народнохозяйственного планирования (какие бы конкретные экономико-математические модели при этом не использовались). В этом смысле отраслевые и территориальные методы планирования следует не противопоставлять друг другу, а рассматривать их в сочетании и взаимосвязи как равноправные способы принятия хозяйственных решений, соответствующие различным сторонам единого процесса общественного воспроизводства.

Для полного описания состояния и развития экономики в рамках каждого из рассмотренных подходов необходимо дополнить подмножества ТП и ПТ временной компонентой В соответственно до технолого-пространственно-временного множества (ТПВ) и пространственно-технологическо-временного множества (ПТВ). В рамках первого из этих множеств формируются динамические экономико-математические модели, реализующие отраслевой принцип планирования, а второе множество порождает динамические модели территориального планирования.

Без преувеличения можно сказать, что согласование отраслевого и территориального аспектов народнохозяйственного плана является на сегодняшний день одной из основных проблем экономической теории и плановой практики. Смысл и конечная цель такого согласования должны заключаться в том, чтобы на основе последовательной взаимной корректировки двух этих "крайних" планов (отраслевого и территориального) получить некий "усредненный" план, который бы в максимальной степени реализовал всю совокупность как технологических, так и региональных факторов эффективного развития экономики. Символически процедуру подобного согласования можно выразить соотношением  $ТПВ \rightleftharpoons ПТВ$ .

Количество функциональных модельных блоков в подпространствах ТПВ и ПТВ и взаимосвязи между этими блоками определяются в конечном счете уровнем и последовательностью агрегации и дезагрегации каждой из компонент Т, П и В.

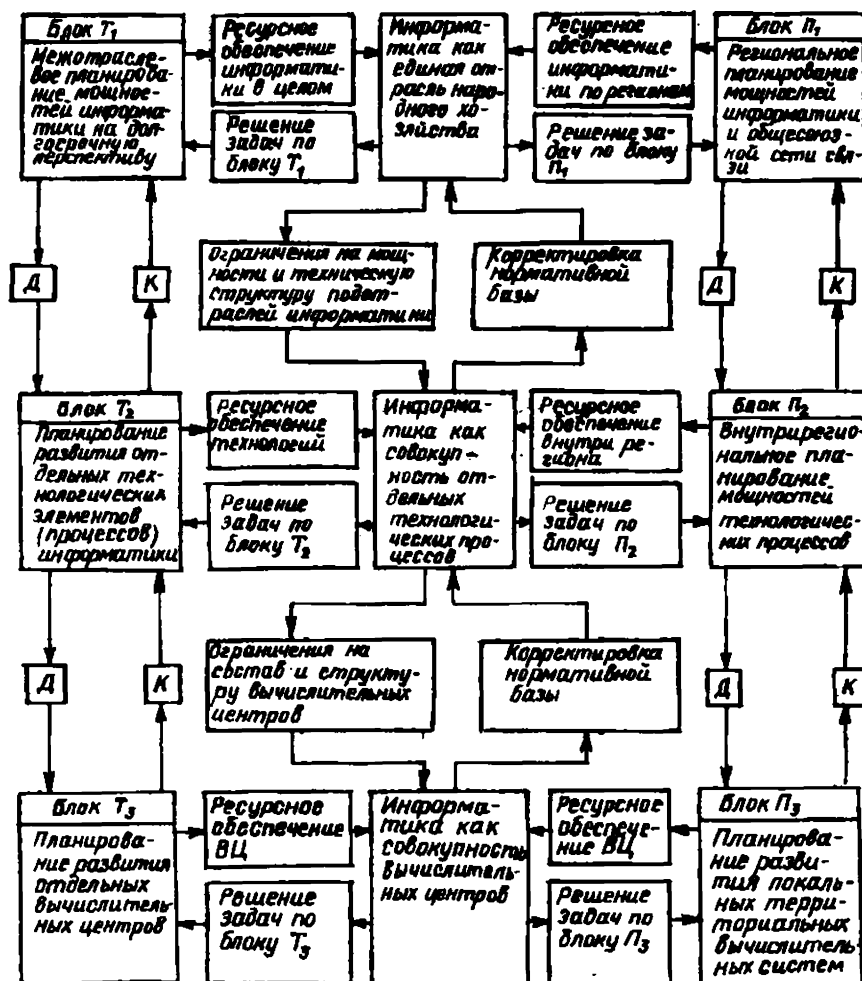
Следовательно, множество альтернативных вариантов систем ЭММ формируется за счет различной степени агрегирования как технологического и пространственного, так и временного аспектов планирования. По каждому из указанных аспектов существует чрезвычайно большое количество уровней агрегирования и еще большее количество различных сочетаний этих уровней по всем трем аспектам.

С содержательной точки зрения множество вариантов агрегирования следует ограничить условием, состоящим в том, что более высокому уровню агрегирования одного из параметров Т, П и В должна соответствовать и большая степень укрупнения двух остальных. Практически это будет означать, в частности, что территориальное размещение производства в разрезе крупных отраслей народного хозяйства должно планироваться для относительно более обширных районов (скажем, союзных республик и экономических районов) и с охватом более длительного планового горизонта. По мере того как технологические проработки в отдельных отраслях будут детализироваться и приобретать, следовательно, меньшие масштабы, вопросы определения места их внедрения будут решаться в отношении все более мелких территориальных единиц и с позиций более краткосрочной перспективы.

Сказанное удобно проиллюстрировать на примере блок-схемы трехуровневой системы ЭММ (рисунок), в которой отдельной позицией представлена информатика. Верхние блоки в данной системе, обозначенные через  $T_1$  и  $P_1$ , отражают народнохозяйственный уровень планирования соответственно в отраслевом и территориальном разрезах. Элементарными объектами планирования в первом из блоков являются "чистые" отрасли производства в укрупненной агрегации, которые в блоке  $P_1$  рассматриваются на предмет их размещения по регионам страны. Последнее обстоятельство отражается на блок-схеме наличием "горизонтального" потока информации типа  $T_1 \rightarrow P_1$ . Через обратный информационный канал ( $P_1 \rightarrow T_1$ ) учитывается то обстоятельство, что при агрегированном представлении отраслей в блоке  $T_1$  необходимо осуществить учет территориальной "деформации" соответствующих нормативных показателей, обусловленной влиянием на технологические параметры производства пространственных факторов функционирования этих отраслей.

Следующий (второй) иерархический уровень планирования в подпространствах "ТПВ" и "ПТВ" представляется соответственно отраслевым ( $T_2$ ) и региональным ( $P_2$ ) блоками, каждый из которых отражает технологическую и пространственную структуру хозяйства в значительно более детализи-

рованном виде, нежели в предыдущих блоках. Каждая отрасль, которая выступала на уровне народного хозяйства в виде одного неделимого объекта планирования, описывается в блоке  $T_2$  как сложная многопродуктовая система с достаточно большим количеством частных технологических способов получения отдельных видов продукции. Аналогично блок  $\Pi_2$  учиты-



Блок-схема структурного представления информатики в трехуровневой системе моделей оптимального народнохозяйственного планирования.



вает потенциально реализуемые многоотраслевые комплексы этих технологических способов в разрезе относительно мелких региональных образований, на которые делится соответствующий регион, ранее выступавший как самостоятельный объект планирования.

Между блоками  $T_1$ ,  $T_2$  и  $P_1$ ,  $P_2$  должны быть организованы "вертикальные" прямые и обратные информационные связи, обусловленные тем обстоятельством, что решение задач верхнего уровня определяет для следующего уровня иерархии набор ограничений по выпуску продукции и затратам ресурсов директивного характера (в связи с чем потоки информации "сверху-вниз" обозначены Д), а результаты оптимизации плана нижнего звена дают основу для уточнения (корректировки) нормативной базы задач верхнего уровня планирования (для отражения этого факта поток информации "снизу-вверх" обозначен К (корректировка)).

Аналогичные по смыслу информационные взаимодействия реализуются и между вторым и третьим уровнями планирования. При этом третье (нижнее) звено в рассматриваемой схеме естественно идентифицировать с уровнем предприятия ( $T_3$ ), который в пространственном аспекте будет соответствовать некоторой совокупности предприятий различных отраслей на замкнутой локальной территории. В данном случае возникает специфический хозяйственный объект, известный под названием территориально-производственного комплекса (соответствующий ему блок обозначен через  $P_3$ ).

Между блоками отраслевого и территориального планирования на втором и третьем уровнях реализуются прямые и обратные информационные взаимодействия, аналогичные по смыслу связям  $T_1 \rightleftharpoons P_1$ , о которых говорилось выше. Разница состоит лишь в том, что с переходом на нижние иерархические уровни планирования речь идет о размещении более детально описываемых технологических процессов (блоки  $T_2$  и  $T_3$ ) и в разрезе все более мелких территориальных единиц планирования (блоки  $P_2$  и  $P_3$ ).

Реализация всей описанной в блочном виде системы ЭММ приводит к некоторой общей процедуре итеративного согласования и оптимизации планов за счет организации информационных взаимодействий отдельных блоков системы. Для любых двух "соседних" блоков, расположенных по "вертикали", т.е. соответствующих либо отраслевому, либо территориальному разрезам планирования, информационный поток, направленный "сверху-вниз", "замыкает" модель нижнего уровня экзогенными ограничениями директивного типа, обязательными к выполнению. Поток информации "снизу-вверх", формируемый в условиях оптимального плана нижнего блока в агрегатах задачи верхнего уровня, предназначается для коорректировки информационного массива последней.

Что касается реализации "горизонтальных" информационных потоков, обеспечивающих согласование отраслевого и территориального разрезов пла-

нирования, то здесь прямые и обратные связи полностью равноправны в том смысле, что отраслевые и региональные блоки одинакового уровня иерархии не определяют друг для друга ограничений директивного характера. Из отраслевых блоков в региональные поступают характеризующие отраслевые планы размещения производства объемные и нормативные показатели, которые могут быть, изменены в процессе оптимизации региональных планов. В свою очередь, региональные корректировки отраслевых технологических способов, осуществляемые посредством обратного канала связи, не являются для отраслей чем-то окончательным, а служат лишь основой для разработки новых технологий и пересчета оптимального отраслевого плана, т.е. для определения нового набора предполагаемых к внедрению технологических процессов.

Подобная процедура итеративных пересчетов должна будет повторяться до тех пор, пока для каждой пары блоков  $T_k, T_{k+1}$  и  $P_k, P_{k+1}$  ( $k = 1, 2$ ) не будет получена непротиворечивая система оптимизационных плановых решений. Непротиворечивая в том смысле, что совокупность оптимальных планов всех объектов  $k + 1$ -го уровня будет "давать" оптимальный план соответствующего укрупненного объекта  $k$ -го уровня.

Информатика выполняет во всякой системе моделей двоякую роль. С одной стороны, функциональная часть, а значит и мощность индустриальной базы информатики определяются структурным составом соответствующей системы ЭММ и схемой информационных связей в ней. С другой стороны, в системе моделей должно быть предусмотрено ресурсное обеспечение информатики, которое является одним из параметров оптимизации народнохозяйственного плана. Следовательно, не только структурная организация информатики обуславливается составом и информационными связями той или иной системы моделей, но и выбор наиболее экономического варианта развития информатики в соответствии с принципом МИДоказывает влияние на определение окончательной структуры системы моделей.

Чтобы уловить такое обоюдное воздействие, существенное с позиций конечных результатов оптимизации, необходимо весь комплекс элементов, составляющих индустриальную базу информатики и обеспечивающих ее функционирование, рассматривать также в рамках множества альтернативных вариантов системы ЭММ. Фактически это означает, что во всех планово-экономических проработках, осуществляемых на уровне всякой системы моделей, программа развития информатики учитывается наравне с другими крупными задачами народнохозяйственного развития. В этом смысле информатику необходимо рассматривать как самостоятельную отрасль экономики с достаточно специфической продукцией (автоматизация процессов сбора, хранения, переработки и передачи информации).

Являясь органическим элементом всякой системы моделей из множества альтернативных вариантов, информатика связана с другими отраслями

народного хозяйства, с одной стороны, условиями ее ресурсного обеспечения, с другой — информативным отображением всей совокупности хозяйственных связей в процессе планирования и управления экономической системой.

Имея в виду включение информатики в общий процесс оптимизации народнохозяйственного планирования, следует отметить, что сама система моделей последовательно формируется, уточняется и приобретает целостность в результате и в процессе функционирования информатики. По мере становления и развития информатики, расширения ее информационных и вычислительных возможностей все более обоснованно будет решаться вопрос о составе системы моделей, характере ее отдельных блоков и структуре информационных взаимосвязей. Но и при таком понимании информатики как динамически саморазвивающейся системы, предполагающей в своем составе наличие элементов, предназначенных для методического и математического совершенствования ее функциональных подсистем, принципиальное соотношение информатики с другими блоками системы моделей является достаточно стабильным. Это соотношение отражено на рассмотренной уже трехступенчатой блок-схеме системы моделей (см. рисунок).

При реализации модельного блока  $T_1$ , в котором информатика представляется как единая агрегированная отрасль, для нее определяются общие объемы переработки и передачи информации при решении всего комплекса задач системы ЭММ, и в расчете на эти объемы устанавливаются поступающие из других отраслей лимиты ресурсов, необходимых для создания индустриальной базы информатики. На этом уровне программа развития информатики описывается перечнем наиболее агрегированных технико-экономических показателей и рассматривается с позиций долговременной перспективы. В данном случае как объемы перерабатываемой в системе информации, так и объемы потребляемых ею ресурсов могут быть определены лишь приблизительно и должны подвергаться последующей корректировке. В верхнем звене планирования такая корректировка осуществляется прежде всего за счет уточнения размеров информационных массивов, перерабатываемых в функциональных подсистемах информатики при решении задач этого звена (относящихся к блокам  $T_1$  и  $P_1$ ) и передаче директивных показателей на нижний уровень планирования. Кроме того, в сводном блоке территориального планирования ( $P_1$ ) уточнение производится за счет отражения пространственного аспекта развития и в первую очередь — условий по формированию межрегиональных сетей связи в составе информатики. Указанные взаимодействия представлены на блок-схеме информационными потоками верхнего уровня планирования.

Аналогично тому, как это делается в общей системе ЭММ, в блоках отраслевого и регионального планирования осуществляются дезагрегация технической и технологической структуры информатики и формирование се-

тей связи внутри каждого из выделенных ранее регионов страны. Решение отраслевой задачи планирования, развития и размещения производства в отношении информатики приводит фактически к формированию отраслевых автоматизированных систем управления (ОАСУ), а согласование этой задачи с блоком регионального планирования определяет план формирования территориальных вычислительных систем на основе объединения вычислительных центров отдельных ОАСУ каналами связи. На этом уровне существенному уточнению (за счет дезагрегации) подвергаются, с одной стороны, состав элементов ресурсного обеспечения информатики, а с другой – объемы информации, перерабатываемой при реализации задач отраслевого и регионального планирования (блоки  $T_2$  и  $\Pi_2$ ) и передаваемой при согласовании этих задач и установлении директивных ограничений в блоках нижнего уровня планирования ( $T_3$  и  $\Pi_3$ ).

В блоке  $T_3$ , комбинирующем различные технологические процессы в рамках одного предприятия, осуществляется формирование отдельных вычислительных центров, для которых определяются их мощности и состав технических средств. В рамках согласования решений задач  $T_3$  и  $\Pi_3$  производится межотраслевое объединение вычислительных центров в виде локальных территориальных вычислительных систем (или ВЦКП), представляющих собой модификацию понятия территориально-производственного комплекса применительно к информатике.

В пределах тех ограничений, которые задаются на вычислительные мощности из задач верхнего уровня планирования, данные мощности уточняются за счет подключения к составу решаемых задач блоков  $T_3$  и  $\Pi_3$  и передачи корректирующей информации из этих блоков соответственно в блоки  $T_2$  и  $\Pi_2$ . Рассмотренные на примере трехступенчатой блок-схемы принципы планирования и функционирования информатики в системе ЭММ легко могут быть распространены и на более общую ситуацию, предусматривающую любое другое количество уровней планирования.

С содержательной точки зрения следует сказать, что за счет включения информатики в общую процедуру оптимизации народнохозяйственного планирования в системе моделей решается ряд чрезвычайно важных экономических вопросов, которые не поддаются разрешению никаким другим способом. Прежде всего речь идет о том, что при оптимизации информационных потоков в функционирующей системе ЭММ практически снимается проблема достоверности информации.

Действительно, имея в рамках информатики доступ к информации объектов самого нижнего иерархического ранга (предприятия и отдельные технологические процессы), т.е. к информации первичной, данная система внутри себя осуществляет ее агрегацию и пересчет для задач более высокого ранга. Поскольку основным инструментом агрегирования является определенная на каждом цикле оптимизации соответствующая система цен, то и для

агрегированных показателей обеспечивается их адекватность получаемому оптимальному решению. Иначе говоря, постоянно возникающая в экономико-математическом моделировании проблема идентичности формулируемой модели и ее информационного "наполнения" разрешается в информатике автоматически, так как вся совокупность показателей пересчитывается в процессе согласования решений по условиям оптимального плана.

Следовательно, функционирующая в рамках информатики и вместе с ней система ЭММ сама для себя создает информационный ресурс, характеризующийся постоянно повышающимся уровнем достоверности. В этом смысле проблема информационного обеспечения данной системы возникает лишь в плане организации первого цикла итеративных оптимизационных расчетов. Вопрос о достоверности информации на этом цикле существен лишь в том отношении, чтобы была гарантирована сходимость указанных расчетов к согласованному по всем аспектам оптимальному решению. Такая сходимость характеризуется тем, что на каждой последующей итерации расхождение планов в согласуемых блоках меньше, чем на предыдущей. При этом возможны два случая.

Первый заключается в том, что система моделей организована таким образом, что обладает глобальной сходимостью, т.е. обеспечивает достижение конечного оптимального состояния независимо от характера "начального информационного наполнения". Тогда вопрос достоверности "наполнения" снимается вообще, так что начать итеративную процедуру расчетов можно с любого массива условной информации. Следует ожидать существенного увеличения количества самих итеративных циклов, что снижает эффективность работы системы ЭММ в целом. Кроме того, обеспечение глобальной сходимости предъявляет довольно жесткие требования к алгоритмам преобразования информации в процессе согласования решений, так что в отношении данных алгоритмов необходимо еще осуществить серьезные специальные исследования.

Следует полагать, что построенная на реальных экономических посылах система моделей будет обладать лишь локальной сходимостью, т.е. таким свойством, когда сходимость итеративных циклов к оптимальному решению достигается на массиве "начальной информации", не слишком сильно отличающемся от того массива, который будет соответствовать оптимальному решению. Другими словами, информация первого цикла расчетов должна находиться в некоторой достаточно малой "окрестности" оптимальной информации (охарактеризовать количественно данную "окрестность" можно, например, понятием расстояния в евклидовом пространстве). Практически это означает, что информационный массив, "закладываемый" в отдельные блоки системы ЭММ на начальном этапе расчетов, должен отражать реальные хозяйственные пропорции, моделируемые этими блоками. В таком случае можно полагать, что локальная сходимость системы ЭММ может быть обес-

печена при использовании отчетной информации, сформировавшейся на начало планового периода. Именно с таких позиций следует, по нашему мнению, рассматривать информативную часть системы ЭММ.

Частный вывод, который следует из предыдущего положения, касается такого важного в экономическом отношении вопроса, как система используемых в процессе планирования нормативных показателей. Как следует из общего соотношения между оптимальным планом и всей совокупностью технико-экономических показателей, нормы и нормативы не являются по отношению к хозяйственным объектам чем-то внешним (директивным), а есть такая же характеристика состояния этих объектов, как и объемные параметры. Иначе говоря, при изменении совокупности объемных плановых показателей развития народного хозяйства соответствующему изменению должны быть подвергнуты и нормативные показатели. Это не относится лишь к техническим и технологическим нормам, которые в натуральном выражении характеризуют соотношение между выпуском продукции и затрачиваемыми ресурсами. Но как только такого рода первичная информация начинает "подтягиваться" на более высокие уровни планирования и управления и подвергаться, следовательно, определенному агрегированию, сразу на нее оказывают влияние принимаемые на этом уровне плановые решения (через определение схемы кооперированных поставок, систему цен и т.п.). К сожалению, указанное обстоятельство, как правило, не принимается во внимание в действующей практике расчета норм и нормативов. В функционирующей в рамках информатики системе ЭММ вопрос о соответствии оптимизируемых планов и используемых в них нормативных показателей решается автоматически на уровне общей процедуры корректировки информации.

1. *Энгельс Ф. Анти-Дюринг; К.Маркс и Ф.Энгельс. Соч., т. 20. — С. 321.*
2. *Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А.Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. — М.: Мысль, 1972. — 351 с.*
3. *Проблемы оптимального функционирования социалистической экономики. — М. Наука, 1972. — 566 с.*
4. *Ряцкас Р.Л. Система моделей планирования и прогнозирования. — М.: Экономика, 1976. — 286 с.*

УДК 681:3

А.М.Миняйло, С.А.Городничева

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОТРАСЛИ ИНФОРМАТИКИ

Любая отрасль народного хозяйства состоит из совокупностей производственных ячеек, являющихся ее базовыми структурообразующими эле-

ментами. Изучить экономическую природу отрасли, понять основу ее зарождения и формирования, полнее выявить некоторые ее особенности и значение для народного хозяйства, определить в ней перспективу экономических исследований невозможно, не затрагивая той же ячейки, где возникают производственные отношения, которые, трансформируясь на более высоком уровне, характеризуют экономическое содержание данной отрасли. В данном случае речь идет о производственном предприятии как базовой первичной структурообразующей ячейке отрасли.

Роль предприятий в развитии социалистической экономики исключительно велика. От их деятельности зависит эффективность всего общественного производства. Они являются звеньями, где создаются материальные блага. Вопрос о производственном предприятии интересен еще и тем, что отдельные экономические явления и процессы, присущие всему народному хозяйству, выражаются здесь наиболее ярко. Все сказанное в полной мере можно отнести и к предприятиям информатики.

В положении о социалистическом государственном производственном предприятии приводится определение понятия "предприятие". Данное определение отражает признаки и свойства предприятия, рассмотрение которых позволяет нам обоснованно отнести ту или иную структурную ячейку информатики к категории "предприятие". Одним из основных признаков предприятия следует считать то, что на предприятии имеет место не только соединение средств производства с рабочей силой, но и обеспечивается единство производительных сил и производственных отношений. К признакам предприятия относятся следующие: оно выступает как самостоятельная хозяйственная единица и как субъект экономических отношений; наделяется правами юридического лица, имея единый расчетный счет в госбанке, самостоятельный баланс, необходимые основные и оборотные средства; характеризуется экономическим единством, выражающимся в единстве плана, учета, общности материальных, финансовых ресурсов, единой системе стимулирования. Таким образом, структурная единица или ячейка отрасли становится только тогда предприятием, когда она обладает указанными основными признаками.

Свойствам предприятия, по нашему мнению, в полной мере отвечает вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП), имея при этом определенную специфику. ВЦКП оказывает услуги различным организациям и потребителям независимо от их отраслевой принадлежности. Уже в силу этого, основываясь на общественной собственности, он должен обладать известной имущественной обособленностью, иметь свои ресурсы, основные и оборотные фонды и т.д., чтобы входить в производственные связи с другими предприятиями различных отраслей. Работы на ВЦКП выполняет специфический производственный коллектив. Каждый работник вступает в процессе производства в отношения с обществом через коллектив ВЦКП. Связь между интересами работника и общества опосредствуется через коллективные интересы

ВЦКП. Здесь наблюдается сочетание личных, коллективных и общественных (общенародных) материальных интересов, обособление которых и является основой экономической обособленности ВЦКП. И по данному признаку ВЦКП выступает как предприятие информатики.

На ВЦКП обеспечивается соединение средств производства с рабочей силой, единство производительных сил и производственных отношений, что возводит его в ранг предприятия. Коренное отличие социализма от всех общественно-экономических формаций, основанных на частной собственности, состоит в непосредственном соединении производителей со средствами производства, поэтому каждый ВЦКП в нашей стране основан на общественной (общенародной) собственности, а значит, ему присуще соединение средств производства с рабочей силой. Наличие данного признака социалистического предприятия определяет хозяйственную самостоятельность ВЦКП. Он представляет собой планомерно организованный комплекс производительных сил крупного машинного производства, где работники и средства производства непосредственно соединены и специализированы на изготовлении определенного вида продукции, в частности информации, оказании информационно-вычислительных услуг потребителям. Он выступает как непосредственный коллективный владелец, наделенный общенародными средствами и действующий по поручению общества (государства).

ВЦКП является субъектом экономических отношений с обществом, предприятиями и организациями других отраслей, а также с работниками, занятыми на нем. Выполняя производственную программу, ВЦКП получает от государства фонды, оборудование, обеспечивается строительно-монтажными работами, материалами, а осуществляя информационно-вычислительные услуги, вступает в отношения с другими предприятиями и отвечает за свои обязательства перед ними.

Отношения ВЦКП с людьми, занятыми на нем, выражаются в организации заработной платы, систем материального стимулирования и т.д. Все экономические отношения, регламентированные положением о социалистическом государственном производственном предприятии, характерны и для ВЦКП, что дает нам право относить его к категории "предприятие". Как любое производственное предприятие ВЦКП обладает экономическим единством, т.е. должен иметь единый план, учет, систему оплаты труда, штатное расписание.

Кроме необходимых признаков следует назвать определенные черты, присущие ВЦКП как предприятию вообще. Деятельность ВЦКП носит индустриальный характер. Его отличают не только массовость, но и регулярность технологического процесса, что свойственно современным предприятиям промышленного производства. ВЦКП представляет собой сложную систему, которая, как и система "предприятие", должна иметь сбалансированные мощности отдельных подразделений. В связи с этим ВЦКП имеет



основу для реализации перспективного, текущего планирования, учета, что является немаловажным для предприятия. ВЦКП обладает производственной и организационной структурой, специфическим производственным коллективом работников. Процесс развития ВЦКП характеризуется созданием и освоением мощностей, техническим перевооружением: модернизацией; реконструкцией; повторным использованием и ликвидацией.

Вот те основные положения, которые необходимо иметь в виду, рассматривая ВЦКП как предприятие. При решении вопросов методологии планирования возникает вопрос, соответствуют ли все созданные в стране вычислительные центры (ВЦ) единым принципам предприятия. По-видимому, нельзя дать утвердительный ответ на данный вопрос. Всем требованиям предприятия отвечает ВЦКП, и, следовательно, из этого надо исходить, решая вопросы планирования. К ВЦ, обладающим признаками предприятия, можно отнести ВЦ АСУ министерств и ведомств, АСУ территориальными организациями. Как показывает анализ статистических данных, таких ВЦ немного, чаще всего ВЦ входят в АСУ предприятиями, в АСУ технологическими процессами производства и не могут быть отнесены к категории "предприятия", так как являются подразделениями в структуре предприятий других отраслей и не имеют хозяйственной самостоятельности.

Что касается подразделений информатики, задачи которых несколько отличаются от задач ВЦ, то при наличии вышеуказанных признаков предприятия, речь главным образом идет о предприятиях, занятых ремонтом вычислительной техники, разработкой и сопровождением программных средств и т.д. Отсюда возникают вопросы: какие типы предприятий можно выделить в отрасли информатики, в каких формах они могут выступать, какие из них уже существуют. Все это необходимо учитывать при разработке планов работы предприятий указанной отрасли.

Неотъемлемым элементом хозяйственного механизма предприятия является система планов, которая отвечает задачам сегодняшнего дня и способствует эффективному ведению хозяйства. Если в отраслях промышленности и их предприятиях накоплен достаточный опыт в методологии и практике составления планов различной продолжительности от перспективных до оперативных, то на предприятиях информатики (ВЦ) такая система еще не сформировалась. Поэтому одной из важнейших задач в совершенствовании хозяйственного механизма ВЦ является разработка методологии составления планов различной продолжительности, в первую очередь — пятилетнего плана, который для всех предприятий промышленности является основным. В настоящее время в стране отсутствуют утвержденные единые методические материалы по составлению пятилетних планов для ВЦ, что в конечном счете приводит к определенным негативным явлениям в практике их работы, медленным темпам освоения средств вычислительной техники, новой технологии по обработке информации, росту производительности труда.

ВЦ не имеют долговременных нормативов, и как следствие этого наблюдаются диспропорции в структуре технических средств, программном обеспечении, составе кадров.

Проведенный анализ работы некоторых ВЦ Среднего Урала за ряд последних лет выявил ряд существенных недостатков в практике планирования их работы: 1) на ВЦ различной категории от ВЦКП, кустовых и индивидуального пользования отсутствует практика составления пятилетних планов экономического и социального развития ВЦ; 2) некоторые ВЦ не переведены на новую систему планирования и экономического стимулирования согласно постановлению МВК при Госплане СССР от 2 ноября 1978 г., что отрицательно сказывается на эффективности их работы; ВЦ не могут сформировать фонды экономического стимулирования и обеспечить стимулирование работников за повышение эффективности и качества работы; 3) результатом годового планирования является разработка годового техпромфинплана, однако анализ годовых планов по вычислительным центрам выявил разнотипность плановой документации по его составлению.

Таким образом, можно сделать вывод, что отсутствие единых утвержденных методических материалов по разработке пятилетних и годовых планов для ВЦ порождает разнотипность в их составлении, а это в определенной степени затрудняет проведение планирования учета информационно-вычислительных работ и прямым образом отражается на эффективности использования средств вычислительной техники, снижая эффективность последней. В нашей работе [1] рассмотрена методика разработки пятилетних планов ВЦ, которая может быть использована в плановой работе. Методическим рекомендациям по разработке пятилетнего плана экономического и социального развития вычислительного центра посвящена работа [2]. Имеется определенный опыт по разработке годовых планов работы ВЦ. Остановимся на ряде моментов и особенностях, которые необходимо учитывать при планировании.

**Выбор и обоснование планово-учетной единицы.** Решая вопросы планирования производственной деятельности ВЦ, в частности, определяя его производственную программу, мы сталкиваемся с проблемой выбора планово-учетной единицы измерения объема работ. Многие ВЦ, работающие в рамках АСУ предприятий, для определения объема работ используют машино-час полезного времени работы ЭВМ. Однако объем работ по обработке данных на ЭВМ, выраженный количеством машино-часов работы ЭВМ, не дает полного представления об эффективном использовании последних. В данном случае ЭВМ может быть использована для решения задач с традиционной технологией переработки информации, когда в план по объему работ включают фактически отработанное время ЭВМ, а не нормативное. Все это ведет к тому, что ВЦ выгодно применять устаревшую технологию обработки данных, завышающую количество машино-часов. В то же время могут быть игнорированы задачи, решения которых принципиально возможны без ЭВМ,

что, естественно, является не эффективным. Лучше отвечает современным требованиям уровень ВЦ, использующих ЭВМ в более эффективном мультипрограммном режиме, которые отошли от планирования объема вычислительных услуг выраженного в машино-часах полезного времени и пользуются так называемым коммерческим временем, включающей в себя время использования всех видов ресурсов ВЦ и являющимся более адекватным затратам при решении того или иного задания. Использование коммерческого времени в качестве учетно-плановой единицы для определения объема производства работ имеет определенные достоинства по сравнению со среднесуточной загрузкой ЭВМ, выраженной в машино-часах полезного времени, хотя несет в себе определенные недостатки. Данный показатель не позволяет отразить особенности продукции ВЦ, не стимулирует повышения качества работы персонала и эффективного использования имеющихся ресурсов ВЦ, не отражает качественную сторону плана. Имеется заманчивая идея положить в основу планово-учетной единицы вычислительной работы ВЦ задачу, дающую возможность включать в план различные по сложности и классу задачи и в номенклатурном плане отражать и предусматривать увеличение объема того или иного класса задач.

Но и здесь, как нам кажется, возникают определенные неясности. В плановой практике до конца не выяснен вопрос, что следует понимать под задачей. Понятие "задача" становится расплывчатым, когда речь идет об отнесении ресурсов электронно-вычислительного комплекса на ее решение, так как операционная система ЕС ЭВМ относит указанные ресурсы к программе-заданию. Задача может быть решена с несколькими программами. В одной программе может быть реализовано несколько задач, если считать по выходным документам. Задача может решаться в различных режимах счета, который определяется точностью ее решения. Поэтому в качестве планово-учетной единицы может быть принята программа-задание как занимающая высшую ступеньку в иерархии программ. Тогда все имеющиеся ресурсы вычислительного комплекса, затраченные на реализацию этой программы, относятся на ее имя; за единицу измерения объема работ по обработке информации на ЭВМ может быть принята условная программа-задание с определенным количеством часов коммерческого времени для ее реализации.

Удобнее принять программу-задание с минимальным количеством часов коммерческого времени. Все остальные виды программ могут быть пересчитаны с учетом определенных коэффициентов. Тогда в номенклатурном плане можно предусмотреть качественную сторону плана, варьируя теми или иными заданиями, включенными в план, что положительно отразится на эффективности использования ЭВМ. Что касается других видов услуг, оказываемых ВЦ пользователям, то здесь они также подпадают под программу-задание, которое учитывает те виды ресурсов, которые задействованы на ее выполнение и будут учтены в затратах на выполнение оказанной услуги.

Состав и содержание плана работы ВЦКП. Находящиеся на самостоятельном балансе и являющиеся хозрасчетными ВЦКП, должны осуществлять производственно-хозяйственную деятельность на основе пятилетних и годовых планов, которые разрабатываются в сроки, установленные вышестоящей организацией. Основным планом для работы ВЦ является пятилетний, проект которого с распределением заданий по годам пятилетки разрабатывается исходя из основных направлений (контрольных цифр). Для разработки проекта пятилетнего плана ВЦ выполняется определенный перечень работ: по анализу технического и организационного уровня работы ВЦ и производственно-хозяйственной деятельности ВЦ в текущем пятилетии; определению спроса на выполнение информационно-вычислительных работ и услуг, оказываемых ВЦ различными предприятиям и организациям; разработке мероприятий по совершенствованию организации и управления ВЦ и т.д. Исходными данными для разработки пятилетнего плана являются следующие: установленные вышестоящей организацией контрольные цифры; наличие спроса потребителей на информационно-вычислительные услуги ВЦ; технико-экономические нормы и нормативы; размер фиксированных (рентных) платежей. План хозрасчетного ВЦ охватывает все стороны его деятельности по обработке информации и оказанию информационно-вычислительных услуг потребителям и согласно типовой методике пятилетнего плана производственного предприятия.

Система планирования хозрасчетных показателей основных подразделений (отделов) ВЦКП. Основой для планирования деятельности основных подразделений ВЦКП является пятилетний план, разрабатываемый для ВЦКП в целом, на базе которого основными подразделениями ВЦКП утверждаются пятилетние задания с разбивкой по годам, годовые планы с разбивкой: по кварталам и квартальные планы с разбивкой по месяцам. Система планирования хозрасчетных показателей является неотъемлемой частью внедрения хозяйственного расчета в практику работы ВЦКП, его углубления, доведения до структурных подразделений (отделов, служб), а также до низовых звеньев — бригад. Наряду с типовым проектом ВЦ, в практике наблюдаются различные производственные структуры ВЦ. В одном случае производственную структуру оставляют отделы, в другом службы, подразделения и т.д. Отсутствует и четкая классификация подразделений (служб, отделов) на основные и вспомогательные, что в определенной степени затрудняет выбор для них системы плановых показателей. В настоящий период производственная структура вычислительных центров в основном построена по производственно-технологическому принципу, когда функции между отдельными подразделениями разделены в соответствии с организацией и ходом процесса обработки информации.

Такое построение производственной структуры не всегда созвучно с организацией хозяйственного расчета в низовых звеньях, отделах, бригадах.

так как последние не нацелены на изготовление конечного продукта. Возникают определенные трудности и в организации планирования учета и стимулирования их работы. Учитывая специфику работы ВЦ, на наш взгляд, более предпочтительной является производственная структура ВЦ, построенная по предметному принципу. При этом каждый отдел ориентирован на выпуск определенного вида продукции. Его работа направлена на получение конечных результатов. Проще решаются вопросы планирования, учета и оценки его хозяйственной деятельности.

Таким образом, согласно предметному принципу построения производственной структуры, основными подразделениями ВЦКП являются те, которые производят товарную продукцию, услуги, реализуемые на сторону и удовлетворяющие запросы потребителей. К ним можно отнести следующие отделы: системного анализа, внедрение проектов, эксплуатации ЭВМ, алгоритмизации, программирования. Например, при реорганизации производственной структуры ВЦКП облисполкома г. Свердловска по предметному принципу были образованы основные отделы: разработки автоматизированной системы плановых расчетов (АСПП); эксплуатации ЭВМ; планирования бытовых услуг.

Отдел нормативно-справочной информации занимает промежуточное положение между основными и вспомогательными отделами и решает следующие задачи: ведение единых для пользователей справочников технико-экономической информации, системы классификации и кодирования технико-экономической информации; поддержание в рабочем состоянии массивов нормативно-справочной информации пользователей. Если в объеме его работ в большей степени преобладают работы, реализуемые для пользователей, то его можно отнести к основному отделу. Отдел технического обслуживания и ремонта ЭВМ относится к вспомогательному отделу.

Для основных отделов ВЦКП плановые хозрасчетные показатели также подразделяются на утверждаемые (основные) и расчетные, утверждаются и основные нормативы. Может быть предложена следующая система плановых хозрасчетных показателей деятельности основных подразделений (отделов) (табл. 1).

В дальнейшем система плановых, утверждаемых хозрасчетных показателей является базой для выбора оценочных показателей работы основных отделов ВЦКП.

Система планирования показателей для бригад. Развитие системы планирования предполагает доведение его до низового уровня производства ВЦ — бригад. Здесь мы имеем определенную специфику. Во-первых, производственная структура ВЦ такова, что основные отделы его могут быть представлены в виде производственных бригад. Тогда система плановых показателей основных отделов ВЦ может быть использована для планирования производственной деятельности бригад. Во-вторых, бригады как низовые

Т а б л и ц а 1. Система плановых хозяйственных показателей основных отделов ВЦКП (образец рабочей документации)

Показатель	Единица измерения	План				
		на 198...г.	По кварталам			
			I	II	III	IV
Основные (утверждаемые) показатели						
Объем выполненных программ-заданий	тыс. руб.					
Номенклатура программ-заданий (развернутая)	позиция					
Лимит численности	чел.					
Рост производительности труда на одного работающего	%					
Себестоимость на 1 рубль программ-заданий в отпускной стоимости	руб., коп.					
Фондоотдача – объем выполненных программ-заданий на 1 рубль среднегодовой стоимости основных производственных фондов	руб., коп.					
Дополнительные (расчетные) показатели						
Фонд заработной платы	тыс. руб.					
Своевременность и качество выполненных работ	%					
Норматив оборотных средств	тыс. руб.					
Норматив расхода материальных, трудовых ресурсов, расхода машинного времени работы ЭВМ						

производственные звенья ВЦ как предприятия, по своей производственной деятельности и характеристике выпускаемой продукции могут быть идентичными с бригадами проектно-конструкторских бюро, проектных институтов, занимающихся разработкой АСУ. Это дает возможность использовать основные положения системы планирования для бригад ВЦ в работе проектных организаций и институтов.

Если в отделе имеются возможности организации бригад, при их создании должны учитываться следующие основные условия: работа бригады должна быть ориентирована на получение конечного результата, готовой продукции; выполнение работы и получения готовой продукции должны полностью зависеть от работы коллектива бригады: бригада должны быть ознакомлены с плановыми заданиями, налажен учет затрат и ресурсов, необходимых для выполнения планового задания; на бригаду выделяются определенные ресурсы: бригада наделяется определенными правами в области

**Таблица 2. Система плановых хозрасчетных показателей бригад  
(образец рабочей документации)**

Наименование показателей	Единица измерения	План				
		на 198...г.	по кварталам			
			I	II	III	IV
Объем выполненных работ (услуг)	тыс.руб.					
Номенклатура выполненных работ (услуг)	позиция плана					
Рост производительности труда или снижение трудоемкости	%					
Фонд заработной платы	тыс. руб.					
Своевременность и качество выполненных работ	%					
Затраты на 1 рубль выполненных работ (услуг)	руб., коп.					

организации, оценки и стимулирования труда каждого члена бригады. Бригады должны знать: пятилетнее задание с разбивкой по годам; годовые — с разбивкой по кварталам; квартальное — с разбивкой по месяцам, оперативное задание. Задания бригадам устанавливаются в пределах соответствующих планов отделов ВЦ. Система плановых хозрасчетных показателей для бригад строится по основным показателям (табл. 2). Таковы некоторые плановые показатели для структурных звеньев ВЦКП.

1. *Миняйло А.М., Кренц А.А.* Автоматизированный оперативный учет на предприятии. — Саратов: Изд. Саратовского ун-та, 1982. — 72 с.
2. *Пятилетний план экономического и социального развития вычислительного центра: Методические рекомендации / Под ред. С.И.Волкова, Ю.И.Кофтанюк.* — М.: Финансы и статистика, 1981. — 96 с.

УДК 007

**В.Г.Гулеватый, Л.Л.Лещенко**

## ИНФОРМАТИКА И ПЕРЕСТРОЙКА ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Новая технология переработки информации и управления, связанная с фиксированием данных на машинных носителях, активно воздействует на среду применения, требует радикальной перестройки сложившихся информационно-коммуникативных процессов. При этом возникают следующие проблемы, если их представить обобщенно: системно строга, математически рег-

ламентированная и сложная инженерная технология обработки данных вторгается в нетехнологизированную, слабоструктуризованную среду, жизнедеятельность которой основана на эмпирически сложившихся "человеко-бумажных" процедурах и операциях, очень гибкая природа которых лишь маскирует структурные слабости среды и излишнюю затрату времени и ресурсов; возникает коллизия между требованиями машинизированных систем, в основе которых лежат закономерности (алгоритмы) информационного обмена, формализованные модели принятия решений, и внутренней логикой функционирования самой среды, природой конкретного социального процесса, в данном случае управления.

Кибернетизация управления и сводится к практическому разрешению отмеченного противоречия. Процесс внедрения кибернетических принципов и машин в систему управления весьма сложен и противоречив, так как здесь тесно переплетаются технические, математические, экономические, организационные, юридические, кадровые проблемы.

Весь ритм хозяйственной деятельности, порядок делопроизводства должны меняться под влиянием требований машинизированных систем, в основе которых лежит не природа экономического процесса, а закономерности информационного обмена и формализованные модели принятия решений. Этим психологически объясняется та настороженность, с которой воспринимают концепции специалистов по информатике руководители, ответственные за тот или иной участок народного хозяйства. С другой стороны, становится все очевиднее, что рост сложности и динамизма экономики быстро увеличивает значение информационных факторов в обеспечении делового успеха. Отсюда и вытекает важность задачи — огранически включить сети ЭВМ в систему планового управления, полностью увязать функционирование АСУ разного уровня с конкретными хозяйственными условиями\*. Ее решение идет по встречным направлениям.

С одной стороны, глубина проникновения и широта распространения информатики в управлении обеспечивается совершенствованием техники и методов программирования. Разные поколения ЭВМ отличаются не только техническими, но и функциональными характеристиками. Например, ЭВМ

---

\*Сложные комплексные проблемы в связи с формированием организационных АСУ возникают, разумеется, не только в социалистических странах. В литературе отмечаются острые противоречия, связанные с возникновением в системе капиталистического менеджмента структур "информационной власти". Внедрение машинизированных информационных систем на первых порах практически лишало хозяев и администраторов компании возможности контролировать информационные процессы в управлении. Службы по обработке данных превращались в самую влиятельную группу в штаб-квартирах корпораций, так как, манипулируя полнотой, точностью, временем представления данных, они могли способствовать либо успехам, либо неудачам бизнеса. Это рождало острые противоречия между руководителями и специалистами по системам. (Кочетков Г.Б. Микрокомпьютеры на работе и в быту // США: экономика, политика, идеология. — 1983. — № 1. — с. 74.).



третьего поколения обеспечили многократный рост быстродействия и объема памяти, работу в реальном масштабе и в режиме разделения машинного времени, внутреннюю совместимость и прямое их соединение в агрегатные системы, создание эффективных способов стыковки неоднородного оборудования (увязки различных операционных систем), дистанционную обработку данных (взаимодействие с удаленными пользователями в пакетном или диалоговом режимах). Этому сопутствовали и другие технические новшества, в комплексе обеспечившие расширение функций ЭВМ в управлении и открывшие путь для внедрения информатики (принципиальное усовершенствование устройств ввода-вывода, появление новых устройств передачи данных, периферийного оборудования и т.д.). Тем самым был сделан значительный шаг в дальнейшем переходе от использования в основном необыкновенной памяти и арифметических возможностей ЭВМ к непосредственному их использованию в оперативном управлении, прежде всего в принятии решений.

Таким образом, совершенствование и развитие самой вычислительной технологии – важнейший элемент кибернетизации управления, при котором развитие вычислительного процесса, методов разработки алгоритмов и программ, использования тех или иных языков, информационных носителей увязывается с особенностями конкретной среды применения ЭВМ и их сетей.

“Социальная составляющая” технологии обработки данных растет по мере перехода к новым поколениям ЭВМ. Более развитые вычислительные системы активнее и глубже воздействуют на среду применения – ее структуры, процедуры, формы жизнедеятельности. Возрастает и обратное влияние среды применения на архитектуру, структуры, функции вычислительных систем, так что эффективность моделей технологий обработки данных все больше зависит от степени их соответствия внутренней логике функционирования среды применения, от уровня взаимодействия с конечными пользователями. Это отчетливо проявилось уже при переходе к третьему поколению вычислительных систем, использование которых обнаружило структурные слабости организационно-экономической “среды” и выдвинуло острую потребность в ее специальной подготовке. Встал вопрос о разработке спецификаций на новое оборудование, подготовке функциональных характеристик организационных систем, служащих теми пределами, в которых может эффективно использоваться новое оборудование, т.е. возникла потребность в научно-инженерных разработках особого рода, основанных на комплексном охвате технических, информационных и социальных проблем.

Для АСУ первых поколений технология обработки данных сформировалась в виде строго последовательной череды операций. В основу организации взаимодействия технологии обработки данных с функциональными подсистемами управления были положены следующие принципы: централи-

зованная обработка сведений в ВЦ; последовательное выполнение процедур обработки; структурное разделение операций подготовки данных для принятия решений и процедур анализа и управления; "перфокарточно-бумажный" ввод-вывод. Эти принципы все еще остаются характерными для большинства действующих АСУП, что обуславливает нетехнологическое использование ЭВМ, при котором основные потоки информации, представленные в бумажной форме, идут "через руки и головы" управленцев, а общение между ними и машинами осуществляется через "переводчиков" — персонал по подготовке данных. По мере развития программно-технических средств совершенствовались отдельные элементы указанной технологии — появились новые способы доступа к вычислительным ресурсам, различные устройства "бесперфорационной" подготовки и ввода данных, повысились оперативность и надежность вычислительного процесса за счет средств телеобработки, усовершенствованных банков данных и т.д. Но эти усовершенствования не изменили принципов построения сложившейся технологии обработки управленческой информации.

С середины 70-х годов наметились коренные изменения технологии обработки управленческой информации, когда обработка данных начала становиться малооперационным процессом и в максимальной степени протекать без участия персонала ВЦ, но под прямым контролем управленцев. Этого удалось достигнуть путем реализации следующих принципов, сформулированных В.М.Глушковым: создание локальных (вторичных) баз данных, формируемых и актуализируемых из интегральной (первичной) базы данных; создание управленческих автоматизированных рабочих мест, оснащенных гибкими общесистемными средствами, позволяющими быстро настраивать локальные базы данных на индивидуальные требования пользователей; обеспечение динамической целостности информационной модели объекта управления, при которой возможно систематическое обновление базы данных посредством автоматической инициации процедур внесения изменений во все взаимосвязанные базы данных (если изменения вносятся хотя бы в одну из них).

Такая эволюция технологии обработки управленческой информации, ставшая возможной благодаря микроэлектронике, вытекает из требований "персонализации" вычислений, т.е. требований самой сферы применения ЭВМ. Для массового пользователя открывается возможность обрабатывать данные таким образом, чтобы контролировать процесс управления на всех стадиях сбора, обработки информации, анализа и принятия решений. В то же время управленцы могут обладать независимостью, которой они лишены при "перфорационно-бумажном" вводе-выводе и отсутствии "персональных" технологических подсистем. Создание интерфейсных средств диктуется требованиями области применения ЭВМ, должно в максимальной степени избавить пользователей от необходимости "пробиваться" к вычислительным ресурсам через "частокол" языков управления заданиями в конкретных операционных системах.

Другая тенденция развития технологии вычислительного процесса относится к программированию и математическому обеспечению ЭВМ и их сетей. Известен сложившийся разрыв между "быстродействием" программистов и ЭВМ (быстродействие ЭВМ достигает в настоящее время  $10^4 - 10^6$  операций в секунду, тогда как "быстродействие" программиста —  $10^2$  операций в день). Этот разрыв становится едва ли не главным тормозом дальнейшей кибернетизации управления. Главное направление развития технологии в указанной области — повышение уровня автоматизации процессов общения пользователей с ЭВМ и вычислительными комплексами на всех этапах преобразования информации, расширение видов сервиса, предоставляемых управленцам при постановке задач. Качественные изменения здесь вызываются созданием трансляторов, разработкой однопрограммных мониторинговых систем, появлением мультипрограммных операционных систем пакетного режима, а также универсальных мультипрограммных операционных систем, созданием современных распределенных операционных систем и метаоперационных систем, сверхмощных вычислительных комплексов и сетей.

Будущее принадлежит системам с ситуационно и оперативно определяемым интерфейсом "пользователь — система обработки данных" с динамически изменяемыми формами и именами данных в соответствии с конкретными функциями среды применения вычислительной техники. Пользователь (управленец) должен получить в свое распоряжение соответствующие общесистемные программные средства и возможность определять наиболее удобные для него структуры данных и процедур их обработки — речь идет о проектировании и создании более рациональных вычислительных технологий, максимально "встроенных" в процессы жизнедеятельности управленческой среды. Исключительно важное значение в создании таких технологий имеет микропроцессорная техника.

Новый этап кибернетизации управления, связанный с микро-ЭВМ, выдвигает еще более острые потребности в радикальном (скачкообразном) усовершенствовании технологий программирования и вычислений. Нужно в 3—4 раза увеличить производительность труда программистов и операторов, в 20—30 — повысить надежность программного продукта (уменьшить, в частности, частоту остановок) и уменьшить во столько же стоимость единицы программного продукта; в 10 раз уменьшить число программистов в расчете на 1 ЭВМ, что потребует, помимо всего прочего, решения огромного количества сложных эргономических проблем взаимодействия людей (среды применения) с машинами.

Одновременно с работой по созданию и развитию технологии вычислений и обработки данных необходима подготовка самой управленческой среды, ее рационализация на базе НОТ. Речь идет о модернизации исторически сложившейся системы управления (структур, штатных расписаний, процедур, документооборота и т.д.). Как ни важны технические усовершенствования,

но для внедрения и широкого распространения ЭВМ в сфере планирования и управления главное значение на нынешнем этапе приобретает "встречное" направление. Как показывает опыт, здесь мы сталкиваемся с наиболее трудными проблемами, решение которых имеет первостепенное значение не только для улучшения использования электронно-вычислительного потенциала страны, но и для эффективной реализации ленинских принципов планового управления в современных чрезвычайно усложнившихся условиях хозяйственной деятельности.

Переработка и передача информации выступают звеном, которое связывает воедино структуры, функции, методы, технику, процедуры планово-управляющих воздействий в соответствии с намеченной целью. Можно сказать, что социальное управление в широком смысле (его структуры, экономические рычаги, включая стимулирование, весь хозяйственный механизм) базируется на определенной информационно-коммуникативной системе, уровень развития которой предопределяет практическую жизнеспособность (устойчивость, надежность, эффективность) планово-управленческого экономического организма.

Широкое использование средств и методов кибернетики в управлении народным хозяйством требует комплексирования (систематизации) информационных потоков по единой государственной программе, и не только в рамках предприятий и ведомств, но и на межведомственном уровне. Комплексная обработка информации — основа НОТ в управлении.

Как свидетельствует практика, дифференциация и усложнение административного аппарата могут привести к появлению звеньев и процедур бесмысленных, если не оценивать полезность каждого звена и каждой процедуры с общесистемных позиций, конечной цели управления. Систематизация информационных потоков — это применение на практике следующих принципов: 1) обеспечение полноты и достоверности учета всех имеющихся значений (с позиций выбранной цели) сторон хозяйственной практики; достижение неразрывной связи между оперативным, статистическим и бухгалтерским учетом; 2) минимизация информационного шума и ограничение информационной избыточности лишь требованиями надежности; 3) обеспечение неразрывной связи между комплексным первичным учетом и принятием решений на всех уровнях иерархии управления; ; 4) рационализация системы плановых и оценочных показателей в соответствии с целевой функцией управления; 5) четкое разграничение контуров управления, минимизация их пересечений и совмещений; 6) отделение рутинной обработки массовых данных от творческой части анализа и выработки решений, перевод обработки массовых данных на машинную технологию.

Систематизация информационных потоков, переход к комплексным методам обработки информации открывают эффективные пути применения в управлении электронно-вычислительной техники. Но она важна и сама по

себе, даже там, где не предусматривается использование ЭВМ, так как составляет современную основу НОТ в управлении. Недооценка "социального компонента" вычислительной техники ведет к упрощенчеству в подготовке и проведении мероприятий по народнохозяйственному использованию ЭВМ, рождает узкотехнический подход к "электронизации". Причем в наших условиях главное значение имеет систематизация не локальная (по отдельным предприятиям), а именно общесистемная (в общегосударственных масштабах). Только такой подход может открыть пути повышения мобильности и действенности огромного планово-управленческого аппарата, оснащения его электронной техникой, сокращения и удешевления. Но чем сложнее управляющая система, тем меньший эффект дают мероприятия по ее упорядочению, основанные только на эмпирическом подходе.

Плановое управление как информационная система — целостный организм. Все виды учета, отчетности, планов, показателей, цен, тарифов, нормативов, правовых норм — неразрывно связанные элементы одной информационно-организующей системы, обеспечивающие оптимальные режимы функционирования народного хозяйства. Нельзя приспособить информацию систем к требованиям интенсификации, совершенствуя отдельный элемент (учет, плановые показатели, порядок финансирования, цены, юридические нормы) порознь, либо комплексировав эту работу только в рамках отраслевых министерств или ведомств. Главное значение в упорядочении информационных потоков и их автоматизации на базе сетей ЭВМ приобретают в настоящее время общесистемные решения, принимаемые и проводимые на общегосударственном уровне.

УДК 007

В.В.Моисеенко

## ВОПРОСЫ ИНФОРМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ (МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

Практика показывает, что любая организационная система с жестко установленной структурой через некоторый период времени с начала функционирования обнаруживает те или иные недостатки своего устройства: какие-то вопросы оказываются неучтенными, другие дублируются в существующем распределении прав и обязанностей между подразделениями и службами, кто-то не может качественно выполнять свои функции из-за недостатка квалификации или времени, один работник оказывается перегруженным, а другой недогружен, отдельные линии подчинения или механизмы исполнения не срабатывают и т.д.

Часто инициативный руководитель предлагает методы управления, которые принимают и другие руководители, будучи сами на более высоких должностях. Обычно эту роль играет руководитель, располагающий информацией. Информатика управления как набор форм использования сведений в процессе руководства складывается постепенно из соответствующих, удобных для данного лица форм работы, чаще применяются традиционные методы распараллеливания объемной работы.

Анализ и контроль постановлений, распоряжений, приказов и других директивных документов выполняются многими работниками аппарата, так как один человек справиться с таким объемом работ не может. Используется все более углубленная функциональная специализация среди работников аппарата управления, но это не исключает необходимости кому-то одному все синтезировать, что представляет немалые трудности.

Стандартизация форм и автоматизация информационно-справочной работы дали бы возможность четче разделить функции, уточнить обязанности функциональных работников, перепроектировать структуру аппарата управления в соответствии с возникающими периодически изменениями и новыми требованиями, позволили регулярно делать "обзор состояния всего хозяйства", т.е. беглый просмотр, улавливать тенденции общего хода дел, выявлять слабые стороны. Например, в Японии распространено мнение, что оставление в вопросе автоматизации информационно-управленческой деятельности уже через 2—3 года приведет к снижению конкурентоспособности. Из 741 ведущей японской компании более 50 % планируют в течение ближайших 5 лет полностью стандартизировать формы документов для последующей автоматизации конторской и управленческой работы [1].

Существующая сейчас "бумажная" технология требует улучшения следующих процессов: печатания текстов, быстрого оформления, регистрации и передачи документов по адресам, организации удобного хранения документов (так как к ним часто приходится возвращаться), быстрого копирования. Поэтому машинопись, копирование, поиск документов и фактов должны быть доступны всем работникам учреждения. Эту задачу позволяют решать так называемые конторские ЭВМ и процессоры обработки текстов, например, в 1985 г. процессоры обработки текстов планируют использовать 50 % японских компаний. Большинство фирм этой страны уже сейчас широко используют фототелеграфные и копировальные аппараты.

Одной из самых распространенных концепций решения соответствующих проблем является концепция создания независимой от существующих форм организационного управления информационной модели процесса управления (ИМУ) [2]. Технология управления представляется первичной по отношению к используемым организационным формам управления. ИМУ должна включать отображение всех элементов деятельности, совокупность показателей, описание процедур соответствующих преобразований информа-

ции. Логическая структура возникающей при этом базы данных должна содержать всю необходимую информацию об объекте управления.

Предъявляется требование независимости логической структуры базы данных от физической организации данных, которая может меняться в соответствии с используемым матобеспечением обработки данных. Возникает целая иерархия новых понятий в связи с явным представлением информации. Все более четко определяются понятия "организационная технология", "проектирование организацией" и т.п. Организационно-управленческая деятельность вырисовывается как сложная по технологии сбора, преобразования информации, выбора, принятия и реализации решений работа соответствующих специалистов (руководителей), именуемых часто лицами, принимающими решения (ЛПР) [3]. При создании таких автоматизированных систем одной из важнейших задач является задача выбора методов и средств представления данных, необходимых для реализации предлагаемых технологических схем, т.е. именно задача совершенствования информатики управления.

Необходимо совершенствование организационных структур, установленных порядков и регламентов (перераспределение обязанностей, изменение хозяйственных механизмов, реконструкция старых линий подчинения и т.д.). Большое значение сейчас имеет и улучшение социальных условий для функционирования так называемой неформальной организационной системы, использования "человеческого фактора" — проявления инициативы, самостоятельности и гибкости в действиях подразделений и отдельных исполнителей.

Если со временем оказывается очевидной нерациональность, необоснованность установленных организационных процедур, то исполнители всегда находят возможность обходить их. Чем больше не соответствует реальным условиям формальная система организации, тем больше нагрузка на неофициальное — правила и возникающие по ходу дела способы действия. Неформальная система трудовых взаимоотношений как бы компенсирует недостатки нерационально устанавливаемых административных форм.

Многие примеры подтверждают, что если бы не было возможности пользоваться неформальными отношениями, то официально созданная структура в ряде случаев не смогла бы просуществовать долго. Противоречия и организационные неувязки в исполнительных механизмах не дали бы возможности эффективно выполнять предписываемые производственные задачи и обязательства.

По мере продвижения вверх по иерархической лестнице управления организацией от первичной ячейки до крупных подразделений и объединений неформальные методы работы занимают все больший вес по сравнению с различного рода организационными регламентами, формализованными приемами и процедурами.

Происходит разделение труда и в управленческих службах. Часть из них ориентируется на обслуживание основных, производящих продукцию отделений, а другая группа подразделений ориентируется на обеспечение услуг только для верхнего звена управления. Первые опираются на четко отработанные процедуры, порядки, технологию организации исполнительской деятельности. Вторые больше используют неформальные методы, аналогичные методам, так сказать, чисто творческого труда [4].

Определенный интерес представляет изучение реальной практики и мотивации деятельности всех слоев руководителей при организации административно-управленческого процесса. Широта и разнообразие стоящих перед ними проблем формируют своеобразное их отношение к предполагаемым методам и приемам выполнения их разнообразных функций.

Наблюдения показывают, что сопротивление введению излишней регламентации, каких-то стандартизованных приемов, жестко запрограммированных механизмов, видимо, объясняется психологическим барьером (ведь эти инструменты требуют первоочередного освоения при дефиците времени) и тем, что руководители обычно бывают излишне уверены, что строго регламентированную организацию дела они могут с успехом дополнить собственными методами работы. Поэтому, как нам кажется, относительно редко можно встретить организацию с четко расписанными должностными обязанностями работников, подробными инструкциями, хорошо спроектированными организационными схемами, исполнительными механизмами и т.п.

Каждый новый руководитель, пришедший на смену старому, имеет как бы заранее предусмотренную возможность (и обычно проявляет такое желание) по-своему уточнять линии подчинения, перечни обязанностей ответственных исполнителей и т.п. Такая гибкость, положительная в своей основе, часто граничит с неоправданно большой неопределенностью структурного устройства организации как системы, вплоть до обычного беспорядка и субъективизма. Видимо, существенную роль играет то, что кропотливый разбор организационной структуры, целевого назначения и обязанностей всех подразделений и должностных лиц, схем подчинения (всего, что было введено ранее) — трудоемкий процесс.

Поскольку у вновь назначенного руководителя почти всегда дефицит времени (обычно из-за текущих дел, исполнение которых нет возможности как следует организовать), то часто он ограничивается не слишком подробным ознакомлением с формально-организационным устройством коллектива, а в своей практической работе делает акцент лишь на интуицию и личный опыт. В результате наскоро спроектированная организационная система функционирует длительное время под большим влиянием привычек, наклонностей, взглядов соответствующих работников. В реальных процессах при этом существенную роль играют не структурно установленные ранее отношения между подразделениями и исполнителями, а фактически складывающие-



ся на основе личных стремлений членов коллектива связи и контакты.

Чтобы понять основное содержание функций организационной системы, надо принять во внимание истинные нужды ее руководителя. Прежде всего, он нуждается в том, чтобы ему помогали с подбором, анализом информации, используемой для принятия решений по расстановке кадров, определению целей, первоочередных заданий и т.п. Помимо официально действующих каналов (посредством функциональных отделов, служб, информационно-вычислительных центров и т.п.) руководитель обычно организует "живую" связь с подведомственным объектом через иерархию подчиненных.

Первый уровень этой иерархии составляют его заместители, которых он по роду обязанностей чаще других выслушивает, чье мнение прежде всего учитывает при формировании своих решений. Второй — это руководители основных подразделений и служб. Нижний уровень представляют отдельные работники, которые пользуются особым доверием и которых систематически принимает в своем кабинете руководитель, выдает им личные поручения, выслушивает их доклады.

Тот, кто информирует руководителя, не ограничивается только изложением фактов, а комментирует их, высказывает свое мнение, предложения, т.е. привносит в управление субъективный момент. На процесс анализа данных нельзя смотреть упрощенно, некоторые из поступающих в распоряжение руководителя факты не могут быть просто оценены и объединены, так как противоречат друг другу. Нужны поэтому специальные организационно-логические действия, алгоритмы, с помощью которых на основе продуманной системы критериев, приоритетов, весовых коэффициентов осуществляются проверка достоверности предлагаемых сведений, сравнение мнений экспертов, учет мотивации действий каждого из них и только на этой основе должно формироваться интегрированное суждение. Эта неформальная работа составляет суть всей "невидимой" системы формирования организационных решений, созданной руководителем.

Упомянутые критерии отбора должны обеспечить адекватное отражение процессов, определенную точность, достоверность, полноту и своевременность данных. Руководитель должен суметь сделать максимум — воспользоваться возможно большим числом источников информации, учесть максимум выявленных ситуаций, лично проверить побольше фактов и т.п.

Возникает вопрос, как обеспечить необходимость прочесть, услышать и принять во внимание при выработке решений больше, чем физически можно сегодня сделать одному, не связанному с кем-либо из коллег руководящему лицу. Один из путей — распараллелить эту работу, активнее использовать экспертов, советников, помощников (для руководителя организации это упомянутый выше круг лиц от заместителей до рядовых сотрудников и технических секретарей).

Интересен анализ деятельности современных зарубежных организаций.

В прошедшее десятилетие (70-е годы) в США, например, наметилось замедление темпов роста производительности труда, особенно в сфере управления. Если в обрабатывающей промышленности производительность труда за это время выросла на 28 %, то для конторских служащих — лишь на 4 % (численность управляющих и администраторов в США составляет 11,3 млн. человек — 11,6 % от всех занятых, а конторских работников — соответственно 18,2 и 18,7 %) [5]. По результатам обследования специалистов, все служащие на работе используют не более 40—60 % своих возможностей. Непроизводительно проходит 20—30 % рабочего времени из-за необходимости выполнять различные вспомогательные функции, которые должны быть переданы либо помощниками и секретарям, либо выполняться с помощью ЭВМ. В этом предполагаются главные резервы роста производительности труда.

Серьезность этой проблемы подтверждается тем, что по прогнозам к 1990 г. на содержание этой категории работников будет затрачиваться ежегодно около 1,5 триллиона долларов (сейчас эта цифра составляет 800 млрд. долларов).

В середине 70-х годов в большинстве американских компаний сбор, обработка и анализ как оперативной, так и стратегической информации и последующее принятие на этой основе управляющих решений производились с использованием компьютеров. Однако раскладка вложений следующая: из 71 млрд. долларов, израсходованных в 1979 г. на техническое и информационное обеспечение труда служащих, 42 % приходилось на закупку телефонных, телеграфных и других каналов связи, 8 % — на ведение архивов и их использование и только 16 % — на внедрение собственно электронно-вычислительных систем и комплексную автоматизацию рабочих мест.

Организационная, кадровая и ряд других областей не были еще затронуты компьютеризацией. Считается, что решить эту проблему можно за счет комплексной рационализации труда руководителей и их помощников (советников, референтов, технических секретарей), т.е. одновременно предполагается и организационно-структурная перестройка, совершенствование всей системы управления.

Хотя административно-управленческие расходы в компаниях доходят до 40—50 % от накладных расходов на ведение бизнеса в целом, автоматизация здесь проявилась еще недостаточно. Если "машиновооруженность" на одного работающего в промышленности исчисляется 24 тыс. долларов, в сельском хозяйстве — 35 тыс., то для конторских служащих — только 2 тыс.

Специалисты все больше задумываются о структурной организации и деятельности учреждений в будущем. Есть, например, идея организации центров автоматизированной обработки текстов в конторах. Тщательное изучение содержания труда служащих показало, однако, что функция обработки текстовой и цифровой информации занимает лишь 22 % бюджета их рабочего времени, в то время как различные административные обязанности

требуют еще около 35 %, а выполнение прочих поручений вне рабочего места — еще 25 % времени, т.е. основное время уходит не на рутинную работу по подсчету цифровых данных и печатанию текстов, а на ряд неформальных операций распорядительно-управленческого порядка.

Интересен факт отказа большинства (68 % опрошенных) руководителей фирм различного ранга от централизованного их обслуживания работниками типа технических секретарей (идея заключалась в создании центров секретарского обслуживания). Выяснение вопросов показало, что причина заключается в том, что роль такого рода работников далеко выходит за рамки обычных информационно-оформительских обязанностей. Они выполняют важную роль в системе неформальных социально-психологических отношений. Надежные помощники обеспечивают работу канала неформального общения руководителя с подчиненными.

Считается, что чем выше по иерархической лестнице поднимается руководитель, тем сильнее он нуждается в хороших работниках данного типа. Основная часть времени референта, помощника посвящена организации встреч начальника с коллегами и подчиненными. Лишь некоторые из этих дел оформляются документально, поэтому формализовать это не просто.

Специалисты считают, что главная обязанность этих работников заключается в рациональной организации рабочего времени руководителя. С появлением удобной электронно-информационной техники большая доля рутинной работы будет автоматизирована, поэтому часть обязанностей руководителя следует передать помощнику, опытному секретарю вплоть до права принятия за него некоторых распорядительных решений, выдачи оперативных указаний и т.п. В этом специалисты видят путь к повышению эффективности управленческого труда в целом.

1. *Маслов Н.М.* Направления и проблемы автоматизации в Японии // Обзор. МЭМО. — 1983. — № 3. — С. 112–120.
2. *Бибик Е.Б., Бойчук С.И.* Исследование логической структуры информации в системах управления производством // Моделирование и информатика, ИК АН УССР, Киев, 1983. — С. 76–85.
3. *Калита П.Я.* Информатика регулирования производством. — В кн.: Моделирование и информатика в РАС и ОГАС, ИК АН УССР, Киев, 1983. — С. 135–146.
4. *Мильнер Б.З.* О новых явлениях в организации управления промышленными корпорациями США // Организационные структуры управления американскими корпорациями. — М.: Ин-т США АН СССР, 1974. — С. 3–7.
5. *Серафимова И.В.* Производительность труда управляющих и проблемы их административного обслуживания // США, экономика, политика, идеология. — 1982. — № 10. — С. 110–114.

УДК 51:65.012.122

А.Ф.Кикоть, В.Н.Панченко, Н.Д.Шафар

## ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Производственные и информационные технологии возникают не спонтанно, а в результате технологизации того или иного социального процесса, т.е. целенаправленного активного воздействия на ту или иную отрасль производства (социальной практики) и преобразования ее на базе машинной техники. Чем шире используются ЭВМ, чем выше становится их интеллектуальный уровень, тем больше возникает видов информационных технологий, к которым относятся технологии планирования и управления, научных исследований и разработок, экспериментов, проектирования, финансовых операций, криминалистики, медицины, образования и др.

Изучением конкретных условий функционирования информационных технологий занимается информатика\* — новая наука, сущность и функции которой широко обсуждаются в последнее время.

Информатика — комплексная научная и инженерная дисциплина, изучающая все аспекты разработки, проектирования, создания, оценки, функционирования машинизированных (основанных на ЭВМ) систем переработки информации, их применения и воздействия на различные области социальной практики [3]. Появление этой дисциплины обусловлено возникновением и распространением новой индустриальной технологии сбора, обработки, передачи информации, связанной с фиксацией данных на машинных носителях.

Совершенствование и развитие технологии обработки данных — важнейший элемент или даже условие технологизации любых информационно-коммуникативных процессов (управления или научных исследований, криминалистики или образования и т.д.). Развитие вычислительного процесса и методов разработки алгоритмов и программ все больше должно увязываться с особенностями конкретной среды применения ЭВМ, возможностями ее модернизации.

Значение "социальной составляющей" технологии обработки данных возрастает по мере перехода к новым поколениям ЭВМ. Более развитые вычислительные системы активнее и глубже воздействуют на среду применения — ее структуру, процедуры, формы жизнедеятельности. Возрастает и обратное влияние среды применения на структуру, функции вычислительных систем, так что эффективность технологий обработки данных все боль-

\*В 1983 г. общим собранием Академии наук СССР принято решение о создании в составе Академии Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации.

ше зависит от степени их соответствия внутренней логике функционирования среды применения, от уровня взаимодействия с конечными показателями. Это отчетливо проявилось уже при переходе к третьему поколению вычислительных машин, использование которых обнаруживает структурные слабости организационно-экономической "среды", выдвигает острую потребность в ее специальной подготовке.

Возникла потребность в научно-инженерных разработках особого рода, основанных на комплексном охвате технических, информационных и социальных проблем, т.е. проблем информатики. При информатизации социальных процессов возникает много трудностей. Главная из них состоит в определении грани или меры соотношения человеческого и "машинного" участия. Информатику нельзя трактовать только как науку об алгоритмизации социальных процессов (действия). Такая трактовка сильно упрощает дело. Цель информатики более сложная и тонкая: обосновывать пути подведения (там, где это возможно и целесообразно) под социальные процессы алгоритмической основы (т.е. технологии).

Как общее направление развития ЭВМ состоит в их приближении к человеческому интеллекту, так и общее направление развития вычислительных технологий состоит в обеспечении все более полной их совместимости с естественными (исторически возникшими) информационными процессами (управленческими, познавательными, диагностическими, моделирующими), в прев-

Т а б л и ц а 1. Динамика среднегодовой численности рабочих и служащих в собственно информационной сфере народного хозяйства СССР (тыс. чел) \*

Информационная технология	Год							
	1940	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980
Наука и научное обслуживание	362	714	992	1763	2625	3238	3790	4379
Просвещение (школы, учебные заведения, культурно-просветительные учреждения)	2678	3315	3988	4803	6600	8025	9192	10456
Связь	484	542	611	738	1007	1330	1528	1634
Искусство	173	185	250	315	370	412	446	457
Кредитные и страховые учреждения	267	264	265	265	300	388	519	649
Аппарат органов государственного и хозяйственного управления, органов управления кооперативных и общественных организаций	1837	1831	1361	1245	1460	1883	2187	2495
<b>Итого:</b>	<b>5801</b>	<b>6951</b>	<b>7467</b>	<b>9129</b>	<b>12362</b>	<b>15276</b>	<b>17662</b>	<b>20070</b>

\*Исчислено по данным статистических ежегодников: Народное хозяйство СССР в 1960 г. - М., 1961. - С. 636-637; Народное хозяйство СССР в 1970 г. - М. - 1971 - С. 510; Народное хозяйство СССР в 1977 г. - М., 1978. - С. 378; Народное хозяйство СССР в 1980 г. - М., 1981. - С. 358.

ращении информационно-вычислительных комплексов для каждого человека-пользователя в его второе "я". Радикальный скачок в этом направлении — переход от обработки данных к обработке знаний, реализуемый в вычислительных системах пятого поколения, т.е. к более высокому уровню организации знаний, их выработки и использования, который может быть обеспечен лишь с помощью средств и методов информатики. Главная функция информатики заключается в обосновании средств и методов технологизации информационно-коммуникативных процессов, т.е. в их качественной перестройке на базе электронно-вычислительной техники, математического моделирования, программного управления. Но это требует изучения самих информационных технологий как определенного исторического феномена. Значение и уровень развития информационных технологий все возрастают. В качестве характеристики уровня их развития могут выступать показатели занятости.

Для количественной характеристики информационной сферы нами принята попытка дифференцировать, т.е. определить перечень входящих в нее конкретных информационных технологий. Деление народного хозяйства на отрасли материального и нематериального производства здесь неприемлемо. Вначале мы выделяем собственно информационную технологию (сферу)\*. К ней относим следующие сферы народного хозяйства: наука и научное обслуживание; просвещение (школы, учебные заведения, культурно-просветительные учреждения); связь; искусство; кредитные и страховые учреждения; аппарат органов государственного и хозяйственного управления, аппарат управления кооперативных и общественных организаций, (данные о занятых в "чисто" информационной сфере приведены в табл. 1).

Наряду с собственно информационными технологиями часть отраслей и звеньев народного хозяйства занимается обслуживанием этих технологий, т.е. производит средства переработки информации и ее материальные носители (электронно-вычислительную, репрографическую технику, технику связи, счета и управления, бумагу, машинные носители информации). В информационную деятельность, в связи с ее бурным ростом, все шире вовлекаются и работники всех остальных областей народного хозяйства.

Численность занятых информационной деятельностью мы определили на основе экспертных оценок и анализа бюджетов рабочего времени. В результате получены следующие данные, характеризующие изменения занятости за период 1940—1980 гг. (табл. 2).

---

\* Не все занятые в названных ниже сферах занимаются чисто информационной деятельностью, определенная часть выполняет административные и хозяйственные функции. Однако результатом совместной деятельности всех занятых в каждой из них, является "производство" информации, поэтому правомерно всех работников этих отраслей относить к категории занятых в информационных технологиях.

Т а б л и ц а 2. Анализ занятости информационной деятельностью в народном хозяйстве СССР\*

Год	Показатель		
	Численность занятых информационной деятельностью в народном хозяйстве СССР, млн. чел.	Доля занятых информационной деятельностью в общей численности занятых в народном хозяйстве СССР, %	Темпы роста численности занятых информационной деятельностью в народном хозяйстве СССР, %
1940	17,8	27,7	100,0
1950	17,0	25,0	95,5
1955	22,7	29,2	121,5
1960	26,9	31,1	151,1
1965	33,6	33,9	188,8
1970	40,7	36,3	228,7
1975	47,0	38,2	264,0
1980	52,8	40,0	269,6

\*Исчислено по данным статистических ежегодников: Народное хозяйство СССР в 1960 г. — М., 1961. — С. 521, 523, 633, 636, 651, 766; Народное хозяйство СССР в 1965 г. — М., 1966. — С. 576; Народное хозяйство СССР в 1970 г. — М., 1971. — С. 406, 522, 523, 637; Народное хозяйство СССР в 1977 г. — М., 1978. — С. 378, 395, 495; Народное хозяйство СССР в 1980 г. — М., 1981. — С. 283, 357, 358, 360, 369, 455, 462.

Результаты анализа свидетельствуют о все большем увеличении из года в год трудовых ресурсов, занятых в рамках информационных технологий. Растет не только абсолютная численность (например, в 1960 г. она увеличилась по сравнению с 1940 г. в 1,5, а в 1980 г. — почти в 3 раза), но и удельный вес ее в общей численности занятых в народном хозяйстве (см. табл. 2). В 1980 г. этот показатель составил 40 %, что еще раз подчеркивает огромное значение информационных технологий в общественной практике.

Аналогичные результаты получаются и при анализе каждой отдельной информационной технологии как в нашей стране, так и за рубежом. Например, по опубликованным в литературе результатам анализа [5], общая численность занятых в сфере науки и научного обслуживания европейских стран-членов СЭВ характеризуется данными приведенными в (табл. 3), свидетельствующими о том, что занятость в названной сфере растет опережающими темпами.

О быстром росте информационной сферы свидетельствуют и результаты статистических обследований зарубежных ученых. Например, в начале 70-х годов группой исследователей США под руководством М.Пората была предпринята попытка обобщения статистических данных о численности занятых в процессах переработки информации в экономике США. Из четырех основных секторов общественного производства США (сельское хозяйство, промышленность, обслуживание, переработка информации) на первое место по численности занятых с конца 60-х годов вышел информационный сектор. В состав занятых в этом секторе включались работники 194 специальностей, в

Т а б л и ц а 3. Общая численность занятых в сфере науки и научного обслуживания европейских стран-членов СЭВ (тыс. чел.;

Страна	Год								
	1960	1965	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980
НРБ	14,7	21,6	46,7	60,5	64,2	59,2	59,0	59,8	62,4
ВНР	26,4	50,1	64,4	81,3	....	....	85,1	84,6	....
ГДР	....	....	....	99,0	102,0	105,0	114,0	121,0	123,0
ПНР	36,0	51,0	73,0	151,0	151,0	150,0	151,0	150,0	149,0
СРР	40,0	59,0	58,0	84,0	90,0	96,0	103,0	112,0	110,0
СССР	1592,0	2401,0	2999,0	3790,0	3860,0	3969,0	4069,0	4264,0	4379,0
ЧССР	97,0	148,0	154,0	159,0	160,0	161,0	164,0	167,0	170,0

том числе работники науки, ИТР, управленческий персонал, учителя, работники связи и т.д. Численность занятых в сельском хозяйстве, промышленности и в обслуживании учитывалась без занятых переработкой информации [4].

Приведенные результаты анализа информационной сферы и отдельных информационных технологий свидетельствуют о все возрастающем их значении, необходимости их изучения, поиска новых подходов к анализу, а также о необходимости разработки методики и методологии анализа информационных технологий и обоснования разработки научных основ их рационализации.

Развитие современных технологических систем управления, систематизация информационных потоков существующих систем, переход к комплексным методам обработки информации открывают эффективные пути применения ЭВТ в управлении. Поскольку современный переворот происходит именно в его технологии проблемы совершенствования и развития информационных технологий управления становятся одними из ведущих в информатике, приобретают исключительно важный и острый социальный смысл. Однако информатика определяет научные основы оптимизации не только управленческой, но и других информационных технологий, таких, где продукцией и основой для ее переработки выступает информация.

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. — М.: Наука, 1982. — 552 с.
2. Глушков В.М., Каныгин Ю.М. Что же такое современная ИТР? — Киев, 1980. — 67 с. (Препринт // — АН УССР. Ин-т кибернетики; № 80—5).
3. Михалевич В.С., Каныгин Ю.М., Гриценко В.И. Информатика (общие положения). — Киев — 1983. — 45 с. — (Препринт // АН УССР. Ин-т кибернетики; № 83—31).
4. Зыков Ю.А., Даугела В.К. Проблемы развития информационной техники. — М.: Экономика, 1981. — 224 с.
5. Ильин Марк. Научно-технический потенциал стран-членов СЭВ: Вопросы оценки и анализа. // Экономическое сотрудничество стран-членов СЭВ. — 1982. — № 7. — С. 12.



А.А.Гаца, В.Г.Гулеватый

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ И ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОТРАСЛЕВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Отраслевые автоматизированные системы управления (ОАСУ) в настоящее время представлены сложными и достаточно развитыми системами обработки информации, решающими в среднем до 1000 задач по основным функциям отраслевого управления: около 70 % информации, необходимой для деятельности органов отраслевого управления, обрабатываются в вычислительных центрах.

При формировании функциональной структуры ОАСУ главное внимание должно быть уделено вопросу формирования перечня объективно необходимых задач в разрезе уровней и функций управления и выявлению между ними функциональных связей, под которыми следует понимать принадлежность каждой задачи к одной функциональной группе (материально-техническое снабжение, финансирование, трудовые ресурсы, учет и статистика и т.д.) и информационную взаимозависимость задач. Например, задача А является информационно зависимой от задачи В, если результаты решения задачи А необходимы для решения задачи В. Рангом задачи А будет число всех задач, зависящих от решения задачи А. Задача специалистов по разработке ОАСУ состоит в определении такой последовательности разработки и внедрения задач управления по подсистемам и уровням системы, при которой максимизируется сумма экономического эффекта от их использования.

Известны два подхода к созданию модельного отображения реальных систем управления и построения АСУ. При первом необходимо первоначально создать основную модель, отражающую основную целевую функцию системы. Теоретически на базе этой модели можно осуществить разработку управляющих решений для достижения оптимального функционирования системы управления в целом. На основе методов декомпозиции основная модель детализируется на локальные модели, на основе которых могут быть разработаны алгоритмы решения отдельных локальных задач управления.

Такой подход позволяет построить оптимальную и непротиворечивую систему, т.е. систему, в которой отсутствовало бы противоречие между локальной и основной моделями. Метод декомпозиции используется не только для нахождения оптимальной стратегии управления отрасли, но и для определения объективно необходимых задач, обеспечивающих процесс управления, их приоритетность и оптимальную структуру.

Основная (глобальная) модель системы может быть реализована общей или основной задачей системы управления отраслевым хозяйством. Общую задачу, определяющую целевую функцию системы управления, можно разделить на конкретные задачи управления, отражающие целевые функции отдельных подсистем управления. Результатом их дальнейшего деления являются субподсистемы и т.д. Это позволит найти эффективную непротиворечивую иерархическую структуру задач управления, реализация которых даст возможность оптимизировать управление отраслевым хозяйством в условиях АСУ.

Второй методологический подход к моделированию систем управления предполагает синтез в единую систему совокупности моделей по решению отдельных задач, реализующих функции управления. В настоящее время не существует процента создания ОАСУ на базе основной модели, детализированной до отдельных задач на основе методов декомпозиции, т.е. на основе первого методологического подхода. На наш взгляд, причина этого связана с трудностью определения основной целевой функции отраслевых министерств, объединений и предприятий, в частности, недостатком высококвалифицированных кадров по моделированию систем.

Рассматривая основную модель системы как нечто единое, отражающее сущность и цель процесса управления, можно утверждать, что для построения этой модели необходимо найти основную целевую функцию системы. В системе "отраслевое хозяйство" такой функцией могло бы быть максимальное, своевременное и комплексное удовлетворение потребности народного хозяйства в материальных ресурсах, производимых в отраслях. Таким образом, оптимальное функционирование системы "отраслевое хозяйство" основывалось бы на реализации критерия, который бы смог обеспечить минимизацию разности между плановой потребностью и производством продукции установленной номенклатуры в требуемые сроки. Возможны и другие целевые функции управления отраслевым хозяйством: максимизация чистого дохода, минимизация материальных и трудовых затрат при производстве фиксированных объемов чистого продукта и др.

С точки зрения повышения экономического вклада отрасли в национальный доход страны, можно в качестве критерия эффективности функционирования отрасли принять функционал, обеспечивающих максимизацию чистой продукции отрасли при условии обеспечения запланированных объемов выпуска продукции в установленной номенклатуре. В качестве ограничений следует принять такие показатели, которые обеспечивали бы прирост значений функционала только за счет снижения затрат на производство запланированных видов продукции и роста его объема или за счет повышения производительности труда.

На основе глобальной модели, обеспечивающей решение основной задачи управления, должны быть разработаны модели так называемых номенклатурных задач или задач, наиболее экономически выгодных и функционально

связанных в рамках ОАСУ. К номенклатурным относятся задачи, решение которых обеспечивает получение основных планируемых показателей функционирования производственной системы.

Решение номенклатурных задач обеспечивает получение основных утверждаемых и расчетных плановых показателей развития производственной системы, позволяющих судить о динамике и характере этого развития. Затем должны быть определены задачи планового и учетно-статистического характера, результаты решения которых могли бы быть использованы при реализации основных номенклатурных задач управления в функциональных подсистемах ОАСУ, а также при реализации основной (глобальной) модели.

Таким образом, количество объективно необходимых задач и их характер в ОАСУ рассчитываются "цепным" методом в порядке, обратном ходу технологии планового управления, т.е. вначале определяется основная задача функционирования системы, а затем — совокупность задач и их характер, решение которых связано с решением основной задачи и т.д. При таком подходе возникает комплексное представление о системе, определяются логические и информационные взаимосвязи между задачами управления, создаются условия для выявления наиболее важных и экономически выгодных задач.

Существует также мнение, что первый методологический подход теоретически неправомерен, поскольку он состоит в отказе от диалектического понимания реальной системы и признания существования противоречия между локальным оптимумом отдельных частей системы и общим глобальным оптимумом системы. Не отрицая противоречий, имеющих место при осуществлении реального процесса управления, подчеркнем, что модели, реализуемые в системах ОАСУ или АСУП, не должны и не могут быть противоречивыми.

Автоматизированные системы, по существу, занимаются подготовкой и оптимизацией вариантов управленческих решений, но не их выбором и принятием. Выбор и принятие управленческих решений являются актом юридического характера и осуществляются людьми, обладающими соответствующими полномочиями. Выбор и принятие управленческого решения (оптимального или не оптимального) всегда связаны с преодолением противоречия, заключающегося в том, что выраженное предпочтение к одним показателям функционирования производственной системы может быть связано с ухудшением других показателей. Например, выбор, предусматривающий обеспечение снижения себестоимости продукции, связан с увеличением капитальных вложений, а улучшение качества продукции и расширение ассортимента ее выпуска — с повышением ее себестоимости и т.д.

Однако модельное представление системы управления отраслью в ОАСУ не может быть противоречивым, поскольку оно основывается на использовании логико-математических законов обработки информации для управления. Совокупность моделей, описывающих реальную систему управления в разре-

зе отдельных функций управления, также не может быть внутренне противоречивой, поскольку их построение обуславливается также логическим и информационным содержанием глобальной модели. Глобальное модельное представление системы должно отражать только причинно-следственную связь в процессе управления, а не диалектику реальных отношений людей в процессе управления и поэтому не может быть внутренне противоречивым.

Второй методологический подход к созданию ОАСУ имеет серьезные недостатки, поскольку приводит к отказу от системного подхода при проектировании систем в их взаимодействии. Поэтому только на основе первого методологического подхода к модельному представлению и созданию ОАСУ могут быть полностью изжиты недостатки, связанные с их фрагментарностью, являющейся последствием их проектирования на основе синтеза решаемых задач отдельно функционирующих систем.

С развитием АСУ, построенных на основе второго методологического подхода, появляются бросовые работы и объем этих работ с ростом количества решаемых задач увеличивается, возникают большие трудности в организации взаимосвязи и взаимодействия этих систем, обусловленные тем обстоятельством, что они проектировались и строились как отдельно функционирующие системы. Применение второго методологического подхода в проектировании и создании ОАСУ было правомерным и экономически оправданным в связи с отсутствием опыта в построении и эксплуатации этих систем, а также общих концепций создания интегрированных АСУ в масштабах регионов и при остром недостатке специалистов по моделированию и постановке задач управления.

Конечно, нельзя полностью отрицать положительный опыт в проектировании и создании ОАСУ на основе второго методологического подхода, поскольку он предполагает использование системного анализа. В настоящее время уже имеются богатый опыт в проектировании АСУ, наличие высококвалифицированных кадров по их моделированию, определены общие концепции последовательного объединения этих систем в рамках региональных АСУ, имеются первые попытки установления взаимосвязи и взаимодействия систем на основе межмашинного обмена данными. В этих условиях возникает необходимость перехода к построению ОАСУ на базе выявления и обоснования основных задач управления с последующим разделением их на отдельные подзадачи по признаку функциональной взаимосвязи.

Установление функциональных связей между задачами планирования и управления необходимо для создания их функциональных комплексов, полностью или частично автоматизирующих отдельные функции планирования и управления на основе интегрированных массивов информации.

Процесс комплексирования задач может быть ускорен при определении целевого содержания основных задач функциональных подсистем ОАСУ и выделения из последних системных комплексов задач, обеспечивающих формирование оптимальных показателей функционирования отрасли или отдельных ее звеньев. Центральным и наиболее важным комплексом может

выступить комплекс задач, обеспечивающих формирование показателей оптимального баланса валового или чистого продукта, чистого дохода, основных фондов, материальных, финансовых и трудовых ресурсов. При этом так называемые задачи прямого счета, удельный вес которых в настоящее время составляет до 90 % в общем объеме решаемых задач, будут терять свое первоначальное значение и выступят в роли задач, основная цель которых должна состоять в обеспечении необходимой информации для решения основных оптимизационных задач отрасли.

Переход от взаимодействия систем на уровне функциональных комплексов задач, а затем на уровне совокупности показателей, обеспечивающих выработку плановых воздействий на производственную систему, – важнейший шаг к повышению эффективности систем и их научно-технического уровня развития, поскольку он отвечает принципам автономности функционирования отраслевых систем и их адаптивности к изменяющимся социальным и экономическим сдвигам в народном хозяйстве, а также обеспечивает функциональную интеграцию автоматизированных систем управления различного назначения.

Развитие процессов функциональной интеграции вызывает необходимость в планомерном и пропорциональном развитии всех систем, включая их научно-технический уровень, производительность и способность удовлетворять информационный спрос как центра интеграции, так и всех смежных систем. Такая равномерность в развитии систем, с одной стороны, может быть обеспечена на основе широкого применения типовых алгоритмов комплексов основных и вспомогательных задач, типовых блоков или функциональных подсистем, интегрированных межсистемных массивов информации.

Научно-технический прогресс и усложнение взаимосвязей между производственными подразделениями непрерывно ведут к росту сложности отраслевого управления, что резко повышает требования к информационной системе отраслевого управления. Эти требования сводятся в основном к решению следующих проблем представления информации: обеспечение полноты и достоверности учета; минимизация информационного шума; обеспечение неразрывной связи между комплексным первичным учетом и принятием решений на всех уровнях иерархии управления; реализация системы плановых и оценочных показателей в соответствии с целевой функцией управления; четкое разграничение контуров управления; отделение рутинной обработки данных от творческой части анализа и выработки решений; перевод обработки массовых данных на машинную технологию [1]. Существует тесная корреляционная зависимость ценности информации от времени энергетических и материальных затрат, понесенных на ее создание [2].

Повышение требований к обрабатываемой информации обуславливают особый подход к структурному развитию ОАСУ и их информационному обеспечению. Отраслевые автоматизированные системы управления функционируют, как правило, с территориально удаленными системами сбора

и первичной обработки информации. В этом случае информация от объектов управления (предприятие, объединение) поступает по каналам связи в систему сбора и первичной обработки информации, что порождает ряд требований, предъявляемых к каналам связи.

Система сбора и первичной обработки информации является одним из "узких" мест в развитии ОАСУ. Съем и первичная обработка информации на объектах управления, как правило, осуществляются человеком. Возникают психологические барьеры, выражающиеся в данном случае в негативном отношении человека к процессу внедрения и функционирования ЭВМ, что создает дополнительные проблемы в вопросах удовлетворения информационным обеспечением ОАСУ. В решении этих проблем кардинальным вопросом является автоматизация процесса первичного сбора и обработки информации. Для этого необходимо вести разработку автоматизированных, а в отдельных случаях автоматических систем сбора первичной информации с объектов управления. Основу этих систем составят первичные датчики, обеспечивающие своевременное снятие информации по запросу ЭВМ на всех важных этапах технологической цепи производственного процесса и передачу ее по каналам связи в систему сбора и обработки информации. Очень важно на этапе структуризации информационных потоков установить режимы сбора и передачи информации по каналам связи и определить ценность информационных потоков. Ценность конкретного вида информации ( $Y$ ) можно выразить формулой

$$Y = \log_2 \frac{P_2}{P_1},$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — вероятности реализации поставленной цели соответственно до и после получения информации [1]. Как показывает практика, в системе планового управления наибольшей ценностью обладает плановая информация, которая в значительной степени ликвидирует неопределенность функционирования производственной системы и определяет ее цели.

Важное значение в функционировании ОАСУ занимает система передачи данных с места их образования в систему обработки. В развитых отраслевых автоматизированных системах при обработке информации используются разные способы организации информационного обмена между центром обработки (системой обработки) и системой передачи данных (оконечными устройствами ОАСУ). В качестве основного устройства передачи данных в отраслевых системах, как показали исследования, целесообразно использовать мини-ЭВМ, которые, с учетом программных средств, выполняют функции концентратора, устройства коммутации сообщений и управления терминалами. Они повышают эффективность использования каналов связи и ЭВМ, функционирующих в центре обработки информации.

Основным звеном в функционировании отраслевых автоматизированных систем управления является система обработки информации, техниче-

скую основу которой, как правило, составляют несколько ЭВМ. Для повышения эффективности функционирования этой системы необходимо обеспечить широкое применение типовых технологий в обработке информации, создание распределенных автоматизированных банков данных (АБД), которые в будущем должны стать основной формой хранения информации в ОАСУ. Это создаст реальные условия для осуществления "беззадачного" подхода к проектированию отдельных функциональных комплексов задач.

Функциональный комплекс задач уже в настоящее время может быть использован в качестве плановой и учетной единицы, вытеснив неоднозначное и растяжимое понятие "задача", ибо в функциональном комплексе задач можно всегда выделить основную задачу и ее целевое содержание, отвечающее полностью или частично интересам функционального органа управления. Технология проектирования информационного обеспечения ОАСУ изображена на укрупненной блок-схеме ранжировки задач в функциональном комплексе ОАСУ.

Для решения основной задачи функционального комплекса необходимо обеспечить последовательное решение задач первого, второго и последующих ранговых уровней, выходные данные которых непосредственно выступают в качестве исходных условий для решения основной задачи. Недостающая информация может поступить непосредственно из банка данных. Такая идеология построения информационной базы отраслевой системы позволит сформулировать одну экономическую модель на решение всего комплекса задач и обеспечить разработку единого алгоритма, обеспечивающего последовательное решение задач и выдачу результатов по мере их решения пользователю. Возможна выпечка данных, необходимых в качестве документов для аналитической работы аппарата отраслевого управления или вышестоящим органам и сторонним организациям. В этих условиях, по-видимому, возникает настоятельная необходимость создания в масштабах общегосударственной программы АБД программ и алгоритмов, обеспечивающих оперативный поиск машинных программ и их трансляцию в машинный язык пользователя. Организация работы такого банка становится возможной только на основе модельного отображения процессов управления на всех уровнях народнохозяйственного механизма, на основе модельного отображения процессов управления на всех уровнях народнохозяйственного механизма, на основе полного отображения алгоритмов решения как наиболее общих, так и конкретных задач управления.

Последовательность представления информации должна задаваться только ее потребителями и может меняться во времени. Какие данные необходимо представить и сроки представления определяются руководством отрасли, но при этом следует учитывать реальную возможность представления информации. Учет указанных свойств информации возможен в системе телеобработки данных и взаимодействия человека с ЭВМ в режиме диалога.

Развитие диалоговой или безбумажной технологии сбора, обработки и

предоставления абоненту требуемой информации обеспечит постепенный переход от информационно-советующего режима функционирования ОАСУ к управляющему, так как предполагает использование вычислительных систем непосредственно работниками аппарата управления министерства, ведомства [3].

Изменение вида взаимодействия ОАСУ и органа управления производственной системой — длительный и противоречивый процесс, поэтому особенно внимания заслуживает проблема последовательного совершенствования организации и управления в условиях функционирования ОАСУ. Как показывает практика, в этих условиях наиболее ощутимо проявляются недостатки в организационной структуре органов управления, что позволяет определить мероприятия, направленные на совершенствование системы управления производством при наименьших материальных и трудовых затратах.

В условиях функционирования ОАСУ имеется возможность слияния ряда функциональных подразделений отраслевого министерства, а также передачи тех функций отраслевым ВЦ, которые выполняются различными структурными подразделениями (диспетчерских, производственных, учетного характера и др.). Это создает условия для объединения структурных подразделений отраслевого министерства по сходным видам деятельности в более крупные, например, финансовое управление можно объединить с планово-экономическим управлением, управление снабжения — с управлением комплектации и т.д.

ОАСУ дают возможность увеличить количество обрабатываемой информации, упростить организационную структуру отраслевого органа Управления путем сокращения количества его структурных подразделений, вследствие чего достигается улучшение эффективности управления при одновременном расширении и усложнении структуры производства. Все это в современных условиях приобретает первостепенное значение для повышения эффективности общественного производства.

1. Михалевиц В.С., Каныгин Ю.М., Гриценко В.И. Информатика (общие положения). — Киев, 1983. — 45 с. (Препринт // АН УССР. Ин-т кибернетики; № 83-31).
2. Зингер И.С., Куцын Б.С. Обеспечение достоверности данных в АСУ производством. — М.: Наука, 1974. — 138 с.
3. Игнатьев М.В., Шейнин Ю.Е. Интегральные системы и микропроцессорная техника // "Диалог" человек-ЭВМ : Тез. докл. всесоюз. конф. — Л.; Б.И. — 1982. — Ч. 1. — С. 6-8.



О.В.Захарова

## О ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО УЧЕТА ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНДУСТРИИ

Государственная статистика — одно из важнейших функциональных звеньев в системе управления социалистическим общественным производством. Именно через нее изучаются массовые общественные явления как единство количественной и качественной сторон. А это, в свою очередь, позволяет установить сложные взаимосвязи и взаимодействия в экономике страны, оценить выполнение текущих и перспективных планов развития национальной экономики.

Рост числа вычислительных установок, объемов ресурсов, затрачиваемых на их создание, появление массы крупных отраслевых вычислительных центров (ВЦ) со сложным хозяйством и числом работников от 100 до 300 человек требовали формирования организационно-экономических основ функционирования этих организаций. Первые практические шаги в этом направлении были сделаны в середине 70-х годов, когда крупные ВЦ, прежде всего отраслевые, стали переводиться на самостоятельный баланс.

В 1977 г. на ВЦ, переведенные на самостоятельный баланс, было распространено "Положение о социалистическом государственном производственном предприятии", что выдвинуло необходимость создания хозяйственного механизма ВЦ аналогично действующему механизму на предприятиях промышленности. В 1979 г. начался перевод ВЦ, приравненных к промышленным предприятиям, на новые условия планирования и экономического стимулирования\*. Важнейшими задачами вычислительных центров стали повышение эффективности работы, наилучшее использование вычислительной техники, качественное выполнение плановых заданий и договорных обязательств в установленные сроки при минимальных затратах.

В этих условиях резко возрастает актуальность проблемы совершенствования учета всех сторон производственной и экономической деятельности ВЦ как базовых предприятий отрасли переработки информации\*\*. ВЦ должны уже рассматриваться не просто как организации по обработке информации или эксплуатации ЭВМ, а как средоточие совокупности работ по подготовке и использованию накапливаемых в стране информационно-вычислительных ресурсов (технических, математических, программных, кадро-

---

\*К настоящему времени подавляющая часть ВЦ ведомственной подчиненности переведена на эти условия.

\*\*Из сложившихся форм учета (оперативного, бухгалтерского и статистического) нами сосредоточено внимание лишь на статистическом, так как эта форма учета связана с другими.

вых). Иными словами, ВЦ в качестве универсальной структуры в новой отрасли заменяется "набором" структур, а в качестве универсальной организационной формы использования всех машинно-вычислительных ресурсов превращается в организационную форму по осуществлению определенной части технологического процесса управления. Поэтому при оценке деятельности ВЦ, мы оцениваем и электронно-вычислительный потенциал отдельного предприятия, региона, отрасли, страны, т.е. способность системы электронно-вычислительных установок и сетей удовлетворить потребности народного хозяйства в информационных услугах. Эта способность определяется совокупность технических средств (их количеством, уровнем и т.д.), программных и математических ресурсов, количеством и качеством специалистов данного уровня, соответствующей структурой вычислительных мощностей и соответствующими организационными формами и системами.

В настоящее время используются следующие статистические формы учета деятельности вычислительных предприятий (отчеты), утвержденные органами ЦСУ СССР и обязательные для всех предприятий, учреждений народного хозяйства СССР: о выполнении плана внедрения новой техники — форма № 2—НТ; о выполнении плана внедрения вычислительной техники — форма № 2—ВТ; о работе машиносчетной станции /МСС/, машиносчетного бюро (МСБ) — форма № 2—мехсчет; о работе вычислительного центра или другого подразделения, имеющего в своем составе ЭВМ — форма № 1—мехсчет; о наличии автоматизированных систем управления и вычислительной техники и эффективности их использования — форма № 14—НТ (единовременная)

В 1983 г. проведено единовременное обследование вычислительных подразделений страны с тем, чтобы оценить имеющееся программное обеспечение предприятий отрасли информатики. Эта работа сделана впервые и еще не нашла рациональной формы обследования. Может показаться на первый взгляд, что в существующей системе учета заложены необходимые основы и нужно лишь "оттачивать детали". Но все же приходится констатировать, что на сегодня статистический учет в области машинно-информационного производства характеризуется рядом существенных недостатков, не позволяющих, к сожалению, говорить о системе статистической отчетности. Усиление роли экономического анализа выдвигает особые требования к полноте и достоверности экономических показателей. Применяемые же методы хозяйственного учета в вычислительных подразделениях не отвечают требованиям достоверного определения результатов внедрения электронно-вычислительной техники (ЭВТ). Эти методы не позволяют судить об уровне электронно-вычислительного потенциала (ЭВП), дать сравнительный анализ деятельности по компьютеризации управления. До сих пор ЭВТ расценивается как новая техника (форма статотчетности № 2—НТ) наряду с новыми станками, инструментами, приспособлениями. На самом же деле внедрение ЭВТ должно рассматриваться гораздо шире, так как ее использование качествен-

но изменяет труд и изменение это происходит не скачкообразно, а идет на постоянном уровне, а по экспоненте — повышая производительность труда и эффективность производства путем совершенствования элементной базы, программного и математического обеспечения, повышения квалификации специалистов. Следовательно, учет внедрения ЭВТ должен производиться на предприятиях, где организуются вычислительные подразделения. Но сами вычислительные подразделения все в большей мере становятся самостоятельными предприятиями и нуждаются в организации учета собственной деятельности. Все это требует подробного изучения первичных материалов как самих вычислительных подразделений, так и предприятий, для нужд которых они созданы, но это трудно сделать при существующей системе планирования учета и отчетности.

Недостатки учета проявляются и в данных статистической отчетности. Составление статистических отчетов не соответствует современным требованиям экономического анализа, свидетельствует о наличии недостатков, затрудняющих оценку результатов деятельности как самих вычислительных подразделений, так и предприятий, которые они обслуживают. Статистические отчеты не обеспечивают данных для полного анализа процесса внедрения ЭВТ, не позволяют выявить изменения экономических величин по мере внедрения и освоения ЭВТ, программ, математических методов, т.е. нельзя выявить полезный эффект от любой конкретной составляющей ЭВП. Основной отчет вычислительного предприятия (форма № 1—мехсчет, включающая 111 показателей, разбитых по семи разделам) не имеет ни одного показателя экономической эффективности результатов деятельности. В этом отчете нет данных ни о затратах на вычислительную технику, ни данных по экономии от внедрения ЭВТ, ни о годовом экономэффекте, хотя в форме № 14—НТ (единовременная) и предпринята попытка оценить годовой экономический эффект, но эти данные не могут считаться достоверными. Важнейшим элементом экономического анализа является также показатель затрат. Полнота данных о затратах определяет достоверность показателей экономической эффективности, что влияет на определение целесообразности развития работ. И именно здесь заключается первый существенный недостаток имеющихся форм статистической отчетности. В них вместо результата хозяйственной деятельности отражаются затраты различного рода ресурсов (машинных, людских, финансовых), но эти данные рассредоточены в разных формах статистической отчетности: машинные затраты — в форме № 1—мехсчет, людские — в плановых документах на вычислительном предприятии, финансовые — в форме № 2—НТ, № 2—ВТ, № 14—НТ. Поэтому трудно сравнить затраты вычислительного предприятия по их составляющим. Нигде в формах статистической отчетности не отражаются также и затраты по составляющим ЭВП, не определяются и общие затраты. При анализе данных отмечается высокая доля совпадений планируемых и фактических сведений о затратах, например, о планируемом полезном времени работы вычислительного комплекса

(ВК) и о фактически обработанном времени в отчетном периоде\*. На наш взгляд, при определении затрат на производство информационно-вычислительных работ существуют методические ошибки: в качестве затрат вводят лишь балансовую стоимость вводимых в эксплуатацию средств, не учитывая при этом расходы на освоение оборудования, его установку, затраты на накопление оборотных средств. Для правильного отражения затрат в статистике машинной информатики следует четко определить затраты на производство и результаты деятельности вычислительных предприятий.

Основными показателями работы ВЦ, МСС, МСБ выступают (по форме № 1—мехсчет и № 2—мехсчет) объемы работ оборудования в машино-часах\*\*. И практика показывает, что именно затраченный на решение задачи машино-час работы ЭВМ и является результатом деятельности вычислительного предприятия, т.е. ВЦ заинтересован в максимальном потреблении машинного времени. То же происходит и с трудом программистов, алгоритмистов, операторов. Чем больше времени затрачено на производство какой-либо работы, тем выше объемные показатели деятельности ВЦ. Такая оценка работы ВЦ становится преградой на пути интенсивных режимов работы. Это не удовлетворяет и требованиям статистики предприятия хотя бы в том плане, что (по аналогии со статистикой любой другой отрасли) статистические данные в основном отражают изменения плановых показателей предприятия. А развитие программно-технической базы ВЦ, совершенствование технологии приводят к сокращению затрат машино-часов и человеко-дней для проведения одной и той же работы, чем ухудшаются объемные показатели статистических отчетов.

Определение затрат и результатов деятельности ВЦ — трудно и спорно. Вопросы что считать выпуском (продукцией), к чему привязывать нормы затрат и денежные оценки, как правило, не являются простыми, даже применительно к традиционным видам производства. Машинно-информационная переработка информации — нетрадиционный, специфичный вид народнохозяйственной практики. Здесь хозяйственный механизм (система плановых и оценочных показателей в натуральном и стоимостном) вообще не реализует принципа сопоставления затрат и результатов.

Рассматривая технологическую цепочку выполнения любой информационно-вычислительной работы ВЦ, определим эквивалент всех этапов машинной обработки информации, который должен уравнивать информационные ресурсы, затраты машинные и материальные (в виде перфобумаги, магнитных лент, перфокарт), людские (алгоритмисты, программисты, операторы),

\* В форме статотчетности № 1-мехсчет, раздел I (наличие ЭВМ и их использование).

\*\*Мы не останавливаемся подробно на том, что в формах статотчетности неправомерно отражаются такие показатели, как число ЭВМ, имеющихся в вычислительном подразделении, состав и численность персонала, наличие периферийного оборудования, число сторонних заказчиков, расход материалов (перфокарты, бумаги, перфо- и магнитные ленты). Форма № 14-НТ позволяет судить даже о потребности вычислительных подразделений в периферийном оборудовании (раздел III б).

программные. Таким эквивалентом представляется задача [2, 3], которая трактуется не с содержательной, а с технологической (и в этом смысле — с формальной) стороны. Задача выступает как определенная совокупность исходных данных и комплекс математического, программного и информационного обеспечения, разрабатываемый в эксплуатации с применением средств вычислительной техники в целях получения выходной информации, удовлетворяющей заданные потребности пользователей (включая сам ВЦ). Таким образом, задача может служить единицей продукции ВЦ как организации по информационному обеспечению процессов управления в различных звеньях народного хозяйства. Но практическая деятельность ВЦ показывает, что такой "позадачный" принцип оценки деятельности ВЦ вынуждает администрацию к накоплению и решению многочисленных задач, не являющихся первоочередными, а то и вовсе не требующих для своего решения ЭВМ. Очевидно, надо четко определить круг решаемых задач, нормируя при этом людские, информационные, технические ресурсы. Это позволит при анализе статистической отчетности вычислительного предприятия определить технологичность и экономичность всего производственного процесса.

Таким образом, организация отраслевой статистики машинной информации требует в первую очередь налаживания первичного учета деятельности вычислительного предприятия. Результаты деятельности вычислительного предприятия должны быть увязаны с действующей системой хозяйственных показателей. Система статистических показателей должна целиком и полностью быть увязанной и согласованной с формами и показателями бухгалтерского учета, оперативной отчетности, должна обеспечить оперативный контроль всех изменений затрат по всем составляющим ЭВП, тем самым обуславливая изменение его количественного и качественного состава.

Отсутствие такой возможности при анализе современных форм статистической отчетности заключается и в их втором существенном недостатке — в имеющихся формах статотчетности совершенно не отражено движение производственных фондов ВЦ как промышленного предприятия. Все вычислительные предприятия характеризуются повышенной фондоемкостью. Отсюда и повышение требования к использованию фондов, так как каждый час простаивающей дорогостоящей техники существенно отражается на экономических результатах предприятия.

На ранних этапах формирования ВЦ, когда они не были крупными предприятиями по переработке информации, стоимость оборудования исчислялась многими тысячами рублей, но оно оплачивалось из фондов предельных ассигнований и в дальнейшем эти затраты нигде не фигурировали, т.е., если у предприятия имелись "лишние" деньги, то оно приобретало вычислительную технику, а как это оборудование использовалось — никого не интересовало. С переводом ВЦ на хозрасчет любого хозяйственника заинтересует фондоотдача. Но сразу же возникают вопросы, что же брать во внимание,

куда и какие ресурсы отнести. Как на любом традиционном производстве ВЦ имеет основные, оборотные фонды и фонды обращения.

Основные фонды в своем натурально-вещественном составе существенно различаются в зависимости от поколения ЭВМ. При определении состава фондов серьезную трудность представляет отнесение к тому или иному фонду программного обеспечения. Программное обеспечение участвует, наряду с таким производственным фондом, как ЭВМ, в процессе производства длительное время: многократно вступает в производственный процесс, используется постепенно, сохраняя при этом первоначальную форму (потребительскую стоимость). В стоимости современных информационно-вычислительных комплексов доля системного математического обеспечения составляет более 50 %. Следовательно, программные фонды становятся основной группой производственных фондов ВЦ, наряду с промышленными зданиями, рабочими машинами и оборудованием, передаточными устройствами, средствами связи и т.д.

При определении натурально-вещественного состава оборотных фондов вычислительных предприятий следует обратить внимание на следующие два компонента: основные материалы и незавершенное производство.

Невещественный характер продукции ВЦ оказывает значительное влияние на состав оборотных фондов, особенно основных материалов. Машинная информатика — бессырьевая, нематериалоемкая отрасль, но ее развитие сопровождается ростом объемов потребления таких дефицитных материалов, как бумага, магнитные ленты и др., поэтому возникают вопросы их рационального использования, что повышает требования к сбору статистики их использования.

Машинная информатика относится к отраслям народного хозяйства с относительно коротким производственным циклом, что обуславливает относительно небольшие размеры незавершенного производства (и все же оно существует в виде программ в состоянии отладки), незаконченные расчеты, алгоритмы и т.д.

Бурный рост объемов вычислительных работ, приобретение ВЦ черт индустриальных предприятий, переход на прогрессивные (более дорогостоящие и дефицитные) информационные носители — все это делает актуальной, в плане борьбы с бесхозяйственностью, задачу разработки и введения в практику механизма оборачиваемости оборотных средств. Пока такой механизм применительно к ВЦ фактически не существует.

Основной группой фондов обращения является готовая продукция на пункте выдачи и предоставленная заказчиком, но еще не оплаченная. Эту продукцию (услуги) можно разделить на следующие виды: информационно-вычислительные работы, воплощенные в решенных задачах и расчетах, программы либо их элементы, идущие на сторону, услуги по подготовке данных (предоставление своих технологических линий, включая память,

заказчику), консультации. Такое отношение специфичных групп фондов к тому или иному виду фондов позволит организовать контроль за использованием фондов.

Статистические показатели движения фондов вычислительного предприятия не будут достаточно полно характеризовать уровень использования фондов, если будут отсутствовать следующие важнейшие показатели (из утверждаемых пятилетним планом работы ВЦ, переведенных на новую систему планирования и экономического стимулирования): затраты на рубль работ, объемы капиталовложений и ввода мощностей, показатели фондоотдачи и рентабельности\*. Именно в этой отрасли особенно важно создать такую систему статистических показателей, которые не только характеризовали уровень развития показателей эффективности производства и их динамику, но и раскрывали факторы, обуславливающие причины их развития. Например, важен не только факт изменения фондоотдачи, но и причины, вызвавшие этот факт: то ли это неполное использование мощностей, то ли их нехватка, то ли недостаточная производительность (за счет чего повышается производительность труда — или это совершенствование технологического процесса, или совершенствование оборудования, повышение квалификации кадров, применение передовых методов отладки решения и программирования задач, нового системного и программного обеспечения и т.д.). Именно такая система показателей по использованию фондов даст возможность регулировать состав фондов, направлять их изменения в нужном направлении.

Новый этап накопления ЭВП связан главным образом с преодолением разобщенности и элементов кустарщины в развитии ВЦ и АСУ. С этим и связан новый подход к ЭВП — подход с позиций индустриальной отрасли, который не мог возникать сразу на первых этапах внедрения ВТ и АСУ в народное хозяйство. Нужно было достигнуть определенной "критической массы", подготовить какой-то минимум специалистов, накопить опыт. Теперь же вопрос о формировании индустриальной отрасли переработки информации выдвигается в разряд первоочередных. Все это делает особенно актуальным формирование системы отраслевой статистики применительно к рассматриваемой области народного хозяйства.

1. Глушков В.М. Индустрия переработки информации // Коммунист. — № 12. — 1977. — С. 41–50.
2. Каныгин Ю.М. Экономика и организация машинной информации. — Киев Наук. думка, 1984. — 159 с.
3. Каныгин Ю.М., Парфенцева Н.А. Как планировать и оценивать работу ВЦ // ЭКО. — 1984. — № 3. — С. 67–76.

---

\*Их нет не только в системе статистической отчетности, но даже в деятельности вычислительных предприятий. Эти показатели не "подкрепляются" системой экономического регулирования динамики производственных ресурсов.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ 3

#### НОВАЯ ОБЛАСТЬ НАУКИ И ПРАКТИКИ

*В.С.Михалевич, Б.А.Малицкий, В.П.Соловьев.* Об опыте и основных направлениях деятельности методологических семинаров Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР 5

*И.И.Лукинов.* Проблемы социально-экономического использования ЭВМ в трудах академика В.М.Глушкова 15

*В.С.Михалевич, Ю.М.Каныгин, В.И.Гриценко.* Основные черты информатики 24

*А.А.Стогний, Н.М.Глазунов.* Интеграция знаний в системах баз данных 37

*А.И.Кухтенко.* Концептуальная научная революция и кибернетика 46

*Е.Л.Ющенко, Г.Е.Цейтлин.* Диалектика развития программирования и проблемы технологии производства программ 64

*Ю.М.Каныгин.* Информация в свете материалистической диалектики 82

*В.П.Соловьев.* Кибернетическая схема познания и генезис научной картины мира 96

#### ЧЕЛОВЕК И ЭВМ

*А.Г.Ивахненко.* Системы искусственного интеллекта как элемент информатики 103

*В.И.Гриценко, Б.Н.Паншин.* О некоторых вопросах построения обобщенной модели развития информационной технологии 108

*Л.С.Козачков.* Информатика и знание 128

*В.М.Кунцевич.* О неопределенности в современном естествознании и информатике 138

*А.А.Попов.* Медицинская информатика 144

*Ю.Г.Антомонов.* Информатика и управление в биологических системах 151

*В.В.Павлов.* Основы методологии систем человек – машина 160

*З.Л.Рабинович.* О проблеме реализации искусственного интеллекта в свете развития средств информатики 174

#### ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

*Ю.Н.Пахомов.* Социально-экономические проблемы кибернетизации управления экономикой 185

*С.А.Городничева.* Результативность информационных и управляющих систем 196

*Л.Г.Лавров.* Информатика в системе оптимизации народнохозяйственного планирования 209

*А.М.Миняйло, С.А.Городничева.* Методические основы планирования на предприятиях отрасли информатики 225

*В.Г.Гулеватый, Л.Л.Лещенко.* Информатика и перестройка информационно-коммуникативных процессов 234

*В.В.Моисеенко.* Вопросы информатики управления в организации (методические аспекты) 240

*А.Ф.Кикоть, В.Н.Панченко, Н.Д.Шафар.* Проблемы совершенствования и развития информационных технологий 247

*А.А.Гаца, В.Г.Гулеватый.* Методические подходы к построению и информационному обеспечению отраслевых автоматизированных систем управления 252

*О.В.Захарова.* О формировании системы статистического учета информационной индустрии 260



## УДК 007.5

Об опыте и основных направлениях деятельности методологических семинаров Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР / Михалевич В.С., Малицкий Б.А., Соловьев В.П. — В кн.: Методологические проблемы информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 5–14.

Излагается опыт работы методологических семинаров Института кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР, анализируются их философско-мировоззренческая функция, а также роль в методологическом обеспечении разработки основных направлений научных исследований. Рассматриваются вопросы организационного и методологического совершенствования работы методологических семинаров института в связи с возрастанием социальной значимости кибернетики и информатики. Библиогр.: 18 назв.

## УДК 007

Проблемы социально-экономического использования ЭВМ в трудах академика В.М.Глушкова / Лукинов И.И. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 15–24.

Показан вклад В.М.Глушкова в разработку проблем социально-экономического использования вычислительной техники, создания и развития организационных АСУ и их интеграции в большие сети межмашинного информационного обмена. Подчеркнуто, что В.М.Глушков главное внимание обращал на подготовку экономической среды, кадровое и информационное обеспечение внедряемых в практику программно-технических комплексов. Сделан вывод о необходимости дальнейшей разработки и развитии идей В.М.Глушкова в исследованиях по проблемам социального управления и его автоматизации.

## УДК 007

Основные черты информатики / Михалевич В.С., Каньгин Ю.М., Гриценко В.И. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 24–36.

Дано определение объекта и предмета информатики как науки, формируются некоторые фундаментальные понятия информатики, показывается ее связь и различие с кибернетикой. Главное внимание обращено на характеристику полезной работы (отдачи) ЭВМ (прикладных информационных систем). Рассмотрены проблемы систематизации информационных потоков в управлении в связи с широким использованием электронно-вычислительной техники. Библиогр.: 10 назв.

## УДК 681.306:51:100

Интеграция знаний в системах баз данных / Стогний А.А., Глазунов Н.М. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 37–46.

С позиций диалектического материализма рассмотрены некоторые методологические проблемы интеграции знаний в системах баз данных (СБД). Проанализированы методы фиксации результатов научных направлений, способы фиксации знаний, выделены основные направления интеграции знаний в СБД, математизация проблем и методов интеграции знаний. Сформулирован ряд проблем для исследований в этой области. Библиогр.: 25 назв.

## УДК 007

Концептуальная научная революция и кибернетика / Кухтенко А.И. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 46–64.

Изложены представления автора о происходящем в последние десятилетия процессе создания общенаучного математического базиса, приведшего к естественной перестройке не только ряда разделов математической и теоретической физики, теоретической биологии, но и влияющего на развитие теоретической кибернетики, математической теории систем. В целом это положение дел можно охарактеризовать как этап происходящей концептуальной научной революции. Библиогр.: 110 назв.

## УДК 519.6

Диалектика развития программирования и проблемы технологии производства программ / Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е. — В кн.: методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 64—82.

Дан анализ современного состояния теории и практики программирования и наметившихся тенденций развития данного раздела кибернетики. Ил. 2. Библиогр.: 43 назв.

## УДК 007

Информация в свете материалистической диалектики / Каньгин Ю.М. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 82—95.

Рассмотрена ленинская теория отражения как методологическая основа учения об информатике, ее природы проявления, функций в развитии биологических и социальных систем. Дан анализ информационных ресурсов обществ и методов повышения эффективности их использования. Критически рассмотрены наиболее известные буржуазные концепции перехода к информационному обществу. Библиогр.: 30 назв.

## УДК 007

Кибернетическая схема познания и генезис научной картины мира / Соловьев В.П. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 96—102.

Представления кибернетики и информатики привлечены для структурной интерпретации обобщенной схемы познания. Дан анализ генезиса научной картины мира и роли кибернетики в ее формировании на современном этапе научно-технического прогресса. Междисциплинарный статус кибернетики объясняется на основе сопоставления функциональных элементов ЭВМ и антропоморфных механизмов познания. Ил. 1. Библиогр.: 12 назв.

## УДК 007

Системы искусственного интеллекта как элемент информатики / Ивахненко А.Г. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 103—108.

Исследованы вопросы, связанные с определением роли человека в формировании и функционировании систем искусственного интеллекта. Обосновывается необходимость рассмотрения этих вопросов в рамках проблем информатики. Дается определение понятий "система искусственного интеллекта" и "самоорганизация". Дказывается принципиальная возможность отражения творчества человека в системах кибернетической алгоритмизации и программирования. Ил. 2. Библиогр.: 19 назв.

## УДК 681.3

О некоторых вопросах построения обобщенной модели развития информационной технологии / Гриценко В.И., Паньшин Б.Н. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 108—127.

Рассмотрены методологические проблемы анализа развития новой информационной технологии (НИТ) с позиций сформулированных В.М. Глушковым идей и принципов "бесбумажной" информатики и с учетом социальных заказов на обработку данных. Вычислительные системы представлены в виде некоторой обобщенной модели типа крупных градостроительных систем. Проанализированы задачи информатики как новой научной дисциплины. Ил. 4. Библиогр.: 11 назв.

## УДК 007

**Информатика и знание / Козачков Л.С.** — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 128–138.

Рассмотрены методологические вопросы построения многоуровневых информационных моделей объекта управления, связанных с представлением знания в человеко-машинных системах анализа информации. Излагаются принципы создания "универсальных" отношений как инструмента системного анализа объекта управления при логическом проектировании баз данных и знаний. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр.: 15 назв.

## УДК 007

**О неопределенности в современном естествознании и информатике / Кунцевич В.М.** — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 138–144.

Показана большая роль в развитии естествознания исследования процессов, обладающих свойством неопределенности. Изучение и моделирование такого рода процесса в социальной, экономической и технической областях — одна из важных задач информатики. Рассмотрены различные подходы к содержательной интерпретации и формальному описанию условий неопределенности.

## УДК 007:61

**Медицинская информатика / Попов А.А.** — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 144–151.

Рассмотрены особенности процесса познания в медицине и здравоохранении. Лечение представлено как процесс управления, для успешного осуществления которого требуется применение средств вычислительной техники и новых технологий сбора, хранения и переработки информации. Приведена структура основных классов медицинских информационных систем, рассмотрены перспективы внедрения медицинской информатики для лечения и профилактики заболеваний, а также для оздоровления окружающей среды. Библиогр.: 9 назв.

## УДК 007

**Информатика и управление в биологических системах / Антомонов Ю.Г.** — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 151–160.

Приведены классификации биологических систем управления (БСУ) и принципы их функционирования, изложены свойства вероятностных БСУ и соображения о соотношении кибернетики и информатики. Табл. 1.

## УДК 331.1

**Основы методологии систем человек — машина / Павлов В.В.** — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 160–173.

Рассмотрены особенности систем человек—машина, т.е. эрганомики и ее составных частей. Даны основы теории эргатических систем. Сформулирован общий эргатический принцип с позиций системного подхода. Приведены соображения по эргатическим "сверхорганизмам гибридного интеллекта". Библиогр.: 3 назв.

## УДК 007

О проблеме реализации искусственного интеллекта в свете развития средств информатики / Рабинович З.Л. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с.174—184.

Рассмотрены вопросы идеологии развития структур средств информатики являющихся базовыми для построения высокоэффективных человеко-машинных систем обработки информации. Поднятые вопросы связаны в целостную концепцию, в основу которой положено фундаментальное понятие машинного интеллекта как совокупности определенных качества ЭВМ. Библиогр.: 20 назв.

## УДК 007:33

Социально-экономические проблемы кибернетизации управления экономикой / Пахомов Ю.Н. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с.185—195.

Даны методы повышения эффективности социально-экономического управления на основе более полного и оперативного учета обратных связей. Обосновывается необходимость "кибернетизации" народнохозяйственных планов путем усиления роли моделирования и использования диалога человек-машина при их разработке и реализации. Рассмотрены проблемы развития концепции детерминизма в экономических исследованиях. Библиогр.: 4 назв.

## УДК 658.012.011.56

Результативность информационных и управляющих систем / Городничева С.А. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 196—209.

Дан анализ отечественного и зарубежного опыта по определению эффективности вычислительной техники и систем управления, а также информационных систем. Препочтение отдано системному подходу и комплексной оценке по конечным результатам функционирования хозяйственной системы с обязательным учетом социальных показателей. Предложено использование векторов целевого и текущего состояния объекта управления. Ил. 1. Библиогр.: 12 назв.

## УДК 330.519.86

Информатика в системе оптимизации народнохозяйственного планирования / Лавров Л.Г. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 209—225.

Рассмотрены возможности средств информатики в повышении качества и обеспечения системности экономико-математического моделирования. Предлагается концепция структурной оптимизации систем моделей народнохозяйственного планирования на основе принципа минимальной информационной достаточности. Дан анализ теоретических аспектов включения информатики в общую процедуру экономической оптимизации. Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

## УДК 681:3

Методические основы планирования на предприятиях отрасли информатики / Миняйло А.М., Городничева С.А. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев: Наук. думка, 1986, с. 225—234.

Описаны свойства предприятий информатики и суть их экономических отношений с обществом, а также между работниками этих предприятий. Особое внимание уделено планированию и выбору планово-учетных единиц, в качестве которых предполагается принять "программу-задание". Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

## УДК 007

**Информатика и перестройка информационно-коммуникативных процессов / Гулеватый В.Г., Лещенко Л.Л. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. философ. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 234–240.**

Широта распространения информатики в управлении требует радикальной перестройки сложившихся информационно-коммуникативных процессов. Обсуждается социальная составляющая новой технологии переработки информации и управления под влиянием требований машинизированных систем. Рассматривают воздействие вычислительных машин на среду применения — ее структуры, процедуры, формы жизнедеятельности. Подчеркнута необходимость систематизации информационных потоков, переход к комплексным методам обработки информации. Библиограф.: 1 назв.

## УДК 007

**Вопросы информатики управления в организации (методические аспекты) / Моисеенко В.В. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 240–246.**

Рассмотрены вопросы организационной технологии управления в научно-исследовательском коллективе, дан анализ использования различных форм сбора, обработки информации и приемов действий руководителей. Обоснована необходимость компьютеризации информационно-управленческой работы, раскрываются тенденции развития информатики. На примерах из управленческой практики за рубежом демонстрируются возможности комплексного совершенствования управления. Имеются постановочные вопросы для дальнейших исследований. Библиогр.: 5 назв.

## УДК 51:65.012.122

**Проблемы совершенствования и развития информационных технологий / Кикоть А.Ф., Панченко В.Н., Шафар Н.Д. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. философ. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 247–251.**

Рассмотрены некоторые проблемы совершенствования и развития информационных технологий, в частности в управлении и на основе принципов современной информатики. Исследованы проявления общих закономерностей функционирования информационных технологий и условия технологизации информационно-коммуникативных процессов в социальной среде. Табл. 3.

## УДК 658.012.011.56

**Методические подходы к построению и информационному обеспечению отраслевых автоматизированных систем управления / Гаца А.А., Гулеватый В.Г. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 252–259.**

Сформулированы основные принципы формирования функциональной структуры отраслевых автоматизированных систем управления (ОАСУ). Предполагаются два подхода к созданию модельного отображения реальных систем управления и построения ОАСУ. Рассматриваются вопросы сбора и первичной обработки информации в условиях развития ОАСУ. Подчеркивается необходимость развития диалоговой или безбумажной технологии сбора, обработки и представления информации и переход от информационно-советующего режима функционирования ОАСУ к управляющему. Библиогр.: 6 назв.

## УДК 31:658.012.12.56

**О формировании системы статистического учета информационной индустрии / Захарова О.В. — В кн.: Методологические проблемы кибернетики и информатики: Материалы методол. филос. семинара. — Киев : Наук. думка, 1986, с. 260–266.**

Среди организационно-экономических проблем развития индустрии переработки информации особо выделяются вопросы организации и учета в области производства и использования вычислительной техники, т.е. вопросы формирования системы статистики новой отрасли. Дан обзор существующих форм учета и отчетности, их недостатки и причины, по которым данный набор статистических форм нельзя назвать системой статистики отрасли информатики, определяются пути дальнейшего развития учета и отчетности новой отрасли. Библиогр.: 3 назв.