

523
К-770
Р. Г. КРАВЧЕНКО, А. Г. СКРИПКА

ОСНОВЫ КИБЕРНЕТИКИ

Р.Г. КРАВЧЕНКО, А.Г. СКРИПКА

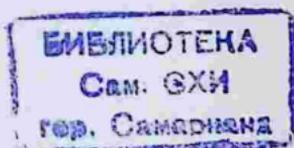
333

К-779

ОСНОВЫ КИБЕРНЕТИКИ

Допущено

*Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования
Министерства сельского хозяйства СССР
в качестве учебного пособия для экономических специальностей сельскохозяйственных вузов*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭКОНОМИКА»

Москва — 1974

*Учебное пособие написано проф., д-ром
экон. наук КРАВЧЕНКО Р. Г. (введение,
главы 1, 2, 4, 5, 7, 12) и доц., канд. экон. наук
СКРИПКОЙ А. Г. (главы 3, 6, 8, 9, 10, 11).*

К $\frac{10807-93}{011(01)-74}$ 121-74

© Издательство «Экономика», 1974 г.

ВВЕДЕНИЕ

Современный период развития народного хозяйства в нашей стране характеризуется неуклонным ростом интенсификации технической оснащенности производства, углублением разделения труда, концентрацией производства и усилением специализации, усложнением межотраслевых и внутриотраслевых связей. Это — решающее направление в обеспечении мощного подъема социалистической экономики.

Особенностью сельского хозяйства как отрасли являются огромные масштабы производства, рассредоточенность объектов, ограниченность производственных ресурсов, обладающих к тому же различной эффективностью в зависимости от конкретных зональных условий производства. Наконец, специфическая особенность сельского хозяйства состоит в том, что оно больше, чем какая-либо другая отрасль, подвержено отрицательным воздействиям, связанным с почвенно-климатическими условиями производства. Все это создает определенные трудности для интенсификации производства, но тем не менее именно в ней заключается главный путь развития и роста сельскохозяйственного производства, как это определил XXIV съезд КПСС.

В период всемерной интенсификации сельскохозяйственного производства прежде всего встает проблема совершенствования управления.

Под управлением понимается осуществление совокупности воздействий, направляемых на поддержание и улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с целью и программой управления. Управление осуществляется путем реализации комплекса мер, включающего политические, социальные, административные, юридические, экономические и др.

В какой-то мере совершенствование управления достигается частичными уточнениями, изменениями законодательных и правовых актов, определенных организационных мер и т. п. Однако существенно решить эту проблему совершенствования управления, довести его до уровня, удовлетворяющего требованиям интенсивно развивающегося производства, нельзя. Чтобы выяснить, что именно может оказать существенное влияние на повышение эффективности управления, необходимо рассмотреть управление как процесс переработки информации.

Интенсификация сельскохозяйственного производства происходит на базе использования новейших достижений науки, роста механизации, электрификации, химизации, мелиорации и связана с общим техническим прогрессом в народном хозяйстве.

Обеспечивая увеличение производства необходимой стране сельскохозяйственной продукции, интенсификация в то же время усложняет производственный процесс, так как растет число входящих в него элементов, расширяются взаимосвязи между элементами производственной системы, а также взаимосвязи с производственными процессами в других отраслях. В итоге увеличивается количество информации, характеризующей состояние производства.

Интенсификация неизбежно приводит к дальнейшему разделению труда, углублению его специализации. При плановом ведении хозяйства это требует более четкой координации производства и потребления. Для проведения такой координации также необходимо получать и перерабатывать большее количество информации.

Интенсификация сельскохозяйственного производства протекает неравномерно как в пространстве, так и во времени. Это значительно усиливает дифференциацию производственных затрат и оказывает большое влияние на сдвиги в размещении производства. Если не учитывать в достаточной мере это (т. е. не иметь об этом исчерпывающей информации), то будет снижаться общая эффективность использования энергетических и вещественных ресурсов.

При последовательно осуществляемой интенсификации неуклонно увеличивается количество факторов, влияющих на ход развития производства. Соответственно растет число экономических показателей, учетных данных, необходимых для объективной характеристики производства, т. е. опять-таки увеличиваются информационные потоки.

Управление невозможно без информации. Действительно, еще до принятия управленческого решения необходимо знать (получить и накопить информацию) о состоянии производства в прошлом и в данный момент; общие цели, поставленные перед производством в целом; производственные ресурсы, которыми располагает управляемый объект и управляющий орган, и эффективность этих ресурсов при использовании в различных комбинациях. Необходимы также знания о наиболее прогрессивной технологии ведения производства, резервах производства и возможностях их использования. Важно знать и о том, есть ли аналоги подобных ситуаций в прошлом, какие принимались решения и что было достигнуто (на основании опыта человека, по данным науки и передового опыта).

Иными словами, чтобы принять правильное решение, нужно к этому подготовиться, нужно много знать, получить большое

количество сведений, данных, т. е. располагать достаточной информацией. Если имеется качественная информация и человек знает, как ее осмыслить (переработать), можно полагать, что он правильно подойдет и к принятию решения, т. е. к осуществлению собственно процесса управления.

Процесс управления на любом уровне, в любом производственном объекте предстает как последовательно осуществляемые действия по разработке цели и способов ее достижения, по реализации разработанных способов. Этот процесс условно можно представить в виде трех этапов.

1. Разработка цели, которая должна быть достигнута данным производством. Для того чтобы четко поставить цель, прогнозировать развитие производства, необходимо иметь достаточную информацию о состоянии и возможностях данного объекта, учитывать его связи с другими объектами и внешние обстоятельства (информация, полученная в значительной мере посредством учета и отчетности). Это уточняется в ходе анализа производства, определения темпов развития и народнохозяйственных пропорций. Прогнозируется, таким образом, цель, которая должна быть достигнута данным объектом в итоге производственной деятельности за определенный период (год, пятилетие, более отдаленный срок).

2. Составление и обоснование плана, производственной программы, которая должна быть последовательно осуществлена для достижения цели. Это требует значительного количества информации о возможных технологических схемах ведения производства и его отдельных отраслей. Намечаются пропорции в сочетании отраслей и баланс между наличием ресурсов и затратами. Выясняются возможности распределения продукции, устанавливаются темпы и направление расширенного воспроизводства. На основании информации, характеризующей возможности, вырабатываются планы развития производства и производственные программы для каждого объекта различных уровней управления.

3. Оперативное управление производством, т. е. разработка и реализация мер, обеспечивающих выполнение намеченных планов и достижение поставленной цели. Это должны быть конкретные действия, которые осуществляются в процессе развития производства. Они возможны при переработке значительного количества оперативно поступающей достоверной и достаточной информации о том, как происходит выполнение плана, какие отклонения имеются на каждом этапе, какие выявлены диспропорции, чем они вызваны и как их можно устранить с наибольшим для производства эффектом.

Рассмотрение этих этапов дает основание сделать вывод о том, что управление предстает как процесс съема, накопления, переработки, передачи и воспроизводства информации. Собственно весь процесс управления, начиная с изучения и

анализа производства вплоть до таких этапов, как прогнозирование, планирование и оперативное управление, есть не что иное, как процесс переработки информации.

Но не только наличие информации является решающим для принятия решений. Важнейшим звеном в управлении производством является человек. Человек осуществляет управление производством, используя неповторимые свойства мышления — предвидение и выбор. Названные свойства человеческого разума лежат в основе всей сознательной деятельности человека. Выработка решений по управлению производством происходит на основе совершения человеческим разумом в строго определенной последовательности ряда операций, связанных с переработкой информации. И если ее объемы в связи с неуклонной интенсификацией производства постоянно увеличиваются, а методы и техника переработки остаются прежними, то человек, возможности которого также ограничены, не успевает осмыслить всю информацию, необходимую для принятия решения. Это приводит к недостаточно четкому управлению.

Если процесс управления предстает как процесс переработки информации, то его можно описать как ряд последовательных операций обработки информации. Каждая конкретная операция обработки элементов информации является функцией управления (элементарной функцией), а эти функции поддаются строго формальному описанию в виде отдельного оператора. Это дает ключ к моделированию процессов управления.

Как же обеспечить совершенствование управления производством или совершенствование методов и средств получения и переработки информации? Это достигается путем разработки и внедрения технологии переработки информации и использования современных новейших технических средств, реализующих новую технологию, иными словами, путем интенсификации управленческого труда.

Организационно-технической формой, в которой будет реализовываться новая технология и техника переработки информации, станут автоматизированные системы управления, создаваемые на базе современных методов количественного анализа, быстродействующей вычислительной техники и других средств.

Автоматизированные системы управления (АСУ) должны реализовать автоматизированную обработку информации и частично подготовку решений, облегчающих деятельность человека в управлении, повышая производительность управленческого труда за счет оперативности и обоснованности принимаемых решений и тем самым обеспечивая совершенствование экономического управления производством. Будет достигнута интенсификация управленческого труда за счет его вооружения новой техникой и новыми методами.

Методологической основой, обеспечивающей правильные подходы к решению проблем, связанных с созданием АСУ

в народном хозяйстве, в том числе и в сельском хозяйстве, являются теоретические положения марксизма-ленинизма, диалектический материализм, теория научного коммунизма.

При разработке автоматизированных систем управления учитываются важнейшие принципы, выдвинутые В. И. Лениным в области научных основ управления общественными процессами. В их числе важнейший принцип управления — демократический централизм, а также принцип научной обоснованности и объективности (учет требований объективных законов и тенденций), конкретности (учет проявления требований экономических законов в обстановке реальных возможностей и ресурсов), стимулирования (учет и сочетание интересов общества, коллективов и личности, материальных и моральных стимулов), принцип главного звена и др. При решении проблем совершенствования управления производством особо следует подчеркнуть ленинский принцип компетентности, т. е. управление должно на каждом уровне, в каждом производственном объекте осуществляться человеком, который полностью и до тонкости знает все условия производства, знает технику производства на ее современном уровне, имеет достаточное научное образование. Только в этих случаях усилия по обеспечению человека информацией для управления будут оправданы.

Большое значение в решении проблемы совершенствования управления производством имеет комплексное решение всех названных вопросов.

В. И. Ленин писал: «В области явлений общественных нет приема более распространенного и более несостоятельного, как выхватывание отдельных фактиков... Факты, если взять их в их целом, в их связи, не только «упрямая», но и безусловно доказательная вещь. ...Необходимо брать не отдельные факты, а всю совокупность относящихся к рассматриваемому вопросу фактов, без единого исключения...»¹.

При решении задач, связанных с совершенствованием методов и средств переработки информации (совершенствованием управления производством), значительная роль отводится науке об общности законов управления и связи в системе любой природы — кибернетике. Определение кибернетики как науки принадлежит Норберту Винеру: «Кибернетика — это наука об управлении и связи в животном и машине». Приведем еще непротиворечивые определения кибернетики. В формулировке академика А. Н. Колмогорова: «Кибернетика занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, хранить, перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования». В формулировке академика А. И. Берга: «Кибернетика изучает процессы, происходящие в живой природе, в человеческом обществе и в промышлен-

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Изд. 5-е, т. 30, с. 350—351.

ности, и в соответствии с выработанными целями и задачами обеспечивает управление этими процессами в оптимальном варианте».

Приведенные формулировки подчеркивают основную особенность кибернетики как науки. Эта особенность заключается в открытии и доказательстве того факта, что главные закономерности процессов управления (самоуправления) идентичны для всех животных (живых организмов), для всех машин (искусственных, технических систем), для общественных формаций, наконец, для различных комбинированных производственных систем, объединяющих людей, животных, машины. Наличие общих черт, общих закономерностей связано с информационными процессами (съем, переработка, накопление, воспроизводство информации), следовательно, с процессами управления объектами (системами) любой величины, любой природы.

Эта общность, однако, совсем не означает, что все качественные и количественные характеристики названных процессов совпадают. На практике наблюдается бесконечное разнообразие качественных и количественных характеристик процессов управления, происходящих в бесконечном разнообразии организмов, в комбинированных и других системах управления.

Но то общее — главные закономерности процессов управления, которые выделяются кибернетикой, — значительно облегчает исследования очень сложных динамических систем и позволяет находить рациональные, оптимальные решения в их развитии. В этом и ценность кибернетики как науки. Она рассматривает каждый управляемый объект как систему (будем понимать под системой упорядоченную совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов). Кибернетика выделяет в этих системах две подсистемы. Управляющая подсистема реализует процесс обработки информации, воспринимая информацию, характеризующую состояние системы, перерабатывая ее и генерируя новую информацию. Управляемая подсистема под действием этой информации реализует процессы функционирования всей системы. Единство управляющей и управляемой подсистем представляет собой систему управления. Эта структура распространяется на системы любой природы.

Теоретическую кибернетику определяют как науку, исследующую абстрактные системы. Ее идеи имеют очень широкое распространение. На базе теоретической кибернетики возникли прикладные ответвления кибернетики, имеющие конкретные области приложения. Кибернетика занимается изучением сложных динамических систем, различных по своей природе (кибернетические системы).

В зависимости от природы системы можно рассматривать промышленную кибернетику (объект изучения — технические

системы), биокибернетику (объект изучения — биологические системы), экономическую кибернетику (объект изучения — экономические системы) и др.

Экономическая кибернетика как прикладная наука изучает процессы, происходящие в производственных системах (промышленных, сельскохозяйственных), и в соответствии с выработанными целями и задачами обеспечивает управление этими процессами в оптимальном варианте. *Экономическая кибернетика — наука об оптимальном целенаправленном управлении сложными динамическими производственными системами.*

Впервые термин «кибернетика» встречается у древнегреческого философа-идеалиста Платона. Он обозначал им искусство управлять кораблем, искусство кормчего, а в переносном смысле — искусство управления людьми.

Долгое время этим термином не пользовались. Только в 1948 г. известный математик Норберт Винер использовал вновь этот термин, издав книгу «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине».

Нельзя считать, что до появления книги Н. Винера отдельные элементы науки кибернетики не разрабатывались, что кибернетика возникла без предшествующих исследований. Одним из фундаментальных понятий кибернетики является «обратная связь». Сам Винер пишет, что первой значительной работой по механизмам с обратной связью была статья о регуляторах, опубликованная Кларком Максвеллом в 1868 г. Большую признательность Н. Винер высказал многим ученым — предшественникам, среди которых — Г. Лейбниц, английский математик Джордж Буль (основатель математической логики), К. Шеннон, А. Тьюринг и др.

Кибернетика, ее категории и понятия во многом становятся более четкими и понятными, если их рассматривать в свете марксистско-ленинской диалектики. Многие всеобщие законы развития природы и общества, на которые опирается кибернетика, были задолго до ее оформления как науки открыты и сформулированы основоположниками марксизма-ленинизма.

На основе марксистской политэкономии изучались закономерности движения и преобразования предметов труда в процессе производства. Однако никакой труд немислим без единства материальных и информационных процессов, причем при разъединении во времени. Представление о продукте труда возникает у человека задолго до физического воздействия на предмет труда. К. Маркс писал, что в конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса имелся в мозгу человека, т. е. в идеальном представлении. Информационные процессы, протекающие в материальных системах и влияющие на их развитие, исследуются кибернетикой и описываются свойственными кибернетике языком, понятиями.

Характерно, что ученые давно обнаружили сходство процессов управления в различных материальных системах и использовали это как аналоги в исследованиях и практических приложениях. Так, после открытия кровообращения у человека французский врач Франсуа Кэне примерно 200 лет назад применил идею замкнутого кругооборота к экономическим отношениям. Он, по существу, явился первым, применившим системный подход к экономике. Его «Экономическая таблица» получила высокую оценку К. Маркса. Этот подход последовательно развит К. Марксом в «Капитале».

Перспективная направленность экономических исследований с развитием ряда положений и методических подходов, используемых ныне в экономической кибернетике, ярко проявилась в трудах В. И. Ленина, в решениях партии по экономическим вопросам, в работах советских экономистов. Советским экономистам, по существу, впервые в истории человечества пришлось практически решать задачу создания очень большой системы — крупнейшей социалистической системы народного хозяйства, решать проблемы, связанные с управлением ею.

Возникновение кибернетики было подготовлено тем общим уровнем знаний, которым располагали к 40-м годам нашего столетия во многих областях техники, физиологии, биологии, математики, экономики. Были получены фундаментальные результаты в таких науках, как политическая экономия социализма, теория научного коммунизма, теория машин, теория автоматического регулирования, теория связи, а также в математических дисциплинах — математической логике, теории вероятностей, математическом программировании и др. Этими выдающимися достижениями, результатами насыщены три крупных раздела экономической кибернетики — теория экономических систем и моделей, теория экономической информации и теория управляющих систем в экономике. Существенную роль в развитии кибернетических идей сыграли исследования систем регулирования в живых организмах, учение И. П. Павлова с высшей нервной деятельностью. И. П. Павлов и И. М. Сеченов указывали на сходство некоторых функций в живых организмах и машинах.

Большая заслуга в разработке математического моделирования, ставшего в настоящее время одним из методов, используемых кибернетикой, принадлежит советским математикам, и прежде всего академику Л. В. Канторовичу.

На этой богатой основе в 40—50-х годах Н. Винером, А. Н. Колмогоровым, У. Р. Эшби, К. Шенноном и другими были заложены основы кибернетики. Кибернетика указывает, что сходство процессов управления в различных системах носит вполне закономерный характер; что в основе этих процессов лежит информация как своеобразный ресурс; что информационные процессы независимы от носителей информации и подчи-

няются общим количественным закономерностям; что можно весьма плодотворно использовать аналоги процессов управления в живой и неживой природе для их познания и совершенствования.

Крупным ученым, создавшим целую школу экономистов-кибернетиков, был академик В. С. Немчинов. Им первым была поставлена проблема синтеза экономико-математических методов и моделей, опыта народнохозяйственного планирования с кибернетическими подходами к экономической системе.

Непосредственное формирование экономической кибернетики связано с именами Г. Грениевского, О. Ланге, С. Бира и других экономистов.

Сущностью кибернетики является изучение общих закономерностей управления на основе переработки информации в разных сложных системах (машинах, живой и неживой природе, обществе), аналитическое изучение подобия информационных процессов, строения и функций связи в этих системах. Кибернетический способ мышления характеризуется стремлением найти общие черты у самых разнообразных явлений, которые помогли бы открыть общие принципы действия этих явлений, указывающих на возможность использования определенных аналогичных методов управления.

Кибернетика тесно связана с другими науками. Трактовка закономерностей этих наук с присущей кибернетике информационной точки зрения позволяет решать многие проблемы.

Например, наука об организации производства рассматривает закономерности организации производственных объектов и производственных процессов. Кибернетика, рассматривая уже организованные производственные объекты с позиций системного подхода, изучает информационные связи между элементами этих систем, преобразования, протекающие в них как информационные процессы. Это позволяет принципиально по-новому подходить к размерам создаваемых систем, учитывая объемы циркулируемой в них информации и увязывая их с возможностью ее переработки человеком в целях управления ими, ставить в зависимость размеры организуемых систем с их управляемостью.

Наука об управлении — наука о принятии решений. Ее исходная позиция в том, что человек, осуществляющий управление, должен получить определенные навыки научного управления, принятия решений с учетом существующих законов и положений, устанавливающих права и обязанности.

Кибернетика рассматривает это как процесс переработки информации человеком, принимающим решение (регулятором системы) с целым рядом специфических выводов, облегчающих ему практическую деятельность.

Наука о технологических процессах (земледелие, животноводство) определяет наиболее рациональные технологические

процессы в производстве с учетом наиболее целесообразного использования ресурсов и достижения заданных объемов производства. Кибернетика рассматривает эти смены состояний, установленные технологической наукой в развитии систем, определяет их информационные характеристики, намечает, когда и какая информация должна быть получена и переработана в целях оптимального управления сельскохозяйственным производством, и т. п.

Наука об информации — теория информации рассматривает, как передать информацию, как ее переработать, чтобы обеспечить ее количественные характеристики. Кибернетика устанавливает закономерности передачи информации, соотносясь с общими потребностями преобразования информации в управляемой системе, с тем чтобы обеспечить ее оптимальное функционирование.

Наука о связи — теория связи решает вопрос о технических средствах, обеспечивающих циркулирование информации в системе, главным образом между управляемой и управляющей подсистемами. Ее исходные позиции — известные направления передачи и объемы, которые в свою очередь определяются с привлечением закономерностей кибернетики.

Этот перечень можно продолжить, охватывая и другие науки, в том числе и социальные.

В чем же состоит существо различия между перечисленными отраслями наук и кибернетикой? Все классические отрасли наук называются преимущественно по свойствам объектов или явлений, которые они изучают (химия, психология, биология, медицина, земледелие, животноводство). Эти науки связаны с определенными формами движения материи. Кибернетика же названа по той точке зрения, с которой она подходит к изучению объектов различного характера. Это значит, что в отличие от всех отраслей наук, подход которых к исследуемому предмету можно характеризовать вопросом: «что это такое?», кибернетика старается ответить на вопрос: «что это делает?». Кибернетику непосредственно интересует не материал, из которого сделан предмет ее исследований, не превращение энергии, которое в нем происходит, а то, что делает предметы отличными один от другого, их разное устройство, предопределенное информацией.

Кибернетика изучает процессы обмена информацией и информационные связи между отдельными частями исследуемого объекта, информационные преобразования в нем, т. е. все, что каким-то образом связано с информацией.

Кибернетика основывается на диалектическом материализме. Это означает признание всеобщей взаимосвязи предметов и явлений мира, их движения и развития на базе присущих им внутренних противоречий, признание материи как единственной основы мира.

В условиях современной обостряющейся идеологической борьбы некоторые буржуазные теоретики пытались сделать кибернетику основой противоборства двух непримиримых лагерей в философии — материализма и идеализма. Они активизировались в попытках использовать успехи кибернетики для опровержения теории познания диалектического материализма. Но эти теоретики не ушли далеко от тех умозрительных построений, которые были разоблачены В. И. Лениным в работе «Материализм и эмпириокритицизм», направленных как против материалистического решения основного вопроса философии, так и против постановки фундаментальной проблемы научного познания.

Подчас со ссылкой на кибернетику как науку делаются попытки полностью опровергнуть основные положения диалектического материализма. В этих целях пытаются использовать выработанное в кибернетике понятие информации, представляя дело так, будто это понятие дает основание преодолеть противоположности материализма и идеализма. Авторами, разделяющими идеалистические взгляды, информация рассматривается как «нейтральный элемент», не являющийся ни материей, ни сознанием. Отсюда делается вывод, что кибернетика представляет якобы научные данные для преодоления «узости», «ограниченности» как материалистических, так и идеалистических концепций. Сама же кибернетика провозглашается «философией современного естествознания».

Эклектическое «примирение» материализма и идеализма путем построения какого-то варианта «кибернетического идеализма» столь же несостоятельно, как и раскритикованный В. И. Лениным «физический идеализм».

Нападки на марксистско-ленинскую философию с использованием данных кибернетики ведутся и по другим направлениям. Однако марксистско-ленинская философия и повседневная практика опровергают их утверждения.

Несмотря на то что для кибернетики характерно в той или иной степени отвлечение от качественной характеристики исследуемых явлений, оно не может быть полным, абсолютным. Это объясняется тем, что сама структура материи накладывает определенные ограничения на процессы переработки информации. Можно это подтвердить и тем, что различные логико-математические аппараты, используемые в кибернетике, обладают спецификой, выражающей в обобщенной форме особенности тех или иных областей материального мира, ставших предметом кибернетического исследования.

Объектом изучения экономической кибернетики являются сложные динамические системы. Конкретно объектом изучения в нашем случае является сельское хозяйство, которое рассматривается как кибернетическая система, организация и функционирование которой подчинено достижению поставлен-

ных целей по производству сельскохозяйственной продукции с учетом ее качественных и количественных характеристик.

Организационная структура системы сельского хозяйства представляется комплексом взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих различные уровни управления производством.

Кибернетика допускает относительность в выделении систем. В зависимости от цели и задач исследования каждый элемент системы может рассматриваться как система, состоящая из элементов, подсистем. Опять-таки в свою очередь эти элементы являются системами, состоящими из элементов, и т. д. И в то же время каждая система может рассматриваться как элемент суперсистемы. Поэтому при исследовании и выделении уровней управления принципиальным является определение первичной системы с позиций, избранных исследователем в зависимости от цели исследования.

Первичной считается такая система, элементы которой уже не могут с избранных позиций считаться самостоятельными системами. В нашем случае исследование требует, чтобы система «сельское хозяйство» и ее подсистемы, элементы рассматривались с позиции: могут ли они осуществлять намеченную экономическую программу производства, необходимый процесс производства, обеспечивающий эту программу.

С учетом этого требования первичной системой, реализующей установленную экономическую программу, является комплекс, включающий сельскохозяйственного рабочего, обладающего определенными навыками и квалификацией, имеющего предметы труда и орудия производства, с помощью которых он осуществляет процесс труда по определенной технологии (алгоритму его производственной деятельности). Эта первичная система входит как элемент в вышестоящую систему (суперсистему), объединяющую несколько (много) первичных систем. Вышестоящей системой второго порядка может быть названо звено. Несколько звеньев (а там, где их нет, несколько или много сельскохозяйственных рабочих) образуют систему третьего порядка — бригаду. Несколько бригад может быть объединено в отделение или производственный участок — систему четвертого порядка. Пятый порядок может быть присвоен системе «сельскохозяйственное предприятие» (колхоз, совхоз). Система «сельскохозяйственное предприятие» является в свою очередь элементом системы более высокого, шестого порядка — «сельское хозяйство объединения (межхозяйственного, аграрно-промышленного) или района». Седьмой порядок системы — «сельское хозяйство области (края, автономной республики)» состоит из нескольких или многих элементов «сельское хозяйство объединения». Далее можно выделить систему восьмого порядка — «сельское хозяйство республики» и, наконец, девятого порядка — «сельское хозяйство страны».

Естественно, что при других целях сельское хозяйство можно характеризовать с иных позиций и соответственно им выделять порядки системы (уровни управления).

В соответствии с принципами кибернетики организационная структура системы должна строиться с учетом минимизации количества уровней управления, но в каждом случае с учетом возможностей каждой ступени по осуществлению управления производством, близкого к оптимальному.

Такова в общих чертах организационная структура системы «сельское хозяйство» с выделением уровней управления (начиная с седьмого порядка по административному признаку). Но это не единственная возможность выделения и рассмотрения производственных систем (подсистем). Могут быть и другие подходы, например, специализированные тресты, управления, министерства и т. п.

Система, находящаяся в динамическом режиме (функционирующая система), может переходить из одного состояния в другое в течение любого интервала времени. Переход из одного состояния в другое означает, что в системе совершаются преобразования, т. е. происходят процессы преобразования материальных веществ, преобразования энергии, переработки и генерирования информации. Непосредственным объектом управления во всех системах являются только и только процессы функционирования самих систем управления в целом.

Одним из принципиальных отличий экономической системы от других систем как среди живых организмов, так и среди машин является то, что в них всегда в управляющей подсистеме функции регулятора системы осуществляются человеком с привлечением неповторимых свойств его мышления — предвидения и выбора. В зависимости от уровня управления управляющую подсистему может представлять либо один человек, либо человек с определенными техническими средствами, либо несколько лиц, вооруженных техникой по переработке информации. В последнем случае все-таки функции регулятора выполняет одно лицо, а остальные действуют в режиме советчиков. Это очень важное теоретическое положение, которое основывается на выдвинутом В. И. Лениным принципе сочетания коллективности руководства с личной ответственностью за решение по управлению.

Сельское хозяйство как целостная система и ее элементы, представляющие собой системы более низких порядков, являются замкнутыми системами, в которых формирование управляющих воздействий осуществляется человеком, использующим информацию о значении управляемых величин, зарождающуюся в системе. В этой связи в каждой системе, на каждом уровне управления должны циркулировать только те объемы информации, которые обеспечивают характерные для данного уровня управленческие функции.

Предметом изучения экономической кибернетики являются информационные процессы, протекающие в экономических (производственных) системах. Они характеризуют состояние системы, динамику ее развития.

С позиций кибернетики развитие системы протекает по определенной траектории, которая должна вывести ее к намеченной цели. Нормальное развитие системы обеспечивается управлением, т. е. рядом действий, осуществляющих целенаправленное поведение системы при изменяющихся внешних условиях. В процессе исследования на данном этапе мы ограничиваемся изучением только управления экономическими системами, управления происходящими в них процессами производства. Управление в системе «сельское хозяйство» на любом уровне характеризуется как управление вероятностной динамической системой, управление в условиях неполной информации о будущем поведении среды и объекта применительно к наиболее вероятным их характеристикам.

Кибернетика утверждает, что каждый элемент системы, рассматриваемый самостоятельно как система, открыт для информации, поступающей на входы, но замкнут для информации о происходящих в системе преобразованиях. Эта информация внутреннего характера поступает на регулятор данной системы и не выходит за ее рамки. Регулятор системы более высокого порядка может судить о том, что преобразования в системе низшего порядка происходят правильно, только по состоянию ее выходов. Контролируя также входы, он может судить, насколько регулятор низшей системы справляется со своими управленческими функциями. Но если регулятор вышестоящей системы попытался бы проникнуть в систему и вмешаться непосредственно в ход преобразований, то это было бы неправильным, так как, не имея достаточной информации о состоянии системы, он не мог бы эффективно воздействовать на их ход.

Такое построение весьма разумно, если учесть еще одно положение, что каждый регулятор на любом уровне иерархии управления может переработать только строго определенное количество информации. Увеличение ее приведет к тому, что регулятор «захлебнется» в информации, не будет успевать ее перерабатывать и не сможет выдавать информацию управляющих воздействий (кстати, то же происходит, если регулятор не получит достаточно информации или получит ее в искаженном виде). Есть несколько случаев, когда происходит резкое увеличение количества информации в системе. Например, когда по каким-либо причинам системы низшего порядка станут разомкнутыми для информации, тогда суперсистема становится неуправляемой.

Практически эти положения позволяют правильно решить задачу, какую информацию, на каком уровне следует отсекаать и не передавать ее вверх по вертикали, как должна использо-

ваться информация внутри контура системы — звена, бригады, колхоза и т. д., какая информация должна подаваться вверх.

Регулятор системы должен постоянно получать информацию о значениях основных параметров управляемого объекта. В итоге он вырабатывает информацию управляющего воздействия, с помощью которой пытается направить преобразования так, чтобы достичь желаемого исхода и не дать системе отклониться от заданной цели.

Некоторые теоретические положения кибернетики затрагивают вопросы соответствия управляющего объекта управляемому объекту, рассматривают отдельные функции управления в системах. Эти положения дают возможность достаточно четко очертить функции управляющего объекта (регулятора системы) в производственной практике и в связи с этим (что очень важно) определить оптимальные потоки информации, подаваемой на управляющий объект, и рациональные потоки информации управляющих воздействий. Кибернетика позволяет четко реализовать принцип единоначалия, поставить на свои места в процессах управления руководителя производства и лиц, исполняющих функции технологов производства, выполняющих роль обеспечивающих подсистем, выснить функциональные задачи. Кибернетика предполагает, что каждая система должна иметь регулятор, соответствующий совершенно определенным требованиям.

Кибернетика позволяет правильно подойти к решению задачи технического оснащения систем, создания при регуляторе подсистемы по обработке информации. Используя законы движения информации, ее переработки, можно достаточно уверенно создавать техническую базу системы информации, информационно-вычислительной системы и автоматизированной системы управления в сельском хозяйстве.

Основными методами исследований, используемыми экономической кибернетикой, являются методы аналогового моделирования, математического и имитационного моделирования, системного анализа, оценки явлений, метод «черного ящика». Все эти методы применяются как при изучении больших сложных вероятностных систем, так и для построения и обоснования технологии переработки информации, используемой для управления этими системами.

В целях более эффективного использования свойств человека как регулятора системы при обработке информации осуществляют следующие меры. Прежде всего это подача на управляющую подсистему (регулятор) переработанной информации в виде, сокращающем до минимума различные действия, которые должно совершать управляющее лицо для выработки информации управляющих воздействий. Главным образом это освобождение его насколько возможно от действий по предварительной переработке информации. Такое может быть осуще-

ствлено с помощью моделей по переработке информации, сжатию информации, определению наиболее важных параметров, характеризующих объект, путем установления приоритета в обработке информации и другими методами и приемами.

В настоящее время важно не просто принять какое-либо решение по управлению производством, наметить какую-либо цель или какую-либо производственную программу или же принять какое-либо решение по оперативному управлению производством. На данном этапе необходимо принять такое решение, которое было бы наиболее рациональным из всех возможных и осуществлялось в наиболее приемлемые сроки. Это означает, что должно быть оптимизировано управление производством, т. е. управляющее лицо должно при организации работ всегда четко представлять во времени и пространстве, куда должны быть направлены главные усилия, что может задержать нормальные темпы развития производства, как устранить это. При возникновении любых затруднений в организации производства или аварийных ситуаций должно быть принято наиболее целесообразное решение, обеспечивающее выход из создавшейся ситуации с максимальным эффектом (минимальными потерями). При необходимости срочно перестроить все производственные процессы надо четко представлять, как наиболее рационально это сделать. Каждое решение по управлению производством должно быть оптимально не только с позиции данной подсистемы, но и с позиций всей системы сельского хозяйства. Другими словами, необходимо обеспечить оптимальное функционирование всей системы «сельское хозяйство».

Это может быть достигнуто с помощью математических методов количественного анализа, экономико-математических и имитационных моделей. Соответственно должны быть разработаны или подобраны алгоритмы решения всех задач по перечисленным моделям, составлены программы для электронно-вычислительных машин и проекты для другой вычислительной техники, реализующие алгоритмы решения.

Целью экономической кибернетики является обоснование принципов, методов и комплекса технических средств, обеспечивающих повышение производительности труда людей, занятых в процессе управления производством, и как итог — получение при управлении сельским хозяйством наибольшего эффекта с учетом принятой оценки — экономического показателя качества.

Организационной формой, объединяющей все эти принципы, методы, технические средства и людей, принимающих решения по управлению производством, является автоматизированная система управления сельским хозяйством.

Под такой системой понимается организационная в определенной структуре совокупность человеческих коллективов, административных и экономических принципов, экономико-мате-

матических моделей прогнозирования, оптимального планирования и оперативного управления, информационно-логических моделей обработки информации, алгоритмов решения сформированных по этим моделям задач, алгоритмов накопления и поиска информации, средств электронно-вычислительной и другой быстродействующей счетной техники, различных устройств, предназначенных для сбора, накопления, хранения, передачи, обработки, поиска и обновления информации. Эта совокупность должна быть организована так, чтобы обеспечить необходимой и понятной информацией людей, осуществляющих управление производством на каждом уровне системы «сельское хозяйство», обеспечить им выработку наиболее рациональных решений и довести выработанную информацию управляющих воздействий до объектов управления, а также осуществить контроль за действенностью принятых решений.

В этом заключается значение кибернетики как науки, в этом состоит ее вклад в дело совершенствования управления сельскохозяйственным производством и достижения на этой основе более полного и рационального использования всех возможностей социалистического сельского хозяйства для выполнения возложенных на него задач по производству сельскохозяйственной продукции.

На современном этапе решение проблемы управления должно осуществляться с учетом основных идей, принципов и закономерностей кибернетики, в частности специфических для экономической кибернетики. Поэтому в высших сельскохозяйственных учебных заведениях для экономических специальностей, так же как и в других высших учебных заведениях страны, введен курс «Основы кибернетики (основы экономической кибернетики)». Задача этого курса — дать основные знания в области кибернетики, показать возможности ее применения.

Весь курс (лекции, семинары и практические занятия) состоит из пяти разделов. В разделе I излагаются понятия, связанные с объектом исследования кибернетики — системами, раскрывается содержание экономических систем.

Раздел II знакомит с предметом исследований кибернетики — информационными процессами, дает основы теории информации, понятие экономической информации.

Раздел III посвящен методам исследования, используемым экономической кибернетикой.

В разделе IV даны основы теории управления; показана сущность и основные понятия управления, даны теория автоматического регулирования и принципы управления.

Наконец, в разделе V раскрывается содержание цели, которая может быть достигнута на основе использования принципов и закономерностей кибернетики — совершенствование управления на базе создания автоматизированных систем управления.

РАЗДЕЛ I

СИСТЕМЫ

Г л а в а 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ

Определение системы. Кибернетика — наука об управлении сложными динамическими системами. Объектом изучения этой науки являются системы любой природы, способные воспринимать, хранить и перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования.

Система (с греческого: составленное из частей, соединение) является одним из основных понятий кибернетики. Краткое понятие «система» может быть определено как упорядоченная совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих различных элементов.

Полный комплект частей, из которых можно собрать трактор, не представляет собою систему. Составленные в одно целое они образуют систему «трактор»; различные части представляются в этой системе как ее элементы. Отдельно засеянные поля не представляют собой систему «севооборот», пока не будут определенным образом и порядком увязаны чередованием культур по полям севооборотов. Отдельные сельскохозяйственные рабочие могут составлять производственную систему «бригада», если они будут взаимодействовать для достижения определенной цели.

Различают три вида связи между элементами системы: механическую (когда связь между элементами осуществляется путем обмена усилиями), трофическую (обмен энергией), сигнальную (обмен сигналами, информацией). Возможно выделение системы, элементы которой взаимосвязаны только одним из названных видов связи.

Основные признаки системы. Важнейшим признаком системы является то, что составляющие ее элементы образуют во взаимосвязи единое целое с качественно новыми свойствами.

Учитывая этот признак, следует дать понятию «система» следующее определение: *система есть упорядоченная совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, закономерно образующих единое целое, обладающее свойствами, отсутствующими у элементов и отношений, его образующих.*

Отдельные элементы системы объединены между собой причинно-следственными связями. Это означает, что изменение одного (нескольких) элемента или же одной (нескольких) связи между элементами влечет за собой изменение других элементов и связей (не обязательно всех элементов и всех связей между ними). Теснота (степень) связности совокупности элементов между собой и с другими элементами (внешними элементами, элементами внешней среды) является критерием выделения этой совокупности в систему. Чем теснее эти элементы увязаны между собой и чем слабее их связь с окружающими элементами, тем больше оснований рассматривать их как систему. Системы, как правило, переходят из одного состояния в другое в течение любого интервала времени. Это означает, что системы функционируют. Если такие переходы совершаются в обозримый интервал времени, то система называется динамической.]

Экономическая кибернетика рассматривает сельское хозяйство как целесообразную систему, представленную комплексом взаимоувязанных элементов в виде производственных систем, функционирование которой обеспечивает выполнение намеченной экономической программы производства сельскохозяйственной продукции.

Разделение систем относительно. Эта относительность проявляется в следующем. Каждая система может характеризоваться и изучаться с различных позиций, что определяется точкой зрения исследователя. Сельское хозяйство можно характеризовать и изучать как биологическую систему, элементы которой — растения, животные; как производственную систему с элементами — отраслями производства; как экономическую систему, элементами которой являются объекты, подразделения, выполняющие заданную экономическую программу производства, и т. п.

И наконец, каждая система может быть представлена как элемент более общей суперсистемы (системы более высокого ранга, порядка). И в то же время элементы или группы элементов данной системы в известных условиях можно рассматривать как системы. Группы элементов, рассматриваемые как системы более низкого ранга, выделяются с учетом относительно устойчивого порядка внутренних отношений между элементами системы, с учетом внутренней структуры системы.

Система «сельскохозяйственное предприятие» может рассматриваться как элемент суперсистемы «трест» или суперсистемы «сельское хозяйство объединения (межхозяйственного, аграрно-промышленного) или района». Учитывая внутреннюю структуру системы «сельскохозяйственное предприятие», в качестве само-

стоятельных можно изучать структурные объединения «бригада», «ферма».

Кибернетика предполагает, что при изучении конкретных систем необходимо точно определить свою точку зрения на систему и с этой позиции попытаться рассмотреть иерархию систем.

Такая точка зрения облегчает очерчивание границы исследуемого объекта, но не его изучение. Математическая зависимость количества элементов системы и максимального числа возможных связей между ними выражается как $V = n(n-1)$, где n — количество элементов системы. Количество элементов системы и максимальное число возможных состояний системы выражается зависимостью $H = 2^{n(n-1)}$ (если определить состояние системы видом цепи, в которой каждая из связей есть или нет). Эти зависимости показывают, что с увеличением количества элементов резко возрастает число возможных состояний системы. Так, если в системе из двух элементов $V=2$, $H=4$, в системе, где $n=3$, $V=6$, а $H=64$, то в системе из четырех элементов $V=12$, а $H=4096!$ Сельское хозяйство состоит из огромного числа элементов, и соответственно число возможных различных состояний настолько велико, что изучение их без каких-либо упорядочивающих методических приемов очень сложно. Таким методическим приемом кибернетики является группировка элементов системы соответственно ее внутренней структуре с выделением самостоятельных систем. Они рассматриваются, изучаются как системы определенного уровня, расположенные в иерархической соподчиненности с позиций организационного построения.

Иерархия систем. Первичной системой принято считать такой элемент или совокупность элементов системы, которые не допускают их дальнейшее расчленение без потери основного качества всей системы с учетом избранной исследователем точки зрения.

Сельское хозяйство рассматривается с позиций экономической кибернетики как система, обеспечивающая реализацию экономической программы производства. Следовательно, первичной системой, способной реализовать установленную экономическую программу, нужно считать систему *«сельскохозяйственный рабочий, имеющий определенные навыки, квалификацию, опыт; предметы труда, над которыми он трудится; технологию производства (алгоритм его производственной деятельности); орудия производства, с помощью которых он осуществляет процесс труда»*. Элементы этой системы не могут быть представлены как самостоятельные системы без изменения точки зрения исследователя.

Система второго уровня (порядка) объединяет две и более первичные системы; третьего уровня (порядка) — две и более системы второго уровня и т. д. При выделении систем второго,

третьего и дальнейших порядков исходят из следующих принципиальных положений:

разделение системы на внутренние подсистемы происходит так, чтобы общая целенаправленность функционирования всей системы сохранялась;

выделение внутренних подсистем осуществляется с учетом возникновения некоторых особых характеристик для каждого из выделяемых уровней;

количество выделяемых уровней должно быть минимальным, но не должно затруднять (осложнять) изучение систем каждого уровня.

В сельском хозяйстве системами второго уровня (порядка) являются звенья, третьего — бригады, фермы, четвертого — отделения, цеха, производственные участки, пятого — колхоз, совхоз, шестого — сельское хозяйство района, межхозяйственные объединения и т. д., пока предпоследние по порядку системы не будут объединены в систему самого высокого порядка — сельское хозяйство в целом. Иерархическое построение систем как методический прием в кибернетике позволяет успешно решать многие практические вопросы, связанные с совершенствованием управления в отрасли.

Сложные взаимосвязи в окружающем нас мире сделали необходимой концепцию больших систем, т. е. систем со сложной структурой. К большим системам относят такие, которые невозможно исследовать без расчленения на отдельные системы и расположения их в определенной иерархии по выделенным уровням. Расчленение системы позволяет рассматривать большую систему последовательно по отдельным частям, по уровням.

Этот методический прием расчленения на подсистемы как системы более низкого иерархического уровня не нарушает целостности функционирования всей системы благодаря управлению.

Классификация систем. Кибернетика как наука не рассматривает подробно все возможные системы. Чтобы показать, какие именно системы являются объектом изучения кибернетики, проводят классификацию систем по обусловленности их действия и по степени их сложности.

По обусловленности действия различают системы с детерминированным действием и системы со случайным (вероятностным, стохастическим) действием.

В детерминированной системе составляющие ее элементы и связи между ними взаимодействуют точно предвиденным образом. При ее исследовании не возникает никакой неопределенности. Если известно состояние системы и программа ее перехода в другое состояние, то всегда можно точно описать это другое состояние. С позиций управления детерминированные системы не представляют интереса.

В случайной (вероятностной, стохастической) системе составляющие ее элементы и связи между ними взаимодей-

ствуют таким образом, что нельзя сделать точного, детального предсказания ее поведения, утверждать о последовательности состояний. Такая система всегда остается неопределенной, и предсказание о ее будущем поведении никогда не выходит из рамок вероятностных категорий, с помощью которых это поведение описывается. С позиций управления случайные системы представляют особый интерес, так как такие системы чаще всего встречаются в производственной практике.

По степени сложности различают простые, сложные и очень сложные системы.

Простыми принято считать системы, не имеющие разветвленной структуры (нельзя выделить иерархические уровни), с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции. Эти системы, а также их динамизм (изменение во времени) легко поддаются описанию.

Сложными считают системы с разветвленной структурой и значительным количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих более сложные функции. Высокая степень связности элементов в сложных системах приводит к тому, что изменение какого-либо одного элемента или связи влечет за собой изменение многих других элементов системы. В сложных системах возможно наличие нескольких разных структур, нескольких разных целей. Но все же конкретное состояние сложной системы может быть описано.

Очень сложными системами принято считать такие системы, состояние которых по тем или иным причинам до сих пор не удается подробно и точно описать. Невозможность описания связана со многими причинами, например: для описания требуется больше времени, чем то, которым располагают между сменами состояния; современный уровень знаний (или уровень знаний исследователя) недостаточен для проникновения в существо связей системы либо они непонятны и т. п.

Комбинируя различия систем по обусловленности действия и по степени сложности, выделяют шесть типов систем, которым можно дать следующие определения.

1. Простая система с детерминированным действием содержит мало элементов и взаимных связей, система легко описывается, и ее динамическое действие легко предсказать. Например, автоматическая поилка, выключатель.

2. Сложная система с детерминированным действием имеет разветвленную структуру, много элементов со сложными связями, доступна в описании, смену ее состояний возможно предсказать. В подобных системах каждое отклонение от заранее предсказанного действия является ошибкой, свидетельствующей о порче системы. В качестве примера подобных систем можно назвать трактор, инкубатор, электронно-вычислительную машину.

3. Очень сложные системы с детерминированным действием практически не поддаются описанию, хотя и встречаются в жизни. Точно относящийся к таким системам пример подобрать трудно, если не учитывать ограничений по времени и по знаниям. Снятие этих ограничений очень сложные системы переводит в разряд просто сложных систем. Примером очень сложных систем являются галактики в мировом пространстве. Их поведение детерминировано (исключая возможность катаклизма), можно на сотни лет предвидеть смену их состояний, хотя в некоторых случаях описать все элементы не представляется возможным.

4. Простые системы со случайным действием легко описываются в статическом состоянии (в период между сменами состояний). Их поведение в динамическом режиме возможно предсказать с привлечением теории вероятностей.

5. Сложные системы со случайным действием еще поддаются общему описанию в статике, фотографическому описанию. Но их развитие невозможно точно предсказать. К подобным системам можно отнести откорм скота, сельскохозяйственное предприятие, если его рассматривать как систему получения доходов, прибыли.

6. Очень сложные системы со случайным действием практически невозможно ни описать, ни предсказать точно их развитие. Используя мощный исследовательский аппарат (методы математической статистики, методы моделирования и др.), в известной мере доступно предположить управление переходом от одного состояния системы к другому. Но полностью предсказать всю цепь переходов невозможно. К таким системам относятся отрасли народного хозяйства, живые индивидуумы на протяжении всего цикла их развития, мозг человека.

Хотя в практике трудно установить границы между этими типами систем, такое методическое разделение даёт четкое представление о том, изучением и описанием каких систем занимается кибернетика.

Кибернетика занимается только динамическими системами, т. е. проявляющими себя в действии. Это — системы второго, третьего, пятого и шестого типов. Наибольший интерес проявляет кибернетика к тем системам, действия которых имеют качества определенности, регулярности (с позиций подчинения определенным закономерностям), воспроизводимости (действие может быть вызвано снова) и целесообразности (не хаотичные, а ведущие к достижению поставленной цели, выражаемой через условно-конечное состояние).

Экономическая кибернетика изучает в основном системы, относящиеся к пятому и шестому типам.

3 Взаимодействие систем с внешней средой. Кибернетика рассматривает систему как относительно замкнутую часть какой-либо среды. Эта внешняя среда увязана с данной системой

входами, посредством которых внешняя среда оказывает влияние на состояние системы, и выходами, путем которых система оказывает влияние на внешнюю среду. Таким образом, входы и выходы — это пути, по которым среда воздействует на систему, а система на среду, что обеспечивает их взаимодействие. При анализе взаимодействия можно представлять внешнюю среду как нечто единое, оказывающее действие на систему и воспринимающее ее влияние. Но при необходимости (с точки зрения исследователя) в среде возможно различать множество систем, взаимно связанных входами и выходами. Система может также действовать на саму себя, если некоторые из ее выходов становятся одновременно входами.

Состояние входов называют также импульсами, выходов — реакциями. Под состоянием здесь понимается какое-либо точно определяемое условие или свойство, которое можно различить как только оно снова появится.

Уровень знаний, обеспечивающий изучение данной системы (так называемый разрешающий уровень), характеризуется тем, как различаются импульсы и реакции, относящиеся к системе. Наивысший разрешающий уровень — это такое различие входов и выходов, при котором каждый вход соответствует единственному точно определенному импульсу, а каждый выход — единственной точно определенной реакции, и такое различие, при котором каждый импульс действует или не действует, реакция появилась или нет (при этом может быть любое общее количество входов и выходов). Самый низкий разрешающий уровень предполагает, что в исследуемой системе различается только один вход и один выход. Через этот единственный вход действуют все возможные импульсы любой природы; через единственный выход — все реакции. При этом предполагается, что на систему действует более одного импульса, приводящего к более чем одной реакции.

Особенность кибернетики как науки состоит в том, что при наблюдении системы изучается, что происходит, а не почему это происходит. Исследования, какие импульсы вызывают реакции, позволяют в итоге раскрыть действие системы.

Реакции имеют характер зависимых переменных, импульсы — независимых, т. е. реакции являются функцией импульсов.

В практике выделяют системы естественные, в создании которых человек не принимал участия, и системы искусственные, спроектированные и составленные человеком из материальных элементов, увязанных какими-либо видами связи.

И естественные, и искусственные системы подвергаются на входах импульсам, имеющим материальный, энергетический и информационный характер. Входы (реакции) системы также различаются по своему материальному, энергетическому и информационному характеру. Иными словами, входы и выходы

систем могут быть материальные, энергетические и информационные, т. е. в процессе взаимодействия системы с внешней средой происходит присвоение и передача вещества, энергии и информации. По мере повышения организованности и изменения структуры системы способны превращаться из обычных материальных и энергетических в системы, которые могут использовать информацию для дальнейшего повышения своей организованности, т. е. возникает способность использования информации в целях управления.

Принято различать системы замкнутые и открытые,

Если исходить из того, что имеются относительно обособленные системы, которые связаны со средой по меньшей мере одним входом и одним выходом, то можно допустить, что абсолютно обособленная система не имеет внешних связей и является замкнутой. Иными словами, система называется замкнутой тогда и только тогда, когда для любого ее элемента существует эффективный процесс идентификации, отнесения к данной системе. Оценка замкнутой системы не зависит от характеристики окружающей ее среды (относящейся к определенному классу сред). В этом случае элементы системы взаимодействуют лишь внутри системы.

В открытых системах элементы, имеющие внешние связи, могут быть отнесены либо к системе, либо к внешней среде (другой системе). Типичным примером открытых систем являются системы, реагирующие на исследование существенным изменением своего поведения (самоприспосабливающиеся и самоорганизующиеся системы), и системы, которые при воздействии на них со стороны исследователя в свою очередь воздействуют на исследователя.]

Объектом изучения кибернетики являются динамические системы, т. е. рассматривается смена состояний системы во времени. Изменяющиеся элементы системы рассматриваются как переменные величины. Если эти переменные величины допускают их измерение и представление в виде конкретных чисел, то можно получить конкретную оценку состояния системы. Эта оценка отражает количество информации, содержащейся в системе, т. е. то, что можно узнать о ней.

Допустим, что в какой-то период t_0 изучаемая система характеризуется набором величин x_1, x_2, \dots, x_n (где n — количество элементов системы). При переходе системы из одного состояния в другое в некотором интервале времени (t_0, t_n) значение величин будет меняться и предстанет как $x_1(t_1), x_2(t_2), \dots, x_n(t_n)$. Эти величины принято называть характеристиками состояний системы. Для характеристики состояния системы нет необходимости привлекать значения всех переменных величин (всех изменяющихся элементов системы). В зависимости от цели исследования рассматривают только изменения существенных переменных, тогда как остальные представляют как несущ-

ществленные переменные. Изменение цели исследований может изменить это деление и перевести часть переменных, ранее считавшихся несущественными, в существенные, и наоборот.

Разделение переменных на существенные и несущественные, характеризующие состояние системы, имеет большое практическое значение. Чем тщательнее, исходя из цели функционирования системы, будут отобраны существенные переменные, тем реальнее можно выделить характеристики состояний системы и в итоге оказывать более эффективное воздействие на систему.

Подчеркиваем, что входы и выходы системы рассматриваются так же, как элементы системы, и в зависимости от значимости проходящих импульсов и реакций также рассматриваются в числе существенных и несущественных переменных.

Трансформация. *Переход системы от исходного состояния (или множества исходных состояний) в последующее состояние (или множество последующих состояний), а также изменение состояний, происходящее в течение определенных промежутков времени на входах или выходах системы, называется трансформацией (преобразованием).*

Трансформациями можно выразить последовательность во времени импульсов на входах системы, реакций на выходах системы и также зависимость реакций от импульсов.

Состояние системы и ее трансформации могут быть выражены различными способами. Чаще других используют моделирование путем словесного описания, общей формы, матричной формы, кинематического графика, математических и логических формул.

Для показа отдельных способов записи в качестве примера возьмем систему «полеводческая бригада».

Система «полеводческая бригада» последовательно проходит в течение сельскохозяйственного года следующие смены состояния (укрупненные): подготовка к весеннему севу, весенний сев, уход за посевами, уборка урожая, вспашка зяби, в последующем сельскохозяйственном году — подготовка к весеннему севу и т. д. Состояние системы в данном случае выражено путем словесного описания.

Общая форма трансформации описывает процесс сельскохозяйственных работ как процесс перехода от множества первоначальных состояний к множеству последующих, осуществляемый в течение времени.

Примем обозначения: подготовка к весеннему севу — a ; весенний сев — b ; уход за посевами — c ; уборка урожая — d ; вспашка зяби — e .

Тогда общая форма записи примет вид:

$$\begin{array}{c} | a \quad b \quad c \quad d \quad e \\ \downarrow b \quad c \quad d \quad e \quad a' \end{array}$$

где стрелка означает направление перехода.

При описании трансформации путем матричной формы переходы от одного состояния к другому обозначают единицами на полях матрицы (табл. 1).

Способ записи с помощью кинематического графика показан на рис. 1. Последовательность переходов в кинематическом графике изображается стрелками между исходным и последующим состоянием.

Математические и логические формулы используются для изображения характеристики качественного изменения трансформации (но не отображения качественного изменения состояний, как это было сделано в четырех представленных способах записи).

Таблица 1

		Исходные состояния				
		a	b	c	d	e
Последующие состояния	a	-	-	-	-	I
	b	I	-	-	-	-
	c	-	I	-	-	-
	d	-	-	I	-	-
	e	-	-	-	I	-

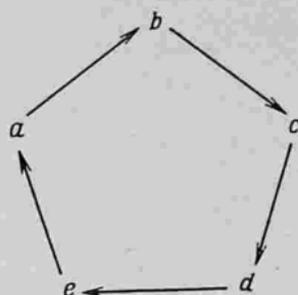


РИС. 1.
Кинематический график

Общей формулой такой записи может быть $T: \downarrow \begin{pmatrix} n \\ n' \end{pmatrix}$ или $n' = f(n)$, где n — исходное состояние, а n' — последующее состояние.

Этот способ записи позволяет объяснить основную операцию при трансформации, или степень трансформации. Введем еще значение коэффициента, указывающего на размеры изменений величины, характеризующей исходное и последующее состояния (коэффициент k).

Тогда, если $n' = kn$ и $n'' = kn'$, подставляя значение n' , получим: $n'' = k \cdot kn = k^2n$.

Из этого можно сделать вывод, что, зная k и исходное состояние n для определенного интервала времени t , можно вычислить последующее состояние: $n_t = k^t n$.

5) **Пространство состояний системы.** Состояние системы характеризуется некоторой совокупностью переменных. Эту совокупность можно рассматривать как координаты точки в n -мерном пространстве (гиперпространстве). Его принято называть пространством состояний системы. В том случае, если совокупность переменных имеет численное значение, каждому состоянию системы соответствует определенная точка. Рассматривая процесс

функционирования системы, последовательную смену ее состояний и определяя соответствующие им точки, можно получить траекторию ее поведения. *Пространство, в котором проходит траектория развития системы, называется фазовым пространством, а найденная траектория — фазовой траекторией.* В двумерном пространстве фазовая траектория системы описывается вектор-функцией $z(t)$ с составляющими по осям координат $z_1(t_1), z_2(t_2), \dots, z_n(t_n)$.

Число измерений пространства состояний системы равно числу переменных, определяющих ее состояние. Разность между количеством переменных и количеством связей между ними определяет количество степеней свободы системы, оно показы-

вает количество независимых переменных.

Представление смены состояний системы в виде траектории в определенном фазовом пространстве имеет определенный интерес в связи с их легкой обозримостью.

Управляемая система.

Экономическая кибернетика определяет в качестве объекта изучения

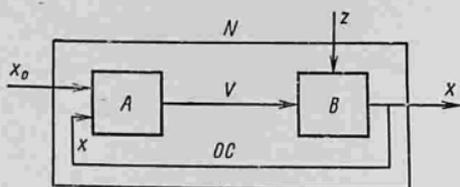


РИС. 2.

Схематическое изображение управляемой системы

сложные и очень сложные вероятностные системы (со случайным действием). Поэтому целенаправленное развитие подобных систем нуждается в управлении, а сами системы этих двух классов называются управляемыми системами.

В каждой управляемой системе можно выделить две подсистемы — управляемую и управляющую V, связанные между собой по меньшей мере двумя каналами связи.

На рис. 2 представлено схематическое изображение управляемой системы.

Пусть x_0 характеризуется вход, задающий цель функционирования управляемой системы N. Поступает x_0 на управляющую подсистему A, которая вырабатывает управляющие воздействия (командную информацию) V, поступающие на управляемую подсистему B. К управляющим относятся такие воздействия, которыми можно сознательно распоряжаться и изменять их для приведения системы в желаемое состояние. Кроме управляющих на систему поступают также другие существенные воздействия, которыми распоряжаться не представляется возможным. Это так называемые возмущающие воздействия (на схеме это вход z).

Управляющие воздействия (командная информация) должны быть таковы, чтобы, несмотря на возмущения z, результаты процессов x в управляемой системе N (выходы системы) возможно

ближе соответствовали цели x_0 . Это достигается тем, что на управляющую подсистему все время поступает осведомительная информация ОС, которая позволяет при сопоставлении параметров x_0 с x вырабатывать более целесообразные управляющие воздействия.

С позиций кибернетики управление можно охарактеризовать как такое целевое воздействие исполнителя (управляющей подсистемы) на объект функционирования (управляемую подсистему), при котором управляемая система переходит из множества разных возможных ее состояний в такое состояние, при котором достигается определенная требуемая (задаваемая) цель. Иными словами, это ограничивает множество состояний системы единственным, причем целевым.

Из сказанного можно вывести некоторые главные условия существования управляемой системы.

1. Должна существовать организованная система, в которой можно выделить хотя бы два элемента с отнесением их к управляющей подсистеме и управляемой подсистеме.

2. Каждая из двух выделенных подсистем должна быть динамичной, т. е. допускать возможность появления нескольких (многих) состояний.

3. Между управляющей и управляемой подсистемами должно быть обязательное наличие причинно-следственных связей (прямая и обратная связь).

4. Должна быть задана цель, достижение которой является функцией организованной управляемой системы, и должно быть известно, что в множестве возможных состояний системы имеются такие (такое), при которых достигается заданная цель.

5. Управляемая система должна располагать известной степенью свободы действий, которые позволяют ей переходить в множество возможных состояний. Ограничение этого множества одним из состояний, наиболее обеспечивающим достижение поставленной цели, является функцией управляющей подсистемы.

6. Управляемая подсистема должна способствовать достижению заданной цели (т. е. некоторые элементы из данного множества действий должны иметь характер целевых действий) и располагать параметрами, путем воздействия на которые определенными импульсами можно изменять состояние системы и вызывать требуемое действие.

7. Управляющая подсистема должна быть способной управлять управляемой подсистемой, т. е. производить целевое воздействие на те ее входы, на которых импульсы определяют ее целевое действие, и получать информацию о состоянии управляемой подсистемы (о ее действиях).

8. Управляющая подсистема должна иметь на своих входах всю необходимую информацию для принятия решения об управ-

ляющем воздействии, т. е. информацию о цели, о состоянии управляемой подсистемы и об алгоритме (программе) управляющего воздействия. Эта информация должна быть получена одновременно, для того чтобы управляющее воздействие смогло оказать эффективное влияние на управляемую подсистему.

Схема, приведенная на рис. 2, дает общее представление о структурном построении и связях управляемой системы. Но такая укрупненная схема не дает возможности рассмотреть внутреннюю структуру управляемой и управляющей подсистем, что

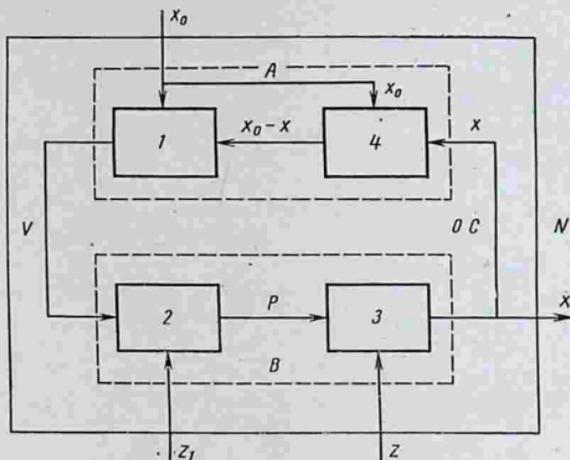


РИС. 3.
Структурное построение управляемой системы

имеет особое значение для более глубокого проникновения в процессы управления.

На рис. 3 представлена схема, в которой внутри подсистем выделено по два блока. Цель функционирования системы N задана в виде x_0 . Через входы системы x_0 поступает в блок 1 управляющей подсистемы (A) — управляющий орган, а также в блок 4 — измерительный орган. Выработанное в блоке 1 управляющее воздействие поступает в блок 2 управляемой подсистемы (B), который представляет исполнительный орган. В свою очередь блок 2 передает информацию исполнительного воздействия (P) блоку 3, представляющему управляемый объект. Этот объект, функционируя, избирает под результатом воздействия такое состояние, которое обеспечивает получение желаемого результата x , близкого к x_0 . На блоки 2 и 3 оказывается возму-

шающее воздействие (z, z_1). Задача исполнительного блока выдать такой импульс, чтобы управляемый объект достиг поставленной цели. Но это не всегда возможно, особенно если импульс V не обеспечивает желаемой реакции. В этих целях осведомительная информация о реальных параметрах x поступает на блок 4 подсистемы A , в котором уже содержится значение параметра x_0 . Происходит сравнение x_0 и x , и на блок 1 поступает информация об истинном значении отклонения. Блок 1 осуществляет некоторую корректировку управляющего воздействия, на блок 2 попадает уточненный импульс V , принуждающий блок 3 уточнить свою программу в целях максимального сокращения разности $x - x_0$.

Используя эту схему, можно охарактеризовать взаимодействие с внешней средой как совокупность трех групп взаимосвязанных процессов, без которых ни один организм, который представляется как кибернетическая система, не может существовать.

Первая группа — процесс добычи в B некоторых веществ из внешней среды, их переработка, частичное запасание (присвоение) и возврат остальной части внешней среде.

Вторая группа — процесс получения и присвоения некоторых видов энергии из внешней среды, их преобразование, частичное запасание и возврат остальной части внешней среде. Сюда же относятся внутренние процессы генерирования различных видов энергии (мышечной, электрической, световой и т. п.) за счет превращения некоторой доли присвоенных организмом (системой) веществ.

Третья группа — процессы в A : а) добыча (восприятие) организмом информации из внешней среды, переработка и частичное ее накопление внутри организма; б) генерирование внутренней осведомительной и командной информации, обеспечивающей выполнение организмом процессов существования и развития.

Кибернетику интересует главным образом третья группа процессов, обеспечивающих существование систем (строго говоря, эта группа процессов требует для ее реализации добычи и присвоения некоторых веществ из внешней среды, а также некоторых видов энергии).

Экономическая кибернетика рассматривает информационные процессы, протекающие в управляемых системах, в которых должны быть решены по меньшей мере три задачи:

выполнение программ (если значение управляемых величин изменяется во времени заранее заданным способом);

слежение (когда изменение заданных величин заранее неизвестно, но нужно добиться, чтобы как можно более было обеспечено соответствие $x(t)$ и $x_0(t_0)$);

оптимизация (достижение оптимального значения коэффициента полезного действия системы).

Сложные системы могут рассматриваться и изучаться не только относительно их подсистем — управляемой и управляющей, но и относительно составляющих их элементов, представляемых как части системы, подсистемы, системы более низкого порядка (относительно общей системы, определяемой как суперсистема), и связи этих элементов, т. е. соединения, которыми создаются между ними отношения. Изучение составляющих

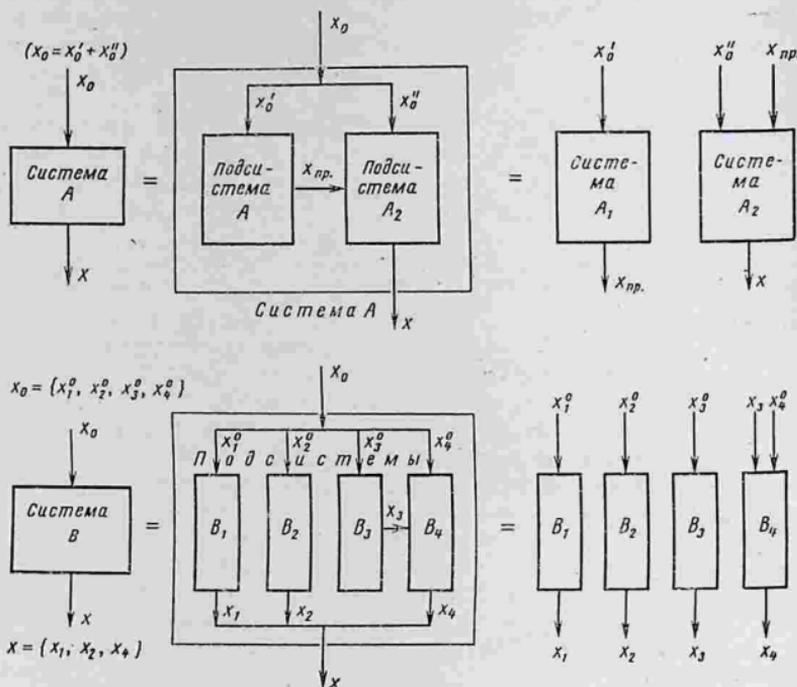


РИС. 4.
Процесс дифференциации систем

элементов и их связей одновременно позволяет определить структуру систем. Наиболее удобно изображать структуру системы в виде структурной (организационной) модели, построенной по определенным формальным правилам.

При изучении и организации управляемых систем существуют два подхода — дифференциация систем и интеграция систем.

Процесс дифференциации систем заключается в том, что в изучаемой системе различаются отдельные элементы (подсистемы), из которых она состоит, и их связи, а затем этим элементам придается самостоятельность как отдельным системам.

Этот процесс может быть представлен следующими структурными моделями (рис. 4).

В системе *A* выделено две подсистемы, увязанные между собой выходом-входом $x_{пр}$. (промежуточный). В целях удобства изучения подобную систему можно рассматривать как две самостоятельные системы со значительной обособленностью.

В системе *B* изучение дало возможность выделить практически независимые подсистемы с определенной самостоятельностью (за исключением B_3 , повторяющей вариант системы *A*). Эту систему можно дифференцировать на четыре вполне самостоятельных системы. Намеченные внутренние связи (между

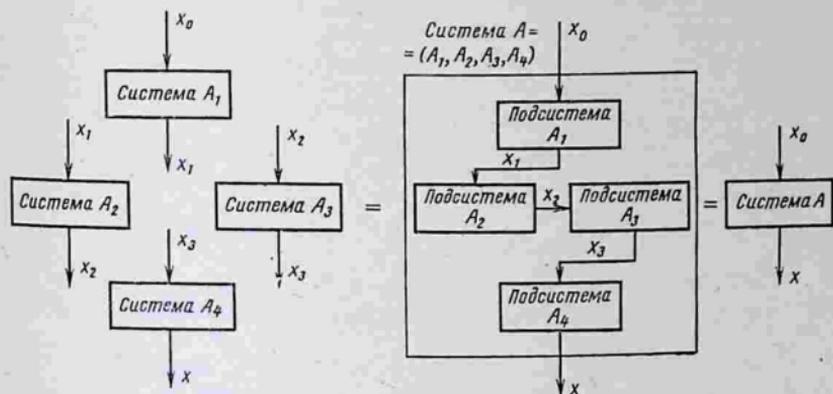


РИС. 5.
Процесс интеграции систем

B_1 и B_2 , B_2 и B_3) несущественны, и при отдельном рассмотрении систем они могут быть игнорированы.

Следует подчеркнуть, что дифференциация систем, относящихся к объектам изучения экономической кибернетики, возможна только тогда, когда в каждой из выделенных самостоятельных управляемых систем можно четко очертить управляющую и управляемую подсистемы.

В системе «сельскохозяйственное предприятие» можно дифференцированно рассматривать такие структурные подсистемы, как «растениеводческое и животноводческое отделения (цеха)», или же отдельно такие структурные объекты, как бригады, фермы и т. п.

Процесс интеграции систем является обратным процессом дифференциации. Целесообразно создавать и изучать интегрированные системы в том случае, если между отдельными системами, которые предполагается объединить в суперсистему, имеются тесные сильные связи следующего характера (рис. 5).

Связь систем (элементов) осуществляется соединением выхода одной системы (элемента) со входом другой. При таком

соединении вход делается функционально зависимым от выхода в той же связи.

Это можно показать на примере взаимосвязи двух систем (рис. 6).

На рис. 6 видно, что реакция x' системы A на импульс x_0 является одновременно импульсом для системы B , в которой возникает реакция x . Так как реакция x является функцией импульса x_0 , т. е. $x' = fA(x_0)$, а реакция x является функцией импульса x' , т. е. $x = fB(x')$, то реакция x также является сложной функцией импульса x_0 , т. е. $x = fB[fA(x_0)]$.

Из этого можно сделать вывод, что действие системы B функционально зависит от действия системы A . Представим, что импульс x_0 действует во время t_0 , реакция x_1 появилась в t_1 , импульс x_2 оказал воздействие в t_2 и реакция x_3 появилась в t_3 , тогда время $t_3 - t_0$ является временем реакции системы (простой, сложной) называют время, которое пройдет от момента появления решающего (существенного) импульса на ее входах до момента появления реакции на определенном выходе.

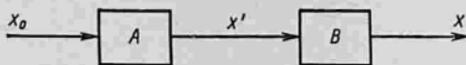


РИС. 6.
Взаимосвязь двух систем

В сельском хозяйстве чаще встречаются с соединением систем — интеграцией. Горизонтальная интеграция происходит при развивающейся специализации однородных систем, в свою очередь оказывая сильное влияние на осуществление этой специализации. Только углубленная специализация отдельных элементов объединенной системы позволяет решить сущность интеграции (естественно, что интегрирование подобного рода относится к уже организованным сельскохозяйственным предприятиям, а не к объединению индивидуальных хозяйств в крупные современные сельскохозяйственные предприятия). Процесс углубления специализации окажет значительное влияние на укрепление связей между отдельными элементами суперсистемы.

Интеграция систем в сельском хозяйстве происходит также по вертикали, когда соединяются между собой системы, связанные в процессе производства и обращения.

Виды связей в системах. В управляемых системах применяются различные виды связей. Существует два основных вида связи — прямая и обратная. Рассмотрим некоторые из них, с тем чтобы можно было легче ориентироваться в структурных моделях систем.

1. Основные незамкнутые связи: прямая (простая) связь (a); параллельная связь распределительная (b); параллельная связь соединяющая (c); последовательная связь (d между системами $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$); непрямая связь (d между системами A и C ,

А и D, В и D); параллельная связь разветвляющаяся (e) и др. (рис. 7).

2. Основные замкнутые связи возникают с помощью так называемой обратной связи. Принцип обратной связи является

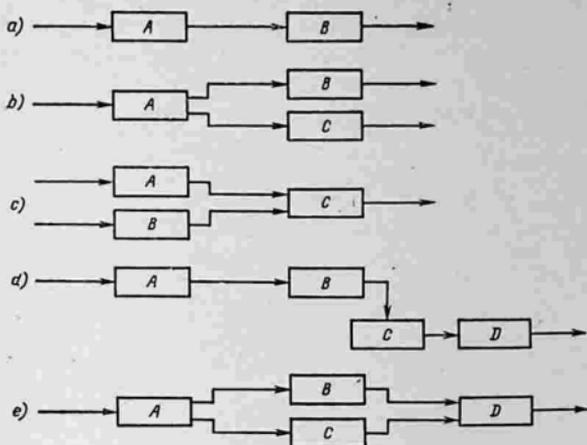


РИС. 7.
Виды прямых связей в системах

одним из основных принципов кибернетики. Сам по себе (с позиции его организации, но не содержания) этот принцип достаточно прост. Поясним его на следующем примере.

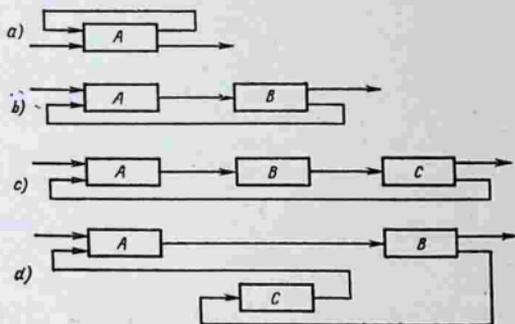


РИС. 8.
Основные виды обратных связей в системах

Установлено, что под воздействием определенного импульса x_0 система P должна перейти к состоянию, обеспечивающему реакцию x . Возможно, что величина x_0 установлена недостаточно точно, и в результате на выходе не будет получен желае-

мый исход; возможно, что на систему P кроме управляющих будут оказывать влияние переменные возмущающие воздействия. Тогда на выходе системы снимается информация о значении величины x и с помощью обратной связи передается на управляемую подсистему. Управляемая подсистема, зная функцию $x=f(x_0)$ и истинное значение выходной величины, осуществляет необходимую корректировку, ослабляющую или усиливающую импульс x_0 , с тем чтобы система оказалась в состоянии обеспечивать желаемый исход x .

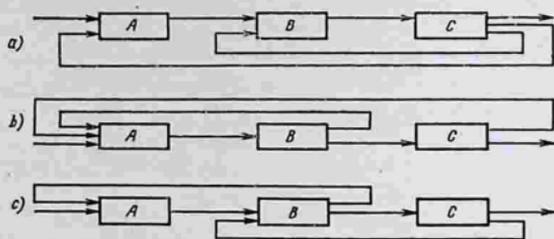


РИС. 9.
Виды сложных связей в системах

Основные замкнутые связи бывают: собственная обратная связь (а), прямая обратная связь (b), непрямая обратная связь (с, d) (рис. 8).

3. Сложные связи. В сложных системах (особенно относящихся к объектам изучения экономической кибернетики) возникает множество комбинаций связи между отдельными системами, входящими в суперсистему. На рис. 9 показаны только три из них, наиболее часто встречающиеся: обратная параллельная связь распределительная (а), обратная параллельная связь соединительная (b), последовательная параллельная связь (с).

Понятие различия. При рассмотрении характеристик функционирующих динамических систем высказывалось положение, что каждая система такого рода имеет множество возможных состояний. Под состоянием системы понималось точно определенное условие или свойство, которое может быть опознано, если повторится снова. Последовательность состояний определяла траекторию, или линию поведения системы. При этом не раскрывались сущность и характер происходящих изменений в системе, что не позволяло изучить режимы поведения системы.

Необходимо рассмотреть некоторые общетеоретические вопросы, являющиеся основой для изучения возможных направлений функционирования кибернетических систем.

Фундаментальным понятием кибернетики при описании функционирующих динамических систем является понятие различия. Это понятие означает, что либо две системы ощутимо различны, либо одна система изменилась с течением времени, перейдя от одного состояния к другому.

В любой динамической системе переход от одного состояния к другому происходит постепенно и непрерывно (бесконечно малыми шагами), например рост животного или проведение весенних полевых работ. Однако рассмотрение процесса перехода от одного состояния к другому сталкивается со значительными трудностями. Поэтому во всех случаях условимся, что изменения происходят конечными шагами во времени и что всякое различие также конечно. Например, можно рассматривать растение в фазе колошения, в фазе молочно-восковой спелости, в фазе полной спелости.

В системе «бригада» в период уборки можно различать скашивание и укладку в валки, подбор валков и обмолот, очистку зерна, стогование.

В кибернетике принято называть некое исходное состояние, на которое оказывается действие в целях трансформации, перевода его в другое состояние, операндом (операнд — то, что испытывает действие). Действующий фактор называют оператором. Новое состояние системы, возникшее под действием оператора, называется образом (образ — то, во что превращается операнд).

Например, нагревается вода, превращается в пар. Вода — операнд, тепло — оператор, новое состояние — пар.

Происходящие в описанных случаях изменения можно описать формулой

вода → пар

Эти изменения называются переходом. Переход определяется двумя состояниями и указанием, какое из них изменяется в другое состояние (стрелка).

Исследование одиночных переходов не позволяет получить дополнительные сведения о характере трансформаций, происходящих в системе, понять смену состояний системы, установить четко различия между системами и между состояниями одной системы.

Чтобы иметь возможность вести более широкое исследование систем, раскроем содержание понятия «преобразования», а также укажем возможные виды преобразований.

Преобразования, виды преобразований. Один и тот же оператор может воздействовать на различные операнды, вызывая переход в каждом из них, получение образов.

Так, оператор «энергия солнечных лучей», действуя на зерно, помещенное в почву, стимулирует его произрастание и превращение в растение. Дальнейшее действие этого оператора стимулирует рост растения и его цветение. Из фазы цветения растение переходит в фазу плодоношения. Это вызывает ряд переходов:

зерно (семя) → растение

растение → фаза цветения растения

фаза цветения растения → фаза плодоношения растения.

Такое множество переходов для некоторого множества операндов есть преобразование.

Преобразования ясно показывают один из основных методических приемов кибернетики. Исследуя переходы, изучается, что происходит, а не почему это происходит. Даже знание оператора во многих случаях несущественно: важно то, что под действием определенного оператора (без выяснения существа действия) операнд превращается в образ. Следовательно, главным является, в какой образ под действием оператора превращается операнд.

Преобразования, происходящие в системе, относятся к различным видам. Для показа этих видов воспользуемся общей формой описания системы.

Известно (задано) множество операндов, каждый из которых представляет одну букву латинского алфавита — a, b, \dots, u . Избранный оператор воздействует на операнд так, что каждая

буква алфавита представленного множества трансформируется в следующую за ней в алфавите букву, а *и* превращается в *а*.

В записи это будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{array}{c} | a \ b \ . \ . \ . \ i \\ \downarrow b \ c \ . \ . \ . \ a \end{array}$$

При рассмотрении этого преобразования устанавливаем, что множество образов не содержит новых элементов по сравнению с множеством операндов. Каждый элемент нижней строки встречается среди элементов верхней строки. Такое преобразование относится к замкнутому виду, или же можно сказать, что в данном случае множество операндов замкнуто относительно данного преобразования. Естественно, что если изменится множество операндов (или оператор), то может и не быть замкнутого преобразования. Незамкнутым преобразованием принято считать такое, когда среди множества образов имеются элементы, не встречающиеся среди множества операндов.

Так, незамкнутым является преобразование

$$\begin{array}{c} | a \ b \ . \ . \ . \ i \\ \downarrow b \ c \ . \ . \ . \ k \end{array}$$

Замкнутым преобразованием можно моделировать действие, которое имеет определенную длительность и циклически повторяется. Наоборот, незамкнутое преобразование (его множество последующих состояний содержит и другие состояния по сравнению со множеством исходных состояний) моделирует деятельность, развитие которой от определенного состояния неизвестно, сведения о нем заканчиваются.

В зависимости от характера переходов, т. е. соответствует ли одному исходному состоянию (операнду) одно или несколько последующих состояний (образов), различают преобразования однозначные и неоднозначные.

В том случае, когда каждому операнду соответствует только один образ, будет однозначное преобразование (последующее состояние полностью определено предыдущим состоянием).

Таким преобразованием, например, будет

$$T : \begin{array}{c} | (a \ b \ c \ d) \\ \downarrow (b \ c \ d \ b) \end{array}$$

Из числа однозначных преобразований можно выделить две группы — взаимнооднозначные преобразования и однозначные лишь в одну сторону.

Взаимнооднозначными являются такие преобразования, в которых исходные и последующие состояния можно однозначно превращать в обоих направлениях. Например:

$$T : \begin{array}{c} | (a \ b \ c \ d) \\ \downarrow (b \ c \ d \ a) \end{array}$$

Если каждому элементу из множества операндов соответствует один и только один элемент из множества образов, но не каждому образу соответствует один и только один операнд, такое преобразование является однозначным лишь в одну сторону (в ранее приведенном примере образу b соответствует исходное состояние a и d).

Однозначным преобразованием возможно моделировать развитие детерминированных систем.

В тех случаях, когда в системе какому-либо исходному состоянию соответствует несколько последующих состояний, причем возникновение какого-либо последующего состояния является случайным событием с определенной вероятностью появления, будет не однозначное преобразование. Например, преобразование V :
$$\downarrow \begin{pmatrix} a & b & \dots \\ b+c & c+d & \dots \end{pmatrix}$$
 является неоднозначным с вероятностью условно $(1/3, 2/3)$, $(3/4, 1/4)$.

Соединения $+$ между несколькими последующими состояниями в одном переходе использованы в исключаящем смысле. Например, операнд a перейдет или в образ b или в образ c . То, что будут именно эти образы, а не другие, истинно, ибо сумма вероятностей их появления равна 1.

Неоднозначными преобразованиями можно моделировать развитие систем со случайным действием вероятностных систем.

Различают еще один вид преобразований — тождественные преобразования. При этом преобразовании не происходит никаких изменений, и каждый образ совпадает со своим операндом. Если все операнды различны, то это преобразование является взаимоднозначным:

$$T : \downarrow \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ a & b & c & d \end{pmatrix}$$

Компактные способы записи преобразований. Часто при записи преобразований применяют более укрупненные формы, ясно показывающие их взаимоотношения. Одной из таких форм является запись в виде определенной формулы. Обозначим операнд через символ n , образ — через n' , тогда при любом n справедливо будет отношение $n \rightarrow n'$.

Чтобы выяснить характер перехода, введем коэффициент k , который покажет, как будут совершаться преобразования под действием оператора. Это может быть прибавление или уменьшение операнда на величину k ($n' = n + k$; $n' = n - k$), или же умножение ($n' = kn$) или деление ($n' = \frac{n}{k}$), или же какое-либо другое, более сложное действие, раскрывающее функциональную зависимость множества операндов и множества образов при преобразовании в данной системе.

Например, преобразование

$$T : \downarrow \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 8 & 10 & 12 \end{pmatrix}$$

можно записать следующим образом: $n' = n + 7$ ($n = 1, 3, 5$), а преобразование

$$T : \downarrow \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 6 & 18 & 30 \end{pmatrix}$$

записывается так: $n' = n(6)$ ($n = 1, 3, 5$).

Преобразования можно представить также в матричной форме.

Составим таблицу, число столбцов которой равно числу операндов плюс 1, строк — числу образов плюс 1. Если преобразование не конечно (в том случае, когда преобразование от определенного состояния неизвестно), то число строк и столбцов равно тому количеству операндов и образов, о котором имеются сведения.

Выпишем операнды в горизонтальную верхнюю строку, возможные образы в левый крайний столбец. На пересечении столбца и строки поставим единицу, если операнд, стоящий вверху столбца, преобразуется в элемент, стоящий влево в строке. На других пересечениях поставим нули. Стрелкой в верхнем левом углу обычно указывают направление преобразований.

Дано преобразование

$$T : \downarrow \begin{pmatrix} A & C & D \\ C & C & A \end{pmatrix}$$

Запись его в матричной форме:

↓	A	C	D
C	1	1	0
A	0	0	1

Приведенный пример относится к системе с детерминированным действием, смоделированной однозначным преобразованием.

В матричной форме можно также записать неоднозначное преобразование. В таком случае каждый из возможных образов записывается в отдельной строке таблицы, а на пересечении с предшествующим ему операндом вместо единицы записывается вероятность преобразования в данный образ.

Дано преобразование

$$T : \begin{pmatrix} a & b & c \\ c+d & e+k+m & v \end{pmatrix}$$

при вероятности $(3/4, 1/4)$; $(1/2, 1/4, 1/4)$; (1) его запись в матричной форме представлена на рис. 10.

В ряде случаев преобразование удобно представить в виде кинематического графика, особенно в сложных преобразованиях при повторных изменениях. Однако, поскольку повторные изменения характерны для замкнутых однозначных преобразований, характеризующих динамические детерминированные системы и не представляющих интереса для экономической кибернетики, эта форма представления рассматриваться не будет.

↓	a	b	c
c	3/4	0	0
d	1/4	0	0
e	0	1/2	0
k	0	1/4	0
m	0	1/4	0
v	0	0	1

РИС. 10.
Матричная форма записи вероятностных преобразований

При изучении и описании преобразований, происходящих в системах, весьма конструктивным является описание их на языке, свойственном символической логике, с элементами Булевой алгебры. Для того чтобы ясно представить возможные логические функции преобразований, напомним хотя бы несколько понятий из алгебры логики.

Булева алгебра — это алгебраическая система, которая в зависимости от обстоятельств может быть интерпретирована либо как система событий, либо как система высказываний.

Когда идет речь о преобразованиях, утверждается, что каждое из них влечет за собой смену состояний системы. Каждое будущее состояние системы можно истолковать как событие. При этом мы всегда имеем дело с системами событий, так как изолированных событий не бывает. Каждое событие, о котором заходит речь, окружено другими событиями, образуя с ними единое целое.

Система событий может быть описана с привлечением математического аппарата символической логики. Это основано на аналогии между событиями и высказываниями. Под высказыванием в логике понимается повествовательное предложение, которое имеет то свойство, что оно может быть классифицировано либо как истинное, либо как ложное, но не как то и другое вместе.

Событием можно считать все то, что может произойти или не произойти, но не может быть то и другое вместе. Такая аналогия позволяет обслуживать логику и теорию вероятностей одним и тем же формальным аппаратом.

Возможность создания единого исчисления, которое могло бы быть применено в зависимости от обстоятельств либо при ис-

числении высказываний, либо при исчислении событий, определяется также следующим.

Среди событий есть достоверные и невозможные; высказывания могут быть тождественно истинными или тождественно ложными. Одно событие может быть связано с другим, последующим, т. е. между ними возможна причинно-следственная связь; также и высказывания могут вытекать одно из другого, т. е. между ними возможна логическая связь.

Между событиями и высказываниями тоже существует (возможна) некоторая связь; каждому событию может быть сопоставлено некоторое высказывание, а высказывание можно истолковывать как утверждение об осуществлении некоторого события.

Такое исчисление было создано Дж. Булем и впоследствии развито С. Н. Бернштейном и особенно А. И. Колмогоровым.

Таким образом, *Булева алгебра* — это алгебраическая система, аксиомы которой выражают то общее, что роднит события и высказывания. Причинно-следственная связь событий или логическая связь высказываний описывается формулами, имеющими вид неравенств. Например, неравенство $x < y$ выражает большую достоверность события y по сравнению с событием x , и это же неравенство может выражать большее правдоподобие высказывания y сравнительно с высказыванием x .

Это же можно выразить тем, что каждая логическая переменная, отражающая событие или высказывание, может приобретать два противоположных значения, которые обычно равны 0 или 1 (можно так это интерпретировать: 1 — событие произошло, высказывание истинно, 0 — событие не произошло, высказывание ложно). 1 и 0 можно рассматривать как наибольший и наименьший элементы Булевой алгебры. Кроме сказанного, каждый элемент должен иметь дополнение, которое можно истолковать как событие, противоположное данному, или как отрицание данного высказывания.

Сведёние математики к логике состоит в том, что в математических и других рассуждениях постоянно встречаются повествовательные предложения, образованные из другого предложения путем включения слова «не» или с помощью слов «и», «или», «если... то», наконец, «тогда, и только тогда, когда». Эти пять комбинаций слов (или просто слов) в логике называются *сентенциональными связками*. С их помощью из простых предложений (не содержащих связки) возможно образовывать сложные предложения.

Предложение, видоизмененное словом «не», называется *отрицанием*.

Соединение двух предложений в сложное с помощью связки «и» называется *конъюнкцией* этих двух предложений.

Соединение двух предложений в сложное с помощью связки «или» называется *дизъюнкцией* двух предложений.

Импликацией (или условным предложением) называется сложное предложение, построенное из двух простых с помощью связки «если... то».

Применение связки «тогда, и только тогда, когда» для образования сложного предложения из простых называется эквиваленцией (или бивусловным предложением).

Если применять для связок следующие символы: \sim для «не», \wedge для «и», \vee для «или», \rightarrow для «если... то» и \leftrightarrow для «тогда, и только тогда, когда», то можно показать эффективным образом связную структуру сложного предложения.

Так, если P и K — предложения, то:

$\sim P$ — отрицание предложения P ;

$P \wedge K$ — конъюнкция;

$P \vee K$ — дизъюнкция;

$P \rightarrow K$ — импликация;

$P \leftrightarrow K$ — эквиваленция.

При составлении сложного предложения из двух простых (это сложное является также высказыванием, если его компоненты тоже высказывания) следует обращать особое внимание на истинные значения простых компонентов (что представляет каждое из простых высказываний — истинность или ложность), так как от этого зависит истинность сложного предложения.

Как уже упоминалось, каждая логическая переменная может приобретать два противоположных значения. При наличии n логических переменных им можно придать противоположные значения 2^n разными способами. Так, двум логическим переменным ($n=2$) значения 0 и 1 можно придать 2^2 способами, т. е. четырьмя способами. Представим это в виде таблицы для двух переменных x_1 и x_2 :

x_1	0	0	1	1
x_2	0	1	0	1

Таким образом, логической функцией n логических переменных называется какое-либо однозначное придание одного из двух возможных значений логически зависимой переменной (например, y) состояниям логически независимых переменных x_1, x_2, \dots, x_n .

Так, используя основные зависимости Булевой алгебры, четырем состояниям двух логически независимых переменных x_1 и x_2 можно придать 16 различающихся логических функций. Для лучшего понимания этих функций независимые переменные x_1 и x_2 , которыми можно выразить определенные события, будем принимать как два простых предложения (высказывания), соединяемые в сложное предложение (высказывание).

Рассмотрим из всех шестнадцати функций только две — конъюнкции и дизъюнкции. Выбор этих комбинаций в качестве основы алгебры изучения систем и построения логических сетей объясняется прежде всего тем, что с их помощью легко и достаточно наглядно представлять все построения.

Система, реализующая логическую функцию конъюнкции, обеспечивает появление на ее выходе правильной реакции только при наличии импульсов на всех ее входах. Система, в которой преобразования совершаются только при выском условии, называется конъюнктивной.

Общий вид ее показан на рис. 11.

Примером конъюнктивной системы может быть модель, на которой исследуется целесообразность организации крупных животноводческих хозяйств. В методических целях модель очень упрощена. Для упрощения условились, что для принятия решения о создании крупных хозяйств (желаемый исход — положительное решение — обозначим y) необходимо наличие капиталовложений и подтверждение о том, что создание таких предприятий будет экономически выгодно. Вводим две независимые переменные: x_1 (значение 1 подтверждает наличие капиталовложений, 0 — отсутствие) и x_2 (значение 1 — экономически эффективно, 0 — неэффективно).

Выход y (решение о создании крупных предприятий) будет получен тогда, и только тогда, когда положительные импульсы будут на всех ее входах. Представим это схематично: $y = [x_1 \wedge x_2]$ (табл. 2).

Таблица 2

	$x_1 \downarrow$	$x_2 \downarrow$	—
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

$\downarrow y$

Некоторые пояснения:

1. Решение о создании отрицательное, так как нет капиталовложений и проведенные экономические расчеты свидетельствуют о неэффективности таких предприятий.

2. Решение о создании отрицательное, так как, несмотря на доказанную эффективность создания крупных предприятий, нет капиталовложений.

3. Решение о создании отрицательное, так как, несмотря на наличие капиталовложений, эффективность нулевая.

4. Решение о создании положительное, так как есть капиталовложения и доказана экономическая эффективность создания таких предприятий.

Заметим, что ноль на выходе конъюнктивной системы означает, что реакция не появилась. В данном случае пони-

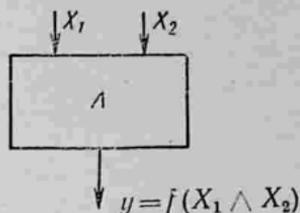


РИС. 11.
Схема конъюнктивной связи

мается так, что реакция вообще-то может появиться (особенно не в бинарных системах), но если это не относится к желаемому исходу (неправильная реакция), то она равносильна нулю на выходе.

В качестве примера приведем экономико-математическую модель развития производства. Для каждой из таких моделей точно определяется перечень входной информации, что можно рассматривать как перечень импульсов (или вектор, составляющие которого характеризуют состояние входа в систему). Если экономико-математическая модель с позиций применяемого алгоритма ее преобразований составлена правильно, то так или

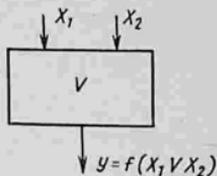


РИС. 12.
Схема дизъюнктивной связи

иначе преобразования произойдут и будет получено какое-то окончательное решение даже в том случае, если какие-нибудь импульсы не будут поданы на вход системы. Но полученный результат в конъюнктивной системе при этих условиях будет нулевой. Если результат в приведенном случае будет положительный, то это означает, что перечень необходимых импульсов, подаваемых на вход системы, установлен неправильно: по крайней мере лишними являются те из них, которые по каким-то причинам не были поданы на вход системы.

Вторая функция, подлежащая рассмотрению, — это дизъюнкция (или логическая сумма). Независимые переменные этой функции связаны союзом «или».

Определение дизъюнкции в терминологии организационных моделей экономических систем следующее. Система, реализующая логическую функцию дизъюнкции, обеспечивает появление на ее выходе правильной реакции при наличии всего одного положительного импульса на ее входах.

Общий вид ее показан на рис. 12.

Если система имеет две независимые переменные (два бинарных входа) и одну зависимую переменную на выходе (один бинарный выход), то этот выход в трех случаях будет положительным и только в одном отрицательным.

Приведем пример модели, по которой решается вопрос об организации крупных животноводческих хозяйств. Допустим, что рентабельность доказана и предстоит решить, при каких условиях их создавать. Примем условие, что для положительного исхода (y) нужны средства, которые либо имеются в наличии, либо нет (x_1), что возможности получения для этих целей долгосрочных кредитов (x_2) или есть, или нет.

Схематично представим это так: $y = [f(x_1 \vee x_2)]$ (табл. 3).

В первом случае решение о создании отрицательное, так как нет ни собственных средств, ни возможности получения долгосрочных кредитов (нет ни одного импульса на входах).

Во всех остальных случаях решение будет положительным, так как есть либо собственные средства, либо возможность получения долгосрочных кредитов, либо и то и другое (во втором и третьем случаях достаточно было одного положительного импульса для возникновения нужной реакции).

В литературе приводится пример типично дизъюнктивной системы — бухгалтерия, ведущая расчет заработной платы. Нет необходимости ждать всех импульсов (сведений о выработке всех рабочих) для начала расчета заработной платы. Достаточно получить сведения об одном рабочем, и начисление может проводиться.

В некоторых случаях при описании систем используется еще одна функция — отрицания. Эта функция применяется для систем, в которых положительный импульс на входе системы приводит к отрицательной реакции на выходе и наоборот.

Т а б л и ц а 3

	$x_1 \downarrow$	$x_2 \downarrow$	—
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	1

↓у

Общий вид такой системы представлен на рис. 13.

Высказывание x ложно (равно 0), если высказывание \bar{x} истинно (равно 1), и наоборот.

Траектория изменений системы. Состояние любой системы можно с определенной точностью охарактеризовать совокупностью значений величин, определяющих ее поведение. Напомним, что под состоянием системы понималось точно определенное условие или свойство, которое может быть опознано, если повторится снова. Каждая система имеет множество возможных состояний, предсказуемых (у детерминированных систем) и определенных с помощью вероятностных методов (у вероятностных систем).

Состояние системы можно охарактеризовать графически, где каждая точка, характеризующая состояние системы в определенный момент времени, будет располагаться в многомерном пространстве, ограниченном векторами, соответствующими определенным параметрам независимых переменных, т. е. характеризующими развитие (движение) системы. *Пространство, в котором каждое состояние системы и ее движение фиксируется определенной точкой, называется пространством состояний системы.* Число измерений пространства состояний системы равно числу независимых переменных, определяющих состояние системы. Каждое состояние системы характеризуется набором определенных значений переменных x_1, x_2, \dots, x_n . В пространстве состояний (обычно Евклидово пространство) ему соответ-

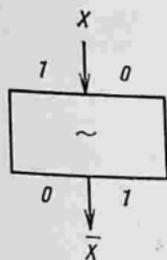


РИС. 13.
Схема связи отрицания

т. е. характеризующими развитие (движение) системы. Пространство, в котором каждое состояние системы и ее движение фиксируется определенной точкой, называется пространством состояний системы. Число измерений пространства состояний системы равно числу независимых переменных, определяющих состояние системы. Каждое состояние системы характеризуется набором определенных значений переменных x_1, x_2, \dots, x_n . В пространстве состояний (обычно Евклидово пространство) ему соответ-

ствуется точка с теми же значениями координат x_1, x_2, \dots, x_n . Эта точка называется изображающей точкой (она изображает данное состояние системы), а переменные x_1, x_2, \dots, x_n называются координатами системы.

В реальных системах не все их координаты могут изменяться в неограниченных пределах. Большая часть координат может принимать лишь значения, лежащие в ограниченном интервале, т. е. удовлетворяющие условию $\alpha_i \leq x_i \leq \beta_i$, где α_i и β_i — границы интервалов возможных значений координаты x_i . Область пространства состояний, в которой может находиться изображающая точка, называется областью допустимых состояний. В дальнейшем, говоря о пространстве состояний, мы будем иметь в виду лишь его допустимую область. Однако даже в пределах области допустимых состояний не всегда любая точка изображает возможное состояние системы. Таким свойством обладает лишь непрерывное пространство состояний, соответствующее такой системе, координаты которой могут принимать любые значения (в допустимых пределах). Но существуют системы, называемые дискретными, в которых координаты могут принимать лишь конечное число фиксированных значений. Пространство состояний таких систем также является дискретным. В этом случае изображающая точка может занимать лишь конечное число S положений: $S = s_1, s_2, \dots, s_n$, где s_i — число дискретных состояний i -й координаты.

Если система находится в движении, то значения ее координат изменяются во времени. При этом изображающая точка изменяет свое положение в пространстве состояний, описывая некоторую траекторию. Последовательность положений (состояний), принимаемых системой во времени, определяет траекторию изменений системы, или линию поведения.

Движение системы (изменение ее состояния) может происходить как под влиянием внешних воздействий, так и в результате процессов, происходящих внутри самой системы. Воздействия на систему в математическом смысле могут достигаться посредством воздействий на координаты системы, а также посредством изменения ее параметров.

Режимы поведения системы можно рассматривать как равновесный, переходный и периодический.

О равновесии в поведении системы можно утверждать в простейшем случае тогда, когда состояние и преобразование связаны между собой так, что преобразование не изменяет состояние системы. Алгебраически это можно записать так: $T(x) = x$.

Если рассматривать равновесный режим поведения системы в целом, то тогда необходимо сделать следующее заключение. Допустим, что некоторые элементы этой системы (или части) находятся в состоянии равновесия и под влиянием подаваемых на них входов совершают преобразования, не изменяющие состоя-

ние системы в целом (тождественные преобразования). В свою очередь эти элементы определяют входные значения для других элементов (частей) системы, делая их состояние неизменным. Тогда вся система находится в состоянии равновесия.

В этом случае можно дать определение: *вся система находится в состоянии равновесия тогда, и только тогда, когда каждая часть находится в состоянии равновесия в условиях, определяемых другой частью (другими частями, другими элементами).*

О переходном и периодическом режимах поведения системы существуют различные толкования, мнения. Наиболее приемлемыми, на наш взгляд, могут быть такие определения.

В системе совершаются определенные преобразования таким образом, что она постоянно находится в состоянии равновесия. На каком-то этапе внешние возмущающие воздействия смещают систему из состояния равновесия в какое-нибудь соседнее состояние. Однако дальнейшие преобразования происходят таким образом, что система вновь возвращается в состояние, которое было характерно для момента, определенного как равновесное состояние. Отсюда период, в котором система находится в соседнем состоянии — от периода фиксированного равновесия до периода возвращения в это состояние, может считаться переходным периодом в режиме поведения системы (переходный режим системы).

Так, если в системе S преобразования T имеют вид

$$T : \begin{array}{cccccc} a & b & d & e & e & \\ \downarrow & & & & & \\ c & b & e & e & f & \end{array}$$

то в случаях состояний b и e система находилась в состоянии равновесия для T .

Если T имеет вид

$$T : \begin{array}{cccc} a & b & d & b \\ \downarrow & & & \\ c & b & c & b \end{array}$$

то период $d \rightarrow c$ является переходным периодом в режиме поведения системы.

В некоторых случаях переходным периодом в режиме системы считают период, предшествующий равновесному режиму поведения системы. Но с этим трудно согласиться, так как скорее этот период должен был бы именоваться предшествующим.

Наконец, если переходный период повторяется с определенной регулярностью, то можно судить о периодическом режиме поведения системы. При этом совершенно не обязательно, чтобы смещение состояний равновесия системы в какое-либо соседнее состояние происходило под влиянием одинаковых внешних возмущающих воздействий, с одинаковым характером преобразований. Важно то, что система периодически возвращается к состоянию равновесия.

Так, если в системе S преобразования T имеют вид

$$T : \begin{array}{c|cccccc} a & b & d & b & f & b \\ \hline c & b & c & b & c & b \end{array}$$

то в случаях состояния b система находится в периодическом равновесном режиме поведения системы.

В качестве примера приведем динамическую систему «птицеферма яичного направления», ведущую производство по принципу простого воспроизводства. Все материальные, энергетические и информационные входы такой системы (в качестве возмущающих воздействий) в течение определенного периода постоянны и способствуют реализации четко определенного порядка преобразований. Внутренние элементы (части) этой системы так взаимосвязаны, что каждая часть находится в состоянии равновесия, определенном другими частями. Это определяет равновесный режим поведения системы в целом; объем производства яиц и мяса (выбракованные куры-несушки) в течение одного периода неизменный, равномерный.

Представим, что в какой-то период из-за технических неполадок ферма была отключена от электроэнергии, причем продолжительность была такова, что ход производства нарушился и ферма произвела меньше продукции. Но затем техническая неисправность была устранена, и производство на ферме вернулось к прежнему режиму. Время, в течение которого на птицеферме был нарушен режим, явилось переходным периодом.

Если по каким-либо причинам работа птицефермы периодически нарушается, а затем на некоторое время восстанавливается равновесный режим (под этим понимается выпуск определенных объемов продукции), то это можно трактовать, как периодический режим. Заметим, что организационные и другие причины, выводящие работу фермы из равновесного режима и переводящие ее в периодический режим, должны различаться. В противном случае, если переход ее в другое, соседнее состояние возникает с определенной периодичностью в результате одного и того же возмущающего воздействия, и при этом соседнее состояние повторяется, то в целом такой режим поведения системы может трактоваться как равновесный.

Понятие устойчивости системы во многих случаях употребляется и трактуется не совсем точно. Будем понимать под устойчивостью системы сохранение ее состояния независимо от внешних возмущений.

Нельзя отождествлять понятия устойчивости и равновесия. Если состояние равновесия системы может рассматриваться как некая тождественность происходящих в ней преобразований, определяющих одинаковое состояние системы на любом шаге ее развития, то состояние устойчивости более емкое.

Представим себе систему S , в которой характер преобразований T таков, что превращение каждого операнда в образ про-

исходит с учетом приращения или уменьшения его характеристики, с учетом постоянной относительно каждого операнда величины Δk_i ; при этом каждый образ становится в последующем преобразовании операндом.

Например, начав с величины k , T породит траекторию $k, k_1, k_2, k_3, k_4, \dots$, где $k_1 - k = \Delta k$; $k_2 - k_1 = \Delta k_1$; $k_3 - k_2 = \Delta k_2$ и т. д.

В качестве примера устойчивой экономической системой можно назвать предприятие, функционирование которого обеспечивает ежегодно равные темпы расширения воспроизводства.

Можно дополнить, что характеристика системы как устойчивой не всегда является положительной. В некоторых случаях устойчивость можно рассматривать как нежелательную, не допускающую гибкость в управлении системой (если какое-то ее состояние не является желательным).

Трактовка понятия устойчивости системы позволяет подойти к понятию инвариантности. Инвариантность в последовательности состояний систем заключается в том, что, несмотря на изменения, претерпеваемые системой в целом, некоторые ее свойства остаются неизменными. Таким образом, некоторое высказывание о системе, несмотря на непрерывное изменение, неизменно будет истинным.

К понятиям устойчивости и состояния равновесия системы близко понятие цикла в преобразовании системы.

Циклом называется такая последовательность состояний системы, при которой повторное изменение преобразований заставляет изображающую точку пробегать повторно эту последовательность.

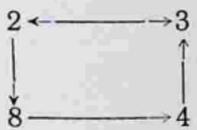
Допустим, что T имеет следующий вид:

$$T : \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 & 5 & 6 & 7 & 8 & 4 \\ 2 & 4 & 3 & 4 & 1 & 2 & 2 & 8 \end{pmatrix}$$

Если переписать это с 1, то преобразование после некоторых упрощений опишет следующую траекторию:

$$T = 1, 2, 3, 4, 8, 2, 3, 4, 8, 2, 3 \dots$$

Представляющая точка будет повторно описывать цикл



Используя комплекс идей, связанных с понятием устойчивости, равновесия в поведении системы, весьма эффективно при изучении экономических систем (больших систем большой сложности) провести соответствующий анализ.

Прежде всего состояние системы изучается с позиций возможного его равновесия, т. е. изменяется ли оно, будучи

подвергнутым каким-либо преобразованиям. Рассматривается, является ли это равновесие достаточно устойчивым, и если да, то каков режим поведения изучаемой системы.

Если дано такое состояние (или множество таких состояний) и конкретные возмущения, то анализируется, вернется ли система после смещения в свою исходную область. И если система непрерывна, то рассматривается, является ли она устойчивой против всех возмущений внутри определенной области значений.

Применение метода рассмотрения систем очень конструктивно при описании больших систем. В ряде случаев полное описание систем, каждой детали ее поведения в будущем можно заменить более простым рассмотрением. Возможно, что система вернется в свое обычное состояние или же еще больше будет отклоняться от намеченной траектории. В тех случаях, когда при управлении целесообразно следить за развитием системы по намеченной траектории и удерживать ее на ней (даже с затратами дополнительных материальных и энергетических ресурсов), предварительное рассмотрение режимов поведения системы позволит ответить на вопросы: «нарушат ли данные возмущения равновесный режим системы или создадут только периодический режим?»; «если система достаточно устойчива и будет возвращаться в свою исходную область, имеют ли смысл затраты по устранению либо возмущений, либо их результата?»; наконец, «какие возмущения должны быть обязательно устранены?» и, наоборот, в случаях нежелательной устойчивости «какие внешние возмущения могут вывести систему из равновесия?».

Перечислены не все возможные пути анализа состояний управляемой системы с позиций идей, изложенных в главе. Освоение этого метода рассмотрения состояния и поведения системы дает возможность в производственных условиях создать необходимые предпосылки для эффективного управления производственными системами, обеспечить их функционирование в оптимальном с позиций поставленных требований режиме.

ПРОИЗВОДСТВО КАК СИСТЕМА

Понятие «производство как система» может рассматриваться в физическом, экономическом и кибернетическом аспектах.

В физическом аспекте производство понимают как материально-техническую систему, состоящую из определенных материальных элементов, взаимодействующих в процессе производства либо взаимосвязанных материальными потоками. В экономическом аспекте производство можно понимать как систему разделения труда между людьми, их группировку в производстве, обусловленную материально-технической системой и определяющую последовательность выполнения работ во времени и в пространстве.

Кибернетическое представление производства связано с тем, что процесс управления всегда представляет собой информационный процесс, поэтому при кибернетическом подходе производство необходимо рассматривать как систему, связанную информационной сетью, реализующую множество функций выбора. Но при этом понятие материального производства не должно отбрасываться. При реализации кибернетической модели осуществляется переход от ее информационного отображения к вещественной и экономической системам производства и их закономерностям. Этот переход от информационной к реальной системе осуществляется через определенный исполнительный орган, входящий в систему управления. Последний с помощью вещественно-материальных либо энергетических воздействий на управляемую систему должен реализовать информационные команды. Таким образом управляемая физическая система — производство как элемент системы управления переводится в заданное состояние.

7 Особенности производственной системы. Производству как системе присущи все особенности, свойственные большим вероятностным системам. Вместе с тем ему присущи определенные особенности, отличающие его от технических и биологических систем.

Одна из особенностей этой системы состоит в ее определенной целостности, выражающейся в том, что все ее части (подсистемы) служат одной общей цели, стоящей перед всей системой. Это достигается тем, что целям, стоящим перед всей системой, подчиняются цели функционирования ее подсистем.

Таким образом, в такой сложной системе выделяются общие (глобальные) цели, достижению которых подчиняется функционирование системы, и локальные цели, используемые в функционировании отдельных подсистем, выделяемых в системе производства. При этом критерии функционирования и развития подсистем должны наилучшим образом способствовать достижению общего критерия функционирования и развития всей системы.

Следующая особенность — большая сложность этой системы. Она выражается в том, что изменения, возникающие в какой-либо ее части, вызывают изменения в других ее подсистемах. Так, например, развитие химической промышленности приводит не только к изменениям в этой отрасли, но оказывает преобразующее воздействие, в частности, на сельскохозяйственное производство, а также на структуру спроса и потребления. Развитие подсистемы «зерновое хозяйство» является ключевым моментом в развитии всей системы сельскохозяйственного производства. Все это связано с наличием в производственных системах множества прямых и обратных связей между подсистемами и внутри них.

Особенностью производственной системы является также наличие в ней материально-вещественных, энергетических и информационных связей. Современной производственной системе характерен также процесс механизации и автоматизации реализуемых в ней процессов, а также то, что доминирующая роль в этой системе принадлежит человеку.

Производственной системе свойственно непрерывное развитие, что обуславливает изменение характера взаимодействия между ее элементами и подсистемами, а также всеобщая взаимозаменяемость ее компонентов. Так, в широких пределах взаимозаменяемы живой и овеществленный труд, в определенных пределах взаимозаменяемы материальные факторы производства. Взаимозаменяемы также продукты производства: предметы потребления для удовлетворения материальных потребностей людей, предметы и средства труда для обеспечения производственного потребления. Все это создает большую альтернативность в функционировании и развитии производственных систем.

Характерной особенностью производственной системы является широкое развитие обменных операций, которые в условиях товарного производства порождают органическое сочетание натуральных и стоимостных потоков, отличающих эти системы от всех других систем материального мира. Производственным системам свойственно соизмерение не только продуктов производства, составляющих выход этих систем, но и затрат на их производство, составляющих их вход. Без объективного и действенного механизма измерения затрат и выпуска исчезает экономическая сущность производства, остается лишь его техника и технология.

Производственная система, особенно такая, как сельское хозяйство, всегда находится под постоянным воздействием со стороны природных факторов, а также со стороны общества. Эти внешние воздействия носят в основном не детерминированный, а случайный (стохастический) характер. Они могут прогнозироваться лишь с определенной степенью достоверности. Это относится как к оценке природных ресурсов и погодно-климатических условий, так и к оценке потребности в материальных благах, роста населения, эффективности новой техники и т. п.

Таким образом, производственным системам свойствен вероятностный характер, и присущие им закономерности не могут быть определены абсолютно достоверно, а следовательно, поведение этих систем является в той или иной степени неопреде-

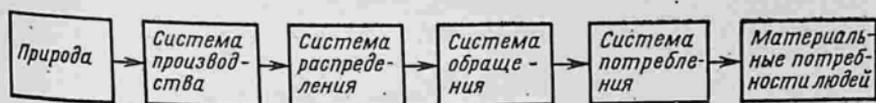


РИС. 14.
Экономическая система

ленным. Наряду с этим производственным системам свойственна также определенная инерционность, что создает достаточно высокую степень обусловленности будущего поведения системы.

7 Производство как основная экономическая система. Марксистская политическая экономия рассматривает воспроизводство как сложный процесс, состоящий из создания, распределения, обращения и потребления материальных благ. Исходя из этого, экономическую систему можно рассматривать как систему, в состав которой входят системы производства, распределения, обращения и потребления. В этой сложной взаимосвязанной системе определяющей является система производства материальных благ (рис. 14).

Материальное производство есть деятельность людей, осуществляемая в целях удовлетворения материальных потребностей посредством воздействия на силы и вещество природы, преобразования и присвоения последнего в условиях определенных производственных отношений. В непроизводственной сфере деятельность людей выполняет совершенно другие задачи: она направлена на сохранение здоровья человека, на получение образования и развитие духовного мира, развитие науки, на обеспечение обороны и другие сферы человеческой деятельности. Непроизводственная сфера абсолютно необходима обществу, она существует и развивается на основе развития материального производства.

При построении модели материального производства условно выделим из окружающего нас мира совокупность людей, ради удовлетворения потребностей которых и функционирует рассматриваемая система производства, а также природу и ее силы.

Вещество природы, подвергающееся дальнейшему преобразованию, назовем сырьем (P_0). Для получения сырья у природы надо взять ее вещество. Для этого создана добывающая промышленность, обозначим ее $П_0$. Сырье может использоваться как для производства средств производства, так и для производства предметов потребления. Систему, производящую средства производства, обозначим $П_1$, предметы потребления — $П_2$.

Свойства рассмотренных систем в определенной мере сочетает в себе сельскохозяйственное производство. Сельскохозяйственному производству присуща непосредственная связь с таким веществом природы, как почва, которая является и объектом, и средством труда. В этой отрасли получают значительную часть средств производства (семена, корма, скот и т. п.), в ней также создается значительная часть предметов потребления. Это обуславливает особую структуру и место этой системы в сфере производства, обозначим ее $П_3$.

Для процесса производства необходимы средства производства и рабочая сила (L). Рабочая сила есть способность человека к труду, совокупность физических и духовных сил человека, благодаря которым он в состоянии производить материальные блага.

Таким образом, элементами производства как системы являются материальные факторы, а также совокупность людей, участвующих в процессе производства и составляющих рабочую силу.

Очень важная особенность рабочей силы как элемента производства состоит в том, что она создает и приводит в движение средства производства. Исходя из этого, видна особая роль рабочей силы в процессе производства, которая объединяет в единый процесс вещество природы, ее силы и средства, с помощью которых вещество природы преобразовывается в нужном для человека направлении.

Отметим еще один важный момент для построения модели. Для осуществления процесса создания материальных благ рабочая сила должна реализовать свою способность к труду, т. е. она должна быть использована, потреблена в процессе производства. А потребление труда есть сам труд, под которым понимается целесообразная деятельность человека, в процессе которой он приспособливает и видоизменяет предметы природы для удовлетворения своих потребностей. При рассмотрении производства как системы будем различать такие элементы, как рабочая сила (L) и величина действительно потребленного в процессе производства труда (L).

Результатом процесса производства является целенаправленно преобразованное вещество природы — материальное благо, которое можно рассматривать как результат соединения труда, средств производства и предметов труда.

Живой труд превращает средства производства из возможных в действующие потребительские стоимости. Этот процесс введем как элемент в модель производства и обозначим его через Π . Элемент Π будет отражать процесс преобразования

средств производства и труда (вход этого элемента) в продукт труда (выход этого элемента), не раскрывая, каким образом этот процесс осуществляется. Процесс создания материальных благ можно отразить системой, изображенной на рис. 15, где A — средства труда; C — предметы труда; L — рабочая сила; Π — процесс производства; P — продукт труда; B — предметы потребления; A_n — полученные средства производства.

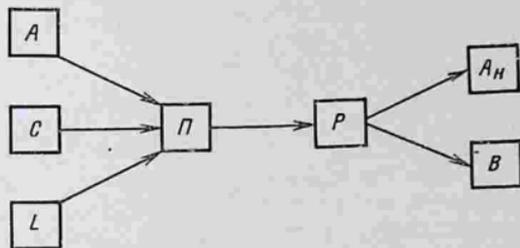


РИС. 15.
Система создания материальных благ

Чтобы построить более детализированную систему процесса общественного производства, которая бы позволила отразить основные взаимосвязи между его элементами, введем непродовственную сферу — сферу услуг (Π_y).

Исходя из рассмотренного, построим систему общественного производства, в качестве элементов которой будут выступать введенные сферы деятельности, взаимосвязанные в единую систему существующими между ними материальными связями.

Для рассмотрения производства как замкнутой системы, т. е. как системы, элементы которой не имели бы связей с такими элементами, которые находились бы за контуром (пределами) рассматриваемой системы, необходимо в исследуемую систему включить все элементы, с которыми связан процесс производства и из которых он черпает сырьевые и энергетические ресурсы, а также рабочую силу. В замкнутую систему должны входить также те элементы, в которых происходит завершение процесса производства путем потребления созданных материальных благ. Тогда система общественного производства будет изображаться, как указано на рис. 16.

На каждого человека, а следовательно, и на все множество людей действуют внешние возмущения (M), вызывающие их материальные потребности. Эти потребности удовлетворяются посредством производства предметов потребления P_2 , которые являются выходом сферы Π_2 предметов потребления, составляю-

щих частичный выход сферы сельскохозяйственного производства, — P_{3A} , а также материальных услуг ($У$), являющихся выходом сферы, создающей услуги $П_У$. Предметы потребления и

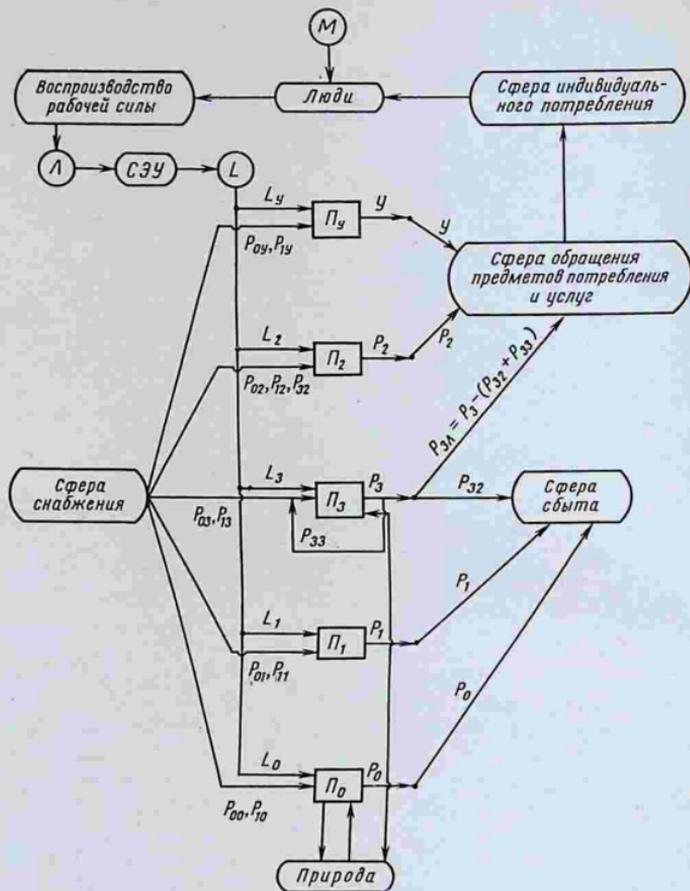


РИС. 16.
Система общественного производства

услуги покидают сферу производства посредством сферы обращения, в качестве которой выступает система розничной торговли, система предоставления услуг медицинских, культурно-просветительских, коммунально-бытовых учреждений, бытовых услуг транспорта, связи и т. п. Удовлетворение людьми матери-

альных потребностей осуществляется в порядке индивидуального потребления, что отражено на схеме сферой индивидуального потребления. Здесь предметы потребления и услуги используются (уничтожаются сразу либо постепенно) и таким образом исчезают, обеспечивая тем самым определенный материальный уровень жизни людей, а на этой основе и воспроизводство рабочей силы, величина которой обозначена через L . К. Маркс отмечал: «Потребление, уничтожая продукт, этим самым придает ему завершенность, ибо продукт есть [результат] производства не просто как овеществленная деятельность, а лишь как предмет для деятельного субъекта. ... Без потребности нет производства. Но именно потребление воспроизводит потребность»¹.

Сложный комплекс социально-экономических и других условий (СЭУ) обеспечивает переход рабочей силы в ее активную, используемую в процессе производства форму, т. е. в труд, действительно потребленный в процессе производства, величина которого обозначена через L , и потребляемый по соответствующим сферам: L_0, L_1, L_2, L_3, L_y . Для осуществления процесса производства кроме труда нужны орудия и предметы труда. Первые производятся сферой P_1 , их величина обозначена символом P_1 , вторые — сферой P_0 , их величина — P_0 .

Созданные средства и предметы труда покидают сферу производства посредством системы обращения, чтобы поступить в сферу производственного потребления, обеспечивающую восстановление и расширение производства. Сфера обращения средств производства на схеме представлена сферой сбыта (реализация продукции производителями) и сферой снабжения (доставка средств производства потребителям).

Например, для сельскохозяйственного производства сфера сбыта представлена системой государственных и кооперативных заготовительных организаций, а сфера снабжения — системой «Сельхозтехника».

Из сферы снабжения средства производства в определенных количествах поступают в соответствующие сферы производства. В сферу производства предметов потребления P_2 поступает сырье из сферы P_0 в количестве P_{02} , из сферы P_3 — в количестве P_{32} , а из сферы P_1 — орудия производства в количестве P_{12} . В сферу сельскохозяйственного производства поступают из сферы P_0 сырье или приравняемые к нему (в целях упрощения) средства производства, например: горюче-смазочные материалы, комбикорма, удобрения и т. п., которые сразу переносят свою стоимость на вновь созданный продукт в количестве P_{03} . Из сферы создания орудий производства поступает сельскохозяйственная и другая техника в количестве P_{13} . Кроме того, в сельском хозяйстве используется часть средств производства сельскохозяйственного изготовления. Их величина P_{33} поступает

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е, т. 46, ч. 1, с. 27—28.

в сферу производства по обратной связи, минуя сферу обращения. Здесь имеются в виду те средства производства, которые используются в порядке внутрихозяйственного потребления (семена, корма, выращенный в хозяйстве скот и т. п.).

Сельскохозяйственное производство теснейшим образом связано с природой, которая оказывает сильное воздействие на ход и результат процесса производства в этой сфере. В свою очередь сельское хозяйство оказывает преобразующее воздействие на природу.

Вещество природы, которое составляет материальную суть потребительных стоимостей, добывается у природы сферой P_0 , что на схеме отражено связями воздействия этой сферы на природу и поступления в эту сферу сырья, используемого в дальнейшем в процессе производства.

Преобразованное вещество природы в качестве сырья, величину которого обозначим P_0 , как выход добывающей сферы поступает в сферу обращения, а затем в соответствующие сферы производства. Так в общем виде представлены материальные связи в системе общественного производства.

В построенной системе общественного производства не рассматривается процесс преобразования входа в выход по каждой сфере производства. Наши знания о процессе производства настолько ограничены, что мы их вынуждены рассматривать как «черный ящик», т. е. как пока еще скрытый от нас процесс. Так, например, сельское хозяйство с точки зрения энергетики производит в основном химическую энергию, запасенную в продуктах урожая. Первичный источник энергии — солнечное излучение, и ее преобразователи — молекулы хлорофилла. Несмотря на большие успехи в изучении фотосинтеза, растения как приемники и преобразователи энергии изучены пока еще очень слабо. А ведь растения используют не более 3% падающей на них световой энергии. Как поднять коэффициент полезного действия растений? Для этого, очевидно, надо познать механизм превращения световой энергии в урожай, чтобы иметь возможность сознательно им управлять.

Недостаточно раскрыт также механизм преобразования удобрений в урожай, поэтому и здесь приходится ограничиваться наблюдениями над входом — количеством и способом внесения удобрений и выходом — величиной получаемой прибавки урожая. Отсутствие этих знаний отрицательно сказывается на управлении производством, поэтому стремление раскрыть «черный ящик», познать происходящие в нем процессы и составляет стремление и содержание науки.

При построении систем важное значение имеет выбор «первичного» элемента системы, который не подлежит дальнейшему расчленению и внутренняя структура которого не является предметом исследования. Имеют значение лишь такие свойства элемента, которые определяют его взаимодействие с другими

элементами системы и оказывают влияние на ее функционирование в целом.

Понятие «первичный элемент» является условным, однако он должен иметь достаточно четкую внутреннюю структуру и обладать в определенном смысле более высокой устойчивостью, чем система в целом. В настоящее время существуют различные точки зрения о выборе структурной единицы системы общественного производства. В теоретическом аспекте значительный интерес представляет подход, базирующийся на технологической структуре преобразования его материально-вещественных компонентов. В его основе лежит элементарная технологическая операция, поддающаяся четкому и однозначному определению.

Превращение одного либо нескольких видов сырья (вектор-сырье) в один либо несколько видов продукта (вектор-продукт) достигается с помощью ряда воздействий на предмет труда, позволяющих придать последнему новые полезные качества. Любой процесс такого воздействия человека на сырье всегда можно расчленить на элементарные технологические операции, из которых состоит реальный процесс воздействия на предмет труда. Обозначим их разновидность через t .

Технологическая операция — это процесс определенного воздействия, выполняемый над предметом труда, имеющим определенную качественную особенность, что отличает его от других предметов труда, а также количественную меру. Таким образом, технологическая операция всегда выполняется над предметом труда.

Технологический процесс, в котором на одном виде сырья выполняется одна операция, назовем элементарным. На одном виде сырья в технологическом процессе может выполняться не одна, а несколько видов операций, технологические операции могут выполняться на соединении нескольких видов сырья, т. е. на сложном сырье, состоящем из нескольких компонентов. *Упорядоченная законченная совокупность элементарных технологических операций, позволяющая вектор—сырье превратить в вектор—продукт, называется технологическим процессом.* Совокупность технологических операций, которые выполняются в процессе производства, будем рассматривать как множество T , а совокупность разновидностей используемого сырья — как множество S . Произведение этих множеств составит новое множество R . Элементами этого множества являются всевозможные пары (t, c) , такие, что $t \in T, c \in S$. Затем введем отношение выполняемости D , определенное на R , такое, что при $(t, c) \in R$ утверждение tDc или cDt либо истинно, либо ложно. Функцию, отображающую множество элементов $T \cdot S$ в множество действительных чисел A , зададим таким образом, что

$$[A] = \left\{ \begin{array}{ll} a, & \text{если } tDc \text{ истинно} \\ 0, & \text{если } tDc \text{ ложно} \end{array} \right\}$$

При этом определенному соответствию i Дс присваивается определенный индекс j . Множество значений a_j образует множество объемов технологических работ A , выражающееся действительными числами.

Введем понятие «работа» и измерение ее величины, следуя из такого подхода. В процессе производства создаются материальные блага, количество которых измеряется в определенных физических величинах. Но в процессе производства наряду с этим создается и стоимость, являющаяся выражением количества затрачиваемого общественно необходимого труда. Если процесс производства с точки зрения создания стоимости рассматривается в политической экономии как процесс труда, то с точки зрения создания конкретного материального блага процесс производства будем рассматривать как процесс определенных технологических превращений над веществом природы, которые будем называть определенными работами, а величину последних измерять объемом превращенного вещества.

Отметим, что в политической экономии труд рассматривается в диалектическом единстве конкретной и абстрактной форм, хотя более углубленно этой наукой изучается абстрактный труд как специфическая форма выражения общественного труда. Источником же реального богатства общества является труд в его конкретной форме. Поэтому при изучении вопросов управления производством возникает настоятельная необходимость рассматривать формы проявления конкретного труда.

Процесс конкретного труда и рассматривается как работа, которая имеет качественную и количественную характеристику, в частности планируются и контролируются объемы работ. Например, объем работ в строительстве измеряется количеством кубометров вынутого грунта, вложенного бетона, в сельском хозяйстве — количеством гектаров проведенной вспашки, убранный площади, количеством тонн измельченной силосной массы и т. п.

Технологический процесс обладает свойством последовательности выполнения работ. Различные технологические процессы отличаются либо составом выполняемых работ, либо их последовательностью. В связи с этим элементу a_j необходимо придать признак технологического процесса, который выразим через p : (a_{jp}) . Множество технологических операций, принадлежащих определенному технологическому процессу T_p , интерпретируем как вершины графа. Тогда каждая вершина графа будет означать переход сырья в новое состояние. Вершины графа находятся между собой в определенном соответствии Γ , выражающем последовательность выполнения технологических операций. Выполнение технологической операции на определенном количестве сырья определенного свойства составит определенный вид работы. Тогда, используя теорию графов, каждой дуге графа сопоставим неотрицательное число, выражающее пропускную

способность графа, что в нашем случае будет соответствовать выполняемому объему работ $a_{jл}$. Граф, который характеризуется некоторыми числовыми параметрами, называется сетью. Примем в нашем случае объемы работ как пропускные способности дуг графа, что позволяет рассматривать его как сеть. Последовательность смежных дуг образует путь. Технологический процесс может быть расчленен на несколько технологических путей, в результате реализации которых могут быть получены продукты.

Характерной особенностью рассматриваемого графа является возможность начала технологического процесса не всегда с одной вершины, т. е. наличие нескольких начальных вершин, а возможность получения посредством одного технологического процесса нескольких продуктов обуславливает наличие нескольких конечных вершин. Такая интерпретация связей (дуг) отвечает природе процесса производства, так как последний состоит в преобразовании вещества природы в полезную вещь, что достигается с помощью ряда технологических воздействий. Поэтому правомерно представить процесс производства как процесс движения определенного количества сырья по вершинам (технологическим операциям) графа.

Следует отметить такую особенность системы технологических преобразований. На одном виде сырья последовательно может выполняться ряд технологических операций, которые определяют его последовательные превращения. Каждому этапу превращения будет соответствовать определенное действительное число, которое выражает объем полученного после преобразования сырья либо продукта: $c_{lj+1} = c_{lj} \cdot g_{lj+1}$. В приведенной формуле g_{lj+1} — коэффициент выхода сырья l -го вида после $j+1$ -го технологического воздействия ($g_{lj} \leq 1$), который может использоваться для количественной характеристики технологической системы. Технологическим процессом может предусматриваться соединение нескольких видов сырья в один, что осуществляется с помощью определенной технологической операции, которой также соответствуют определенные количественные характеристики превращения каждого компонента и выхода сырья нового вида. При выполнении технологического процесса возможно получение как отходов, так и сопутствующих продуктов из части обрабатываемого сырья, оставшаяся часть которого будет использоваться в последующем. Таким образом, из одного элемента c_{lj} на j -й технологической операции можно получить r видов промежуточного сырья либо продуктов, а также отходов производства. Сырье будем обозначать через символ S , продукт — через P , отходы — O .

Рассмотренное выше позволяет описать технологический процесс как систему, элементами которой будут события, состоящие в выполнении определенной технологической операции. Элементы будем интерпретировать как вершины графа, а связи будут выражать последовательность выполнения событий. При

этом каждая связь (дуга графа) может иметь определенную количественную характеристику (объем работ, время их выполнения, количественные превращения сырья и т. п.). Отметим, что такой системный подход позволил разработать и успешно применить в управлении производством новые методы — методы сетевого планирования и управления.

Проиллюстрируем это на абстрактном примере, который, однако, достаточно полно отражает разнообразие реальных технологических операций представления технологического про-

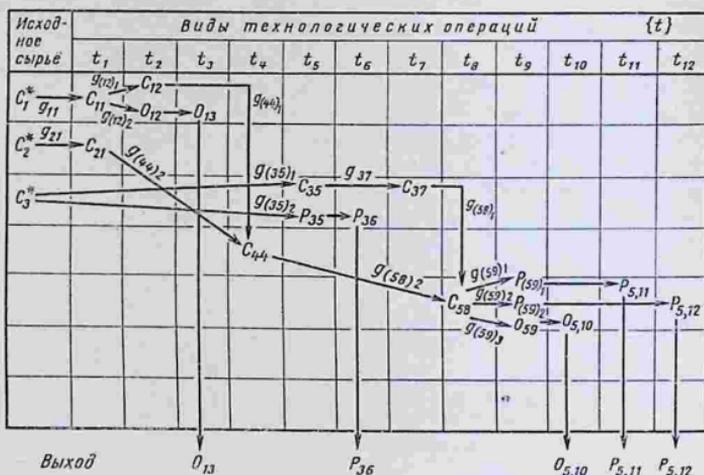


РИС. 17.
Схема технологического процесса

цесса как системы. Для предметности этот процесс можно рассматривать как некий процесс приготовления, например, сложной кормовой смеси. Пусть имеются 3 вида исходного сырья C_1^* , C_2^* , C_3^* . Технологический процесс состоит из нескольких технологических путей, составляющих в общей сложности 12 технологических операций. На рис. 17 изображена схема технологического процесса, отражающая движение и количественные превращения сырья, а также получение продуктов и отходов в ходе реализации технологического процесса. На рис. 18 изображен сетевой график технологического процесса, имеющий три начальные вершины O_1 , O_2 , O_3 , соответствующие началу технологических путей. Каждой дуге сети поставлено в соответствие два числа — объем работ a_{ij} и время ее выполнения b_{ij} . Отметим, что объем работ и время их выполнения на нескольких видах сырья во избежание повторного счета должны быть рас-

членены либо в соответствии с действительными характеристиками, либо делением их пропорционально числу компонентов, либо другим целесообразным способом. Это расчленение осуществляется с помощью коэффициентов z_{jk} так, что $\sum_k z_{jk} = 1$. Это и отражено на сети.

Событие 1 состоит в получении нового сырья C_{11} из исходного сырья C_1^* путем выполнения технологической операции 1. Выход сырья C_{11} составит $C_{11} = g_{11} \cdot C_1^*$. Выполнение этой технологической операции характеризуется объемом работ a_{11} и временем выполнения θ_{11} .

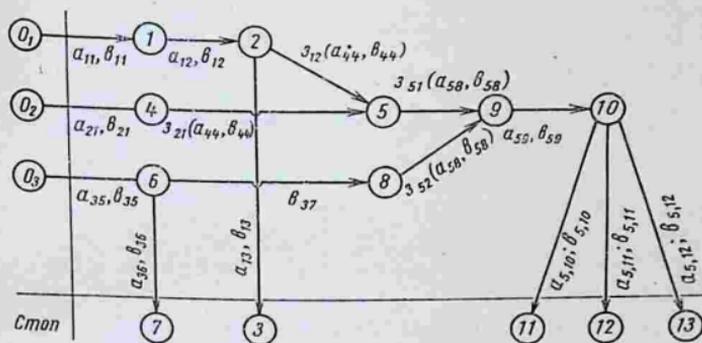


РИС. 18.
Сетевая модель технологического процесса

Событие 2 состоит в выполнении технологической операции 2 на сырье C_{11} , в результате чего получают очередной вид сырья C_{12} и отходы O_{12} : $C_{12} = C_{11} \cdot g_{(12)}$; $O_{12} = C_{11} \cdot g_{(12)}$. При этом выполняется объем работы a_{12} в течение времени θ_{12} .

Событие 3 состоит в выполнении технологической операции 3, заключающейся в выводе отходов из сферы производства путем выполнения объема работ a_{13} за время θ_{13} .

Событие 4 заключается в преобразовании исходного сырья C_2^* в новое сырье C_{21} путем выполнения технологической операции 1: $C_{21} = g_{21} \cdot C_2^*$. На этом этапе выполняется объем работ a_{21} за время θ_{21} .

Событие 5 состоит в объединении сырья C_{12} и C_{21} путем выполнения технологической операции 4. В результате получается новое сырье $C_{44} = g_{(44)_1} \cdot C_{12} + g_{(44)_2} \cdot C_{21}$. Этот этап характеризуется выполнением объема работ a_{44} за время θ_{44} . Для построения сетевого графика этот объем и время необходимо расчленить для каждой из дуг так, чтобы для рассматриваемого случая $a_{44} = z_{12}a_{44} + z_{21}$; $\theta_{44} = z_{12}\theta_{44} + z_{21}\theta_{44}$.

Событие 6 заключается в выполнении технологической операции 5 над исходным сырьем C_3^* , в результате чего получается

новое сырье $C_{35} = g_{(35)_1} \cdot C_3^*$ и продукт $P_{35} = g_{(35)_2} \cdot C_3^*$. На этом этапе выполняется объем работы a_{35} за время v_{35} .

Событие 7 заключается в выводе продукта $P_{35} = P_{36}$ из сферы производственного процесса путем выполнения технологической операции 6. При этом выполняется объем работы a_{36} за время v_{36} .

Событие 8 состоит в прохождении естественного процесса преобразования сырья C_{35} в сырье $C_{37} = g_{37} \cdot C_{35}$.

Естественный процесс превращения сырья будем рассматривать как технологическую операцию 7, причём рассмотрим случай, когда на этом этапе не совершается никакой работы. Следует отметить, что для некоторых технологических операций безразлична последовательность их выполнения, в то время как для естественных процессов сроки и последовательность их прохождения в большинстве случаев строго регламентированы. Время прохождения технологической операции 7 обозначим через v_{37} .

Далее происходит событие 9, состоящее в синтезе сырья C_{44} и C_{37} путем выполнения технологической операции 8, в результате которой получаем новое сырье $C_{58} = g_{(58)_1} \cdot C_{44} + g_{(58)_2} \cdot C_{37}$. На данном этапе выполняется работа a_{58} , за время v_{58} , которое расчленяется на две дуги.

Событие 10 состоит в получении из сырья C_{58} двух видов продуктов $P_{(59)_1}$ и $P_{(59)_2}$ и отходов O_{59} путем выполнения технологической операции 9. Этот этап характеризуется выполнением объема работы a_{59} за время v_{59} .

События 11, 12, 13 состоят соответственно в выводе отходов $O_{5,10} = O_{5,9}$ продукта $P_{(59)_1} = P_{5,11}$ и $P_{(59)_2} = P_{5,12}$ путем выполнения технологических операций 10, 11, 12. На этих этапах выполняются объемы работ $a_{5,10}$, $a_{5,11}$, $a_{5,12}$ соответственно за время $v_{5,10}$, $v_{5,11}$ и $v_{5,12}$.

Таким образом, рассмотренный пример показывает, что технологический процесс можно представить как взаимосвязанную систему с отражением направленности и количественной характеристики связей. Из этого видно, что производственную систему в зависимости от целей исследования можно отобразить различными способами: от рассмотрения в качестве ее первичного элемента крупнейших отраслей народного хозяйства до такого мелкого элемента, каким в этом сравнении предстает элементарная технологическая операция.

Стоимостный аспект системы производства. Рассмотрим систему производства, состоящую из двух подсистем (подразделений): 1 — производящую средства производства, 2 — производящую предметы потребления (рис. 19). Примем, что выходом подсистемы 1 является стоимость продукта, равная величине P_1 , которая распадается на три составные части: c_1 — стоимость, используемую для возмещения затрат прошлого труда, v_1 — стоимость, используемую для возмещения затрат живого труда,

m_1 — прибавочный продукт. Аналогично распадается стоимость продукта P_2 , созданного в подразделении 2, на ее составляющие: $P_2 = c_2 + v_2 + m_2$. Будем также исходить из того, что в сфере индивидуального потребления может потребляться только стоимость, созданная подразделением 2, материализованная в предметах потребления. Хотя конечной целью производства является удовлетворение материальных потребностей, а следовательно, исходя из нашего ограниченного примера, создание предметов потребления, для производства последних необходимо распола-

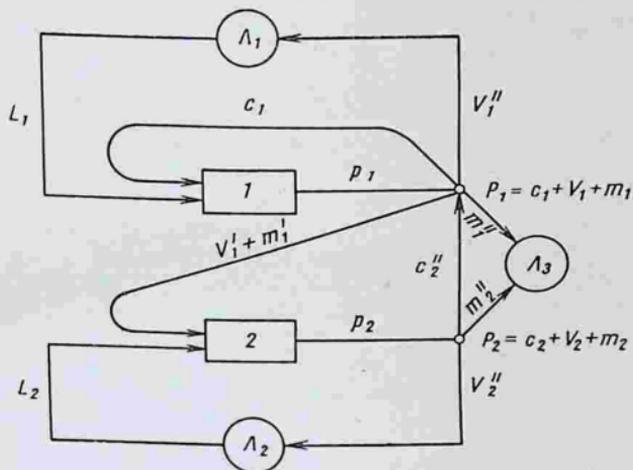


РИС. 19.
Система потоков стоимости

гать средствами производства, стоимость которых в пределах простого воспроизводства составляет величину c_2 . Эти средства созданы в подразделении 1. С другой стороны, в процессе производства средств производства в подразделении 1 потреблено определенное количество труда, воспроизводство которого можно осуществить только предметами потребления, созданными в подразделении 2. Кроме возмещения предметов труда той стоимости v_1 , которая используется для воспроизводства рабочей силы, предметами потребления должна быть возмещена и та часть вновь созданной стоимости, которая будет потреблена в непроизводственной сфере, т. е. величина прибавочного продукта, созданного в подразделении 1. Таким образом, из подразделения 2 в подразделение 1 должна поступить такая величина стоимости, материализованная в продуктах потребления, которая по величине отвечала бы вновь созданной стоимости в подразделении 1 ($v_1 + m_1$), материализованной в средствах производства. Подчеркнем, что при построении рассматриваемой

системы мы исходим из того, что средства производства не потребляются в непродуцированной сфере, а используются только в сфере 1 (величина c_1) и сфере 2 (величина c_2). Исходя из этого можем записать, что величина стоимости P_1 распределяется на два потока: $P_1 = c_1 + c_2$. Первый из них по обратной связи поступает на вход подсистемы 1, второй — на вход подсистемы 2. По структуре стоимости продукта P_1 поток стоимости $v_1 + m_1 = c_2$. Это выводится чисто формально из того, что $P_1 = c_1 + v_1 + m_1$ и $P_1 = c_1 + c_2$. Подсистема 1 соединена с подсистемой 2 связью, выражающей величину потока стоимости $v'_1 + m'_1$, а подсистема 2 связана с подсистемой 1 связью, выражающей величину потока стоимости c''_2 . В целях не только стоимостной, но и вещественной характеристики связей системы числовой индекс внизу символа, определяющий величину потока, отражает его стоимостную принадлежность к подсистеме, а штрихи сверху отражают вещественное содержание стоимостного потока.

Часть стоимости c''_2 , равная величине v'_1 , поступившая в подсистему 1, направляется работникам, занятым в этой сфере (L_1), благодаря чему происходит восстановление рабочей силы в ранее потребленной величине L_1 , и таким образом в этой подсистеме возобновляется процесс производства в прежнем размере. Часть продуктов потребления, равная величине стоимости v''_2 , направляется работникам, занятым в подсистеме 2 (L_2), посредством чего воспроизводится в прежнем размере величина рабочей силы (L_2), которая поступает на вход подсистемы и, соединяясь со средствами производства ($c_2 = v'_1 + m'_1$), осуществляет простое воспроизводство и в этой подсистеме. Части вновь созданной стоимости m''_1 и m''_2 , воплощенные в предметах потребления, после осуществления рассмотренного процесса обмена покидают сферу производства и используются частью общества, не занятой в сфере материального производства (L_3).

На основе зависимости $v_1 + m_1 = c_2$ определяются не только количественные соотношения стоимостных потоков между рассмотренными двумя подразделениями общественного производства, но и может устанавливаться ряд других количественных соотношений. Выведем на базе этой зависимости соотношение между величиной продукта, создаваемого в подразделениях 1 и 2. Для этого установим квоты (доли) некоторых составных частей стоимости в их общей величине. Положим

$$\frac{c_2}{P_2} = d_{2c}, \text{ а } \frac{v_1 + m_1}{P_1} = d_{1(v+m)}.$$

Тогда, исходя из $v_1 + m_1 = c_2$ и учитывая, что $d_{2c} \cdot P_2 = c_2$, а $v_1 + m_1 = d_{1(v+m)} \cdot P_1$, можем записать $d_{1(v+m)} \cdot P_1 = d_{2c} \cdot P_2$.

Откуда

$$P_1 = \frac{d_{2c}}{d_{1(v+m)}} \cdot P_2; \text{ а } P_2 = \frac{d_{1(v+m)}}{d_{2c}} \cdot P_1.$$

Таким образом, зная параметры d_{2c} и $d_{1(v+m)}$ для рассматриваемой системы общественного производства и задавая объем производства продуктов потребления для условий простого воспроизводства, можно определить необходимую величину производства валового продукта в подразделении 1. И наоборот, зная величину производимого продукта в подразделении 1 для заданных параметров, можно определить возможную величину производства продукта в подразделении 2.

Система сельскохозяйственного производства. Возобновление процесса производства в сельском хозяйстве должен предшествовать обмен продуктов труда между подразделениями 1 и 2.

Часть продукции подразделения 1 должна быть обменена на продукцию подразделения 2. Такой обмен между промышленным и сельскохозяйственным производством — непереносимое условие общественного воспроизводства.

Управление потоками (связями) между этими сферами осуществляют ряд организаций, которые в определенной мере формируют их величину, структуру, а также генерируют управляющие воздействия в целях их регулирования. Всю оперативную деятельность, связанную с функционированием потока $P_1 = v_1 + m_1$, в нашей стране ведет Всесоюзное объединение «Сельхозтехника» и его республиканские, областные и районные объединения. Эта административно-управляющая система имеет сложную иерархическую структуру и состоит из двух подсистем: первая служит для выполнения операций по управлению потоком, т. е. вырабатывает определенные управляющие воздействия («Союзсельхозтехника», республиканские, областные и районные объединения «Сельхозтехника»), вторая — товаропроводящая система призвана обеспечить движение товаров, поступающих в нее от промышленности, к сельскохозяйственному производству на основе реализации полученных управляющих воздействий (республиканские, областные, межрайонные и районные базы «Сельхозтехники»).

Управление движением потока $P_2 = c_2$, обеспечивающего переход материальных благ из сельскохозяйственного производства в промышленное, обеспечивается в нашей стране системой заготовительных организаций, а также прямыми поставками сельскохозяйственной продукции на промышленные предприятия, например поступление сахарной свеклы на сахарные заводы.

Как известно, в сельском хозяйстве используются средства производства двух видов: промышленного изготовления, обозначим их C_{1j} , где индекс j обозначает принадлежность этих средств j -му предприятию, и сельскохозяйственного изготовления, обозначим их C_{2j} . Для осуществления процесса производства необходима также рабочая сила, величину которой обозначим через L_j . Основные средства производства промышленного изготовления потребляются в процессе производства не сразу, а по мере их износа. Обозначив через k коэффициент амортизации, вели-

чину износа основных средств промышленного производства определим как $c_{1j} = k \cdot C_{1j}$. Величина c_{1j} и будет характеризовать величину потока промышленных основных средств, потребляемых в процессе производства j -м колхозом, совхозом. В целях упрощения рассматриваемой системы средства производства не будем расчленять на предметы и средства труда (оборотные и основные фонды). При введении в схему такого расчленения предметы труда (оборотные фонды) в пределах их используемой величины будут полностью потребляться в производственном процессе, т. е. в этом случае $k=1$, а величина потока равна величине используемых оборотных средств производства.

По основным средствам производства сельскохозяйственного изготовления (рабочему и продуктивному скоту, многолетним насаждениям и т. п.) амортизация не начисляется, поэтому по таким элементам производства величина $k=0$. Таким образом, при количественной характеристике вещественно-стоимостных потоков средств производства, поглощаемых производственным процессом, в общем случае всегда можно применять коэффициент амортизации; только его значения по отношению к качественной природе средств производства могут изменяться от 0 до 1. Поэтому и при исчислении потока средств производства сельскохозяйственного изготовления нами также использован этот коэффициент: $c_{2j} = k \cdot C_{2j}$.

Из имеющихся в хозяйстве трудовых ресурсов L_j формируется определенная величина труда, которая потребляется в производстве. Если коэффициент использования трудовых ресурсов обозначим через a_j , то величина потребляемого в производственном процессе труда составит $L_j = a_j L_j$, что и определяет количественную характеристику этой связи.

Материальные потоки C_{1j} , C_{2j} и потоки труда L_j материализуются в процессе производства в новые потребительные стоимости, величину которых обозначим через P_j . Таким образом, на вход элемента, выражающего производственный процесс — процесс превращения средств производства и труда в новые потребительные стоимости, поступают величины (C_{1j}, C_{2j}, L_j) , которые можно рассматривать как вектор, преобразующийся оператором (преобразователем) P_j в продукт производства P_j , что формально можно выразить так:

$$(C_{1j}, C_{2j}, L_j) \rightarrow P_j \rightarrow P_j.$$

Часть созданного продукта направляется на восстановление израсходованных средств производства промышленного изготовления. Величина износа этих средств составляет c_{1j}^{**} . В данном случае эту величину будем рассматривать и как величину их выбытия, хотя в реальных условиях это не совпадает. Количество выбывших средств должно быть восполнено промышленным производством. На базе величины c_{1j}^{**} определяется заявка (заказ) промышленности на соответствующие средства производства:

$z_{ij} = c_{ij}^{**}$. Обобщенный заказ по всем предприятиям формирует общий заказ сельского хозяйства промышленному производству: $Z = \sum_i z_{ij}$. Выполненный промышленностью заказ в объеме W затем распределяется по колхозам, совхозам (величины c_{ij}^{**} , которые и восстанавливают выбывшие средства производства). Для простого воспроизводства должно быть обязательное соответствие множеств: $Z = W$.

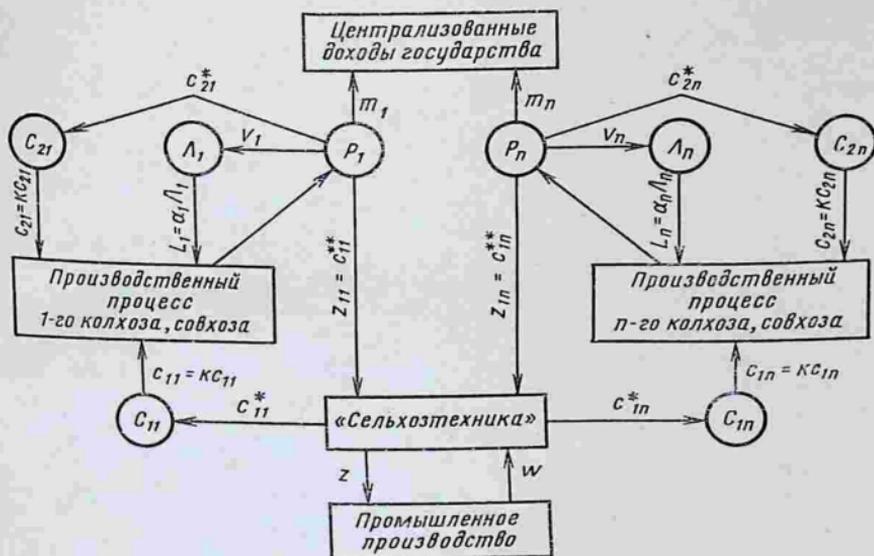


РИС. 20.

Схема основных потоков материального производства колхозов, совхозов

Часть продукта производства используется для восстановления израсходованных средств производства сельскохозяйственного изготовления — величины c_{2j}^* , часть его используется для возмещения затрат труда в форме его оплаты — величины V_j .

Часть вновь созданной стоимости в форме налога колхозы, совхозы вносят в централизованный доход, который используется в общенародных интересах, — величины m_j (рис. 20).

Основные условия, которым должно отвечать управление колхозом, совхозом, известны из соответствующих экономических дисциплин и могут быть сформированы на основе использования рассмотренных элементов и характеристики потоков между ними. Это рекомендуется учащимся сделать самостоятельно.

РАЗДЕЛ II

ИНФОРМАЦИЯ

Глава 4

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Понятие информации. Информация — основное понятие кибернетики. Под информацией понимается осведомление, сведения о каком-либо событии, о чьей-либо деятельности, о развитии какого-либо процесса, рассматриваемые в процессе их передачи.

Экономическая информация — совокупность сообщений, содержание которых необходимо на разных уровнях планирования и управления отраслями народного хозяйства.

В обиходе слово «информация» отождествляется с содержанием какого-либо известия, которое в общем виде может иметь форму устного сообщения, письма, доклада, результатов какого-нибудь исследования, наблюдения и т. п.

Информация, как и все в природе, обладает множеством свойств, потому так многочисленны определения информации. Для более точного понимания этого термина необходимо выделить наиболее существенные характеристики информационных процессов.

Информация по своей природе объективна; она постоянно возникает в процессе производства и выражает качественную определенность или количественную меру свойств, состояний, взаимосвязей и взаимодействия вещей, явлений, процессов.

Информация, как и энергия, принадлежит материальному миру. Отделяясь от вещей на различного рода материальных носителях, она служит средством объяснения закономерностей мира и его преобразования. Информация и информационные процессы объективны и не зависят от создания и воли отдельных людей.

Материальный процесс — это движение и преобразование предметов труда. Процесс труда рассматривается как совокуп-

ность трех моментов — самого труда как целесообразной деятельности, предмета труда и средства труда. Предметы труда в процессе труда преобразовываются под воздействием средств труда, различных видов энергии.

В информационных процессах также присутствуют три главных момента процесса труда, но предметом и средствами труда является информация, так же как и продукт труда. В информационных процессах в качестве предмета труда выступают сообщения (условно-переменная информация) о состоянии управляемого объекта в данный конкретный период и справочная (условно-постоянная) информация. Средствами переработки (аналогично средствам труда в материальных процессах) являются детерминированные и недетерминированные, статистические, вероятностные, имитационные, эвристические, логические и другие алгоритмы переработки информации, причем при переработке также затрачивается энергия, главным образом человеческого мозга. Продуктом целесообразной деятельности человека в информационном процессе является управляющая информация, т. е. информация о необходимом воздействии на управляемый объект в данных конкретных условиях с учетом постановленной цели управления.

Кибернетика понимает под термином «информация» все то, что устраняет неопределенность.

В процессе управления производством постоянно возникает неопределенность о состоянии дел в управляемом объекте, о его действии в настоящий момент (в сельском хозяйстве это в равной степени относится к любому объекту управления — бригаде, ферме, сельскохозяйственному предприятию, сельскохозяйственному ведомству). Необходимо знать, как обеспечивается выполнение установленной программы, плана действия, как обстоит дело с материальным и энергетическим обеспечением, в какой степени оказывают воздействия различного рода возмущения. Неопределенность возникает также в том случае, когда надо знать, какое решение (управляющее воздействие) наиболее целесообразно принять в данной ситуации. Для того чтобы устранить эту неопределенность, необходима информация.

Мерой неопределенности является энтропия. Чем выше неопределенность в системе, тем больше ее энтропия, и чем упорядоченнее система, чем с большей достоверностью можно судить о ее поведении, тем меньше ее энтропия.

Абстрактное статистическое определение энтропии ввел основатель теории информации Клод Шеннон. Термин заимствован из термодинамики, где энтропия молекулярной системы характеризует степень беспорядка, хаотичности. Энтропия (H) в термодинамической системе максимальна, когда содержащееся в системе тепло распределено равномерно, т. е. в системе отсутствует энергия, способная производить работу. К. Шеннон пришел к выводу, что требования, предъявляемые к количественной

оценке неопределенности, лучше всего удовлетворяет логическая функция в форме, известной до сих пор как энтропия Больцмана. В теории информации энтропия принимает наибольшее значение, когда все вероятности равны, что имеет место при наибольшей неопределенности (это соответствует максимальному разнообразию).

Энтропия системы отражает уровень ее организации. По второму закону термодинамики система, не имеющая связи с внешней средой (замкнутая система), с течением времени приходит в состояние наибольшего беспорядка, т. е. энтропия достигает максимума. Такое же положение в системах другой природы, на которую не оказывает влияние любое целенаправленное действие. В этих системах энтропия непрерывно возрастает, т. е. усиливается беспорядок. Возрастанию беспорядка должно быть противопоставлено управление, представляемое как процесс переработки информации. Управление позволяет уменьшить энтропию в системе и уменьшить этим неопределенность в ее поведении. Так, в производстве, в экономических системах для нормального их функционирования должны быть четко взаимосвязаны ресурсы производства и все его процессы. При отсутствии или слабой их взаимосвязке неопределенность поведения, неопределенность дальнейшего развития системы возрастает. Чем хаотичнее производство, чем беспорядочнее поступает информация, тем выше энтропия в производственной системе. В таком случае для упорядочения производства, сокращения энтропии необходимо получить больше информации, переработать ее и на этой основе принять эффективные управленческие решения. Информация при этом выступает как величина, противоположная энтропии. Таким образом, энтропия может выступать как мера недостающей информации о состоянии системы (чтобы подчеркнуть это положение, информацию иногда называют негэнтропией, т. е. отрицательной информацией). Энтропия по знаку противоположна информации. Энтропия есть мера неопределенности, а неопределенность снимается информацией.

Всякое управление можно толковать как увеличение упорядоченности в системе. Получая информацию о состоянии дел в производстве, человек, перерабатывая ее и передавая в виде управленческих решений, устраняет возможную неупорядоченность производства, направляя его к намеченной цели. Управление устраняет хаос, сокращает энтропию, неопределенность поведения, обеспечивает целенаправленное функционирование всех элементов системы. Сказанное позволяет понять одно толкование кибернетики как теории организации, упорядочения систем, борьбы порядка с хаосом.

В теории информации слово «информация» носит качественный характер. Получить информацию означает узнать что-то новое, или узнать больше о чем-то известном. Информация означает множество новых сведений, которые дали сообщения.

Одно и то же сообщение при разных обстоятельствах может содержать различное количество информации. Это зависит от разнообразия, которое наблюдается в системе.

Понятие «разнообразия» исходит из следующего. Дано множество. Сколько различных элементов оно содержит? Допустим, система семипольного севооборота. Если каждое поле считать элементом системы «севооборот», то система содержит семь различных элементов. О таком множестве будет говориться, что оно имеет разнообразие в семь элементов.

Если условиться измерять количество информации логарифмической мерой, то максимальное разнообразие системы, или ее максимальная информационная емкость, равно

$$H = \log N,$$

где N — число состояний системы (формула выведена Л. Хартли).

Слово «разнообразия» в применении к множеству различных элементов будет употребляться в двух смыслах: как число различных элементов и как логарифм этого числа по основанию.

Чем больше в системе разнообразия, тем больше неопределенность в поведении такой системы. Уменьшение разнообразия уменьшает ее неопределенность и, наоборот, увеличение неопределенности свидетельствует об увеличении разнообразия.

Целесообразное функционирование системы наблюдается в том случае, если управляющая подсистема располагает сама достаточным количеством разнообразия по сравнению с управляемой подсистемой. Иными словами, только разнообразие в управляющей подсистеме (регуляторе системы) способно уменьшить разнообразие, создаваемое в управляемой подсистеме (объекте управления).

Только разнообразие может уничтожить разнообразие — это и есть основной тезис закона необходимого разнообразия.

Для того чтобы управляющая подсистема могла достаточно эффективно воздействовать на управляемую подсистему (при наличии в ней необходимого разнообразия), она должна получить достаточную информацию, чтобы уменьшить неопределенность о состоянии системы.

Например, нам известно, что система «севооборот» имеет семь элементов и что управляющая подсистема должна осуществить преобразование по двум из этих семи элементов, посеяв на них яровую пшеницу.

Представим, что эта система (множество D) состоит из элементов:

$$D = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}.$$

Пока неизвестно, какой из этих элементов будет претерпевать преобразования, так как возможности этого равны, разнообразие максимально, неопределенность о поведении системы также максимальна.

Управляющая подсистема (R) имеет информацию о том, что ротация севооборота предполагает следующее чередование культур: чистый пар (A), озимые зерновые (B), многолетние травы первого года пользования (C), многолетние травы второго года пользования (D), яровые зерновые (E), пропашные (F), яровые зерновые (G), т. е. преобразование каждого из элементов системы (T) происходит так:

$$T : \begin{array}{cccccccc} | & A & B & C & D & E & F & G & A \\ \downarrow & B & C & D & E & F & G & A & B \end{array} \dots$$

Заметим, что если бы R не располагала данным разнообразием, то вообще о дальнейшем целесообразном управлении не могло быть речи.

Но этого мало. R должна получить информацию о современном состоянии D . Представим, что она получила информацию: на каком-то поле в этом году будет культура B , на других — C , D ; но эта информация не сокращает неопределенности у R и соответственно не уменьшает разнообразия в системе D .

На следующем этапе получена информация, что $x_2 \rightarrow B$, $x_4 \rightarrow C$, $x_5 \rightarrow D$. Следовательно, для размещения яровых зерновых остались поля x_1 , x_3 , x_6 , x_7 . Разнообразие сократилось с семи элементов до четырех, соответственно уменьшилась неопределенность в управлении системой.

Следующая информация получена о том, что предшествующими характеристиками преобразований на поле x_1 было G , на x_3 — D . Тогда разнообразие, которым располагает R , позволяет утверждать, что следующее преобразование, которое будет претерпевать элемент x_1 , будет $G \rightarrow A$, а x_3 — $D \rightarrow E$. Таким образом, одно из двух полей, которое будет занято под зерновыми, будет x_3 . Но на каком поле будут посеяны еще зерновые — на x_6 или x_7 ? В данном случае разнообразие сократилось с семи до двух элементов, соответственно уменьшилась неопределенность. В этом случае требуется минимальное количество информации: скажем, чем было занято поле x_6 (или поле x_7 , безразлично)? Допустим, получена информация, что x_6 было занято ранее культурой E . Очевидно, в текущем году второе поле зерновых яровых будет на x_7 , где преобразования будут $F \rightarrow G$.

Разнообразие, которым располагала R , позволило полностью уничтожить на данном этапе разнообразие, создаваемое D , полностью устранить неопределенность в поведении системы. Но заметим, что это только на данном этапе. При определении последующего состояния системы будет создаваться вновь разнообразие в D , не превышающее максимально возможного, и вновь будет неопределенность в преобразованиях системы, пока R не получит нужную информацию.

Допустим, что последующие чередования культур на полях севооборота будут проходить по несколько измененной схеме

или же имеются опытные данные о том, что несколько измененное чередование повысит экономическую эффективность севооборота и в большей степени будет удовлетворять производство. Но если R не будет обладать достаточным разнообразием и в числе элементов ее системы не будет присутствовать элемент, соответствующий новому порядку преобразований, то она либо не сможет уничтожить все разнообразие, на которое способна система D , или в лучшем случае будет уничтожать только то разнообразие, которое было ей доступно ранее. То же будет, если возникает какое-то возмущающее действие, а R не знает, как его подавить.

Приведенный пример, подтверждая справедливость утверждения: информация — все то, что устраняет неопределенность, позволяет сделать еще следующие дополнительные выводы.

1. Последствием принятия информации является ограничение разнообразия множества, из которого осуществлялся выбор.

2. Информация существует только с системой, действие которой она обуславливает. Это означает, что сведение является информацией в тех случаях, когда существует система, которая способна и хочет согласно принятой информации изменять свою деятельность.

3. Объем информации не определяется одним сообщением (сведением), информация не является внутренней особенностью одного сообщения. Информация определяется тем, что можно было бы ожидать, сколько возможностей и с какой вероятностью.

Количественная оценка информации. Непосредственная количественная оценка (измерение) информации практически пока неизвестна. Поскольку же информация является тем, что уменьшает какую-то неопределенность у получающего ее, то можно к ее измерению подойти через степень неопределенности. Для этого прежде всего необходимо установить общую степень неопределенности в поведении управляемой системы. Затем, после получения определенного количества информации, вновь установить неопределенность и определить разность, т. е. какое количество неопределенности устранила данная информация. Таким образом можно дать количественную оценку информации.

Рассмотрим некоторые основные особенности неопределенности.

У детерминированной системы достаточно знать состояние импульсов на входах и функцию системы, для того чтобы устранить полностью неопределенность поведения системы и получить полную информацию о реакции системы на выходах.

В отличие от этого информация о значениях импульсов на входах стохастической системы содержит значительно меньше информации о возможных реакциях на ее выходах. Это объясняется тем, что каждому импульсу на входах стохастической системы соответствует больше одной реакции на выходах, каждая с определенной вероятностью, что можно установить прове-

дением опытов. Из закона больших чисел Бернулли следует, что чем больше произведено опытов, тем большая вероятность относительной повторяемости каждого результата, мало отличающейся от вероятности этого результата.

Напомним, что вероятность возникновения какого-то случайного явления находится в пределе 0—1 и устанавливается соотношением числа благоприятных случаев к числу возможных случаев. Чем больше вероятность появления случайного явления, тем точнее, определеннее можно предсказать, произойдет ли случайное явление.

В таком случае *неопределенность в принятии решения зависит, во-первых, от числа возможных результатов, во-вторых, — от распределения вероятности*. Неопределенность в принятии решения (в данном случае трудность определения последующего состояния системы) меньше при выборе из меньшего числа возможностей и постепенно возрастает с увеличением числа возможностей.

Например, необходимо решить, развить систему мелиорации или нет, т. е. выбрать из минимального числа возможностей две. Это решение будет положительным, если будет получена прибыль, или отрицательным, если прибыли не будет.

Неопределенность в принятии решения в значительной степени зависит от распределения вероятности. Причем зависимость между вероятностью появления определенного состояния системы и неопределенностью в принятии решения обратно пропорциональна. Если какое-то состояние наступает с равной вероятностью, то неопределенность максимальна. Если вероятность равна единице, то неопределенность равна нулю.

Преобладающее большинство информационных процессов в сложных экономических системах имеет вероятностный (стохастический) характер и поэтому содержит неопределенность. Информация способна устранять или уменьшать неопределенность. Поэтому укажем, как измерить эту неопределенность.

Количественная оценка неопределенности i -го результата обозначается символом H . Она является функцией вероятности p_i :

$$H_i = f(p_i),$$

где p_i — вероятность, что будет получен i -й результат из n возможных результатов и что $\sum_{i=1}^n p_i = 1$. Это утверждает определенно, что какой-то результат обязательно должен быть получен.

Для того чтобы эта функция могла стать количественной оценкой неопределенности результата, она должна удовлетворять следующим требованиям.

1. Если i -й результат определенный, то неопределенность этого результата равна нулю, т. е. должно быть применимо $f(1) = 0$.

2. Чем больше вероятность результата, тем меньше его неопределенность.

Пусть p_i и p_j являются вероятностью разных результатов и пусть $p_i < p_j$, тогда должно быть применимо

$$f(p_i) < f(p_j).$$

3. Неопределенность результата, состоящего из двух взаимно независимых результатов с вероятностью p_i и p_j , равна сумме неопределенности отдельных результатов. В этом случае должно быть применимо

$$f(p_i \cdot p_j) = f(p_i) + f(p_j).$$

Количественная оценка неопределенности (H) может быть распространена на множество возможных результатов. Это увеличит число требований к H .

4. H является функцией всех вероятностей возможных результатов.

5. H приобретает максимальное значение именно тогда, когда все вероятности одинаковы. Это требование следует из того, что неопределенность решения возрастает одновременно с числом возможных результатов и равномерностью распределения вероятности между ними.

Если предположить, что каждое из n явлений появляется с вероятностью p_1, p_2, \dots, p_n , причем $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, то выражение

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_a p(i)$$

удовлетворяет всем требованиям, которые были предъявлены к количественной оценке неопределенности. Если n явлений представляет n возможных результатов какого-то опыта, то функция H согласно приведенному выражению отражает среднюю энтропию опыта.

Измерение энтропии, неопределенности системы, информационного сообщения. Общепринято единицей количества информации считать один бит. Единица измерения информации «бит» представляет собой одно из двух возможных состояний носителя информации, передающих сообщение об одном из двух равновероятных состояний системы. Один бит (двоичный разряд) устраняет неопределенность решения при двух возможностях, имеющих одинаковые вероятности.

Известно, что максимальная информационная емкость системы выражается как $H = \log N$. Примем за основание логарифма число два ($\log_2 2$). Это удобно главным образом потому, что наиболее простая форма решения представляет собой выбор между двумя возможностями (0 или 1; да или нет).

Тогда для систем, содержащих n элементов, с двумя устойчивыми состояниями максимальное разнообразие (информационная емкость) будет составлять

$$H = \log_2 2^n = n \text{ бит.}$$

Если рассмотреть эту систему в динамике, в процессе перехода от i -го состояния к j -му, с какой-то вероятностью p_{ij} , то тогда при $p_{ij} = p_i$

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

где $\sum_{i=1}^N p_i = 1$.

Это выражение соответствует энтропии системы, или мере информации о состоянии системы, недостающей для полного устранения неопределенности в поведении системы.

В том случае, если все состояния равновероятны, энтропия достигает максимума и становится равной мере разнообразия (введенной Р. Хартли):

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

при $p_i = p = \frac{1}{N}$.

Иными словами, выражение указывает на максимальную информационную емкость системы, или на то, какое количество информации необходимо для устранения неопределенности системы (упорядочения, достижения организованности в системе).

Таким образом, энтропия может рассматриваться так же, как количественная характеристика организованности систем. Мера I информации, устраняющей неорганизованность системы, и энтропия этой системы находятся в следующей зависимости:

$$I = -H = \sum_{i=1}^N p_i \log p_i.$$

Минус в формуле перед H означает, что энтропия является отрицательной величиной. Вероятность p_i находится в пределах $0 < p_i < 1$, и логарифм такого числа всегда отрицательный. Поэтому величина результата будет положительной.

Проиллюстрируем сказанное следующим примером. На основании многолетних метеорологических данных установлено, что в данной местности в первой декаде апреля число дождливых и солнечных дней равно; следовательно, будет ли на следующий день дождь или солнце равновероятно (при условии, что нет зафиксированной информации о погоде в уже прошедших днях первой декады). Следовательно, вероятность той или иной погоды $-p_i = \frac{1}{2}$. Тогда количество информации, необ-

ходимое для принятия решения о сельскохозяйственных работах на следующий день, можно выразить через энтропию данного события (неопределенность) при $p_i = \frac{1}{2}$, $a_i = 1, 2$:

$$H = -(p_1 \log_2 p_1 + p_2 \log_2 p_2) = -\left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}\right) = \\ = -\log_2 \frac{1}{2} = (\log_2 1 - \log_2 2) = -\log_2 1 + \log_2 2 = 0 + 1 = 1 \text{ бит.}$$

Энтропия имеет в данном случае величину в 1 бит. Следовательно, информация, необходимая для устранения этой неопределенности, должна достигнуть величины в 1 бит.

Рассмотрим важнейшие особенности энтропии, вытекающие из требований, предъявляемых к ней как мере неопределенности.

1. Энтропия — число положительное (в крайнем предельном случае равно нулю).
2. Энтропия определенного явления i приближается к нулю, если вероятность p_i приближается к единице.
3. Энтропия равна нулю, если данное явление однозначно определенное.

4. Максимум энтропии соответствует наибольшей неопределенности, т. е. равенству вероятностей всех возможных явлений. Тогда $H_{\max} = \log_a n$ бит, где n — число явлений.

5. Энтропия сложного опыта $H(\alpha, \beta)$, в котором важен порядок результата и опыты α и β независимы, равна сумме энтропий отдельных опытов: $H(\alpha, \beta) = H(\alpha) + H(\beta)$.

Количество информации, или информационное содержание принятого сообщения (I), получают как разность между неопределенностью у принимающего до принятия этого сообщения (H) и неопределенностью после принятия (H_1): $I = H - H_1$.

Для выражения степени информированности принимающего сообщения используется зависимость:

$$I_{\text{оти}} = \frac{H_{\max} - H_1}{H_{\max}},$$

где H_{\max} — максимальная энтропия при $p_i = \frac{1}{n}$.

Для определения процента принятой до сих пор информации получающим может быть использован показатель

$$I_{\text{оти}} = \frac{H_{\max} - H_1}{H_{\max}} \cdot 100 (\%).$$

Процесс устранения неопределенности и роста информированности покажем на следующем примере. Для удобства обозрения сведем все результативные данные в табл. 4.

Имеется пять вариантов различных схем внесения удобрений с различными дозировками отдельных видов минеральных удобрений. Подбор осуществлялся таким образом, чтобы каж-

Моменты	Сообщение	p_i					Разнообразие		Энтропия (H)	Информационное содержание сообщения (I)	Степень информированности (I _{отн})	Принятая информация к общей информационной емкости процесса, %
		1	2	3	4	5	количество (n)	единица измерения, бит				
1	Максимальная неопределенность	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	5	2,322	2,322	0	0	0
2	Данные с учетом собственного опыта Сообщения о фактическом состоянии	0,2	0,4	—	0,2	0,2	4	2	1,922	0,4	0,17	17
3	Первое	0,2	0,4	—	0,2	0,2	4	2	1,922	0	0,17	17
4	Второе	—	0,4	—	0,3	0,3	3	1,586	1,571	0,35	0,32	32
5	Третье	—	0,7	—	0,3	—	2	1	0,881	0,69	0,60	60
6	Четвертое	—	1	—	—	—	1	0	0	0,881	1	100

дый из этих вариантов в определенных, но различных условиях обеспечивал высокую урожайность пшеницы, т. е. для конкретных условий каждый из этих вариантов был оптимальным, наилучшим. Предстоит рекомендовать какой-то из этих вариантов для внесения удобрения под пшеницу в определенной зоне. Какой из них будет рекомендован?

В первый момент лицо, которое должно принять решение о выборе схемы и доз внесения удобрений, знает только то, что удобрение будет вноситься под пшеницу и что каждый из рассматриваемых вариантов отобран как оптимальный для известных условий. Так как пока неизвестны условия, в которых будет высеиваться пшеница, то каждый из пяти вариантов с равной вероятностью может быть рекомендован как наиболее соответствующий.

Вероятность избрания каждого варианта составляет $p_i = \frac{1}{5} = 0,2$ (напомним требование $\sum_{i=1}^n p_i = 1$; $\sum_{i=1}^5 p_i = \sum_{i=1}^5 0,2 = 1$).

Разнообразие, определенное числом вариантов, равно 5. Так как наибольшая неопределенность соответствует максимальной мере разнообразия, то ее максимальная информационная емкость равна $\lg 5 = 2,322$ бит информации.

Наибольшей неопределенности, т. е. равенству вероятностей всех возможных явлений, соответствует максимум энтропии:

$$H_{\max} = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i = \log_2 N;$$

$$\log_2 5 = 2,322 \text{ бит.}$$

С учетом этих необходимых данных управляющее лицо принимает меры для получения информации, которая позволила бы устранить неопределенность и избрать нужный вариант рекомендации.

Личный опыт управляющего лица дает ему основание сделать вывод, что третий вариант был получен на орошаемом земельном участке. Так как он полагает, что рекомендации будут сделаны для богарного земельного участка, он исключает этот вариант. Кроме того, личный опыт подсказывает ему о преимуществах второго варианта.

Рассчитаем характеристики этого сообщения (записанного во второй строке). Прежде всего, разнообразие ограничено с пяти до четырех элементов, и максимальная информационная емкость системы равна двум битам. Однако неопределенность системы меньше, так как вероятность всех возможных явлений неодинакова.

Воспользуемся формулой

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i.$$

Необходимые значения находим в таблице величин $-p_i \log_2 p_i$: $(-0,2 \log_2 0,2) + (-0,4 \log_2 0,4) + (-0,2 \log_2 0,2) + (-0,2 \log_2 0,2) = 0,4644 + 0,5288 + 0,4644 + 0,4644 = 1,922$ бит. Информационное содержание сообщения исчисляем по формуле

$$I = H - H_1 = 2,322 - 1,922 = 0,4 \text{ бит.}$$

По ранее приведенным формулам (стр. 83) рассчитаем степень информированности $\left(\frac{2,322 - 1,922}{2,322} = \frac{0,4}{2,322} = 0,17 \right)$ и процент принятой информации с учетом первоначальной информационной емкости этого процесса — 17%.

В третий момент было получено первое сообщение о фактическом состоянии участка, на котором предстоит высевать пшеницу. Это сообщение подтвердило выводы, сделанные управляющим лицом на основании собственного опыта. Все информационные характеристики данного процесса остаются неизменными, исключая информационное содержание сообщения. Ничего нового информация первого сообщения не принесла.

Второе сообщение дало дополнительную информацию о закисленности почвы. Это явилось причиной исключения из дальнейшего рассмотрения первого варианта, которым рекомендовались удобрения с кислой основой. Одновременно это сообщение позволило несколько повысить степень вероятности рекомендации четвертого и пятого вариантов.

Проведем необходимые расчеты.

Мера разнообразия (информационная емкость): $\log_2 3 = 1,58$ бит. Энтропия процесса: $(-0,4 \log_2 0,4) + (-0,3 \log_2 0,3) + (-0,3 \log_2 0,3) = 0,5288 + 0,5211 + 0,5211 = 1,571$ бит.

Информационное содержание сообщения: 1,922 бит — 1,571 бит = 0,35 бит.

Степень информированности: $\frac{2,322 - 1,571}{2,322} = 0,32$.

Процент принятой информации — 32%.

Во время третьего сообщения получена информация, исключая возможность применения пятого варианта и в то же время увеличивающая вероятность второго варианта.

Информационные характеристики будут следующие.

Мера разнообразия (информационная емкость): $\log_2 2 = 1$ бит.

Энтропия процесса: $(-0,7 \log_2 0,7) + (-0,3 \log_2 0,3) = 0,3602 + 0,5211 = 0,8813$ бит.

Информационное содержание сообщения: 1,571 бит — 0,8813 бит = 0,6897 бит.

Степень информированности: $\frac{2,322 - 0,8813}{2,322} = 0,603$.

Процент принятой информации — 60%.

Наконец, четвертое сообщение позволило полностью устранить неопределенность и обоснованно рекомендовать второй вариант схемы и дозировки удобрений под посев пшеницы, полагая, что это оптимальный для данных условий вариант.

Как видно, с получением каждого нового сообщения неопределенность уменьшается; одновременно сокращается энтропия и увеличивается информированность управляющего лица вплоть до последнего сообщения, полностью устранившего неопределенность в поведении системы (в возможности возникновения явления).

С понятием разнообразия тесно связано понятие степени свободы. Возможно следующее определение этого понятия. Если некоторое множество векторов не охватывает всех возможных значений (фактическое число векторов, имеющих при данных условиях, меньше числа векторов, возможных без каких-либо условий), то оставшуюся еще свободной область иногда можно успешно измерить, указать, сколько независимых составляющих дали бы такое же разнообразие. Это число составляющих называется степенью свободы данного множества. Если возможны все комбинации, то число степеней свободы равно числу составляющих. Если возможна только одна комбинация, то число степеней свободы равно нулю.

Из этого можно сделать еще один вывод: *чем больше степеней свободы в системе, тем выше ее энтропия и тем больше необходимо иметь информацию, устраняющую неопределенность поведения системы, противодействующую энтропии.*

Событие. Передача сообщения. Преобразования, происходящие в управляемой подсистеме, смена состояний подсистемы являются по существу событиями, о которых должна быть информирована управляющая подсистема. *Событием называ-*

ется каждая фиксируемая наблюдением количественная или качественная определенность динамической системы, ее состояний. Различают простые и сложные события.

Передача информации о каком-либо событии может быть осуществлена с помощью каких-либо сигналов. Сигнал как физический носитель информации может:

- 1) возникнуть только на основе свершившегося преобразования, какого-либо действия, изменения состояния системы, т. е. на основе какого-либо события;
- 2) иметь самостоятельную физическую сущность и существовать независимо от содержания происшедшего события;
- 3) всегда существовать в какой-нибудь организованной системе и всегда быть связанным с каким-либо материальным объектом и процессом;
- 4) существовать длительное время;
- 5) передаваться на разные расстояния;
- 6) иметь непрерывную или прерывистую характеристику, быть статическим или динамическим (с учетом элемента времени).

Сигналы проходят в системе по определенным коммуникациям, путям, связям, т. е. каналам. Каналом является какое-либо связующее звено или вообще устройство, посредством которого осуществляется передача сигнала от источника информации к адресату, а также от источника шума к среде, по которой проходят сигналы. *Любая среда — воздушная, техническая, документооборот и т. п., т. е. все то, по чему можно осуществить передачу информации, называется каналом.*

Основное предназначение канала связи — информационная увязка отдельных элементов системы или отдельных систем. Каналы связи характеризуются в основном количеством информации, которая может быть ими передана, т. е. пропускной способностью.

Пропускная способность каналов связи измеряется количеством двоичных символов, которые проходят через канал в определенный отрезок времени, например за секунду. В отношении скорости прохождения информации действует сформулированная К. Шенноном теорема: «Пусть источник имеет энтропию H (бит/символов), а канал имеет пропускную способность V (бит/сек). Тогда можно закодировать сообщения на выходе источника таким образом, чтобы передавать символы по каналу со средней скоростью, как угодно близкой к $\frac{V}{H}$. Передавать со средней скоростью, большей, чем $\frac{V}{H}$, невозможно».

Эта формула дает идеальный предел скорости передачи информации. В реальной действительности практически достижимая скорость передачи информации всегда бывает меньше. Это объясняется тем, что энтропия сообщения, передаваемая по

каналу связи, имеет тенденцию к возрастанию, главным образом из-за помех, шума, искажающего сообщение.

Борьба с различного рода шумами, возмущениями — одно из важнейших условий ускорения прохождения информации по каналам связи.

Ускорение передачи информации по каналам связи имеет большое значение для повышения эффективности функционирования производственных систем. Это усугубляется тем, что человеческое мышление предстает в процессе переработки информации как своеобразный канал связи, от пропускной способности которого во многом зависит действенность и эффективность управленческих решений. Если человек успевает вовремя переработать необходимую для принятия решения информа-



РИС. 21.
Принципиальная схема системы связи

цию, т. е. его канал связи обладает достаточной пропускной способностью и устойчивостью к шумам, то можно ожидать принятия наиболее эффективных управленческих решений. Если сроки переработки, сроки прохождения информации через канал связи — мышление человека и время, необходимое для выдачи решений, не согласуются, то решение принимается либо с запозданием, либо в условиях неполной переработки информации. И первое и второе отрицательно сказывается на темпах развития производства.

В ранних работах по теории информации было предложено символическое изображение системы связи в виде блок-схемы (рис. 21).

Эта схема отражает самые существенные элементы любой системы связи, будь то разговорный канал между двумя собеседниками, телеграфный, телефонный или радиоканал.

Чтобы сигналы, проходящие по каналам связи, сохраняли соответствующее им сообщение и имели информационный смысл, должен быть комплекс правил, согласно которым отдельным сигналам придается определенное значение. Комплекс этих правил называют кодом.

Следовательно, согласно коду информации придается определенный сигнал, и это придание сигнала взаимоднозначно.

При разработке кодов используются знаки (символы, идентификаторы данной структуры). Знак — это информационное изображение некоторого объекта или явления. В любом знаке раз-

личают означают — организацию носителя знака и означаемое — объект, который замещается данным знаком. Обозначение каких-то управляемых объектов выполняется в виде комбинаций символов некоторого алфавита. Такая комбинация предстает как слово в данном алфавите, а совокупность слов — как фраза, или выражение. Слово, фраза являются также знаками.

Для кодирования используется последовательная запись некоторого множества знаков, отделяемых принятыми разделительными знаками. Такая запись называется кодирующим списком (К-список), а множество содержащихся в них знаков — элементами или членами списка.

Список, не допускающий изменения порядка записи элементов, называется последовательностью.

Различают коды обратный и необратный. Обратный — это такой код, при использовании которого можно полностью восстановить текст передаваемого сообщения в его первоначальном виде.

Кодирование и дешифровка событий происходят не только в отношении изменений буквы одного алфавита на буквы другого. Некоторые коды оперируют с векторами, иные же являются произвольными и изменяют, например, целую фразу в одно слово.

Кодированию подлежат как дискретные, так и непрерывные сообщения.

Поскольку при кодировании, как правило, изменяется количество символов и распределение вероятностей, то обычно изменяется и энтропия символа сообщения. Отсюда следует, что можно найти такой код, который имеет наибольшую энтропию символов, т. е. наименьшее число символов для данного количества информации. Такой код для передачи определенного сведения будет требовать наименьшего числа символов и кратчайшего времени передачи.

Однако большинство кодов отличается избыточностью. Это значит, что при передаче сообщений не используются все возможности кода, причем умышленно. Избыточность кода является одним из способов защиты от отрицательного воздействия разных возмущающих элементов — шумов, которые воздействуют на сигнал при его прохождении по каналу. Шум по существу неотличим от любой другой формы разнообразия. Но в нашем случае мы понимаем под информационным шумом такое воздействие на канал связи, по которому происходит передача сообщения, когда входная информация искажается в большей или меньшей мере так, что не может быть однозначно восстановлена на выходе. Термин «шум» для всех случайных неполадок, которые в процессе передачи могут появиться и воздействовать на закодированное сведение, столь же обычен, как и «канал».

Для облегчения дешифровки сведения, полученного по сильно нарушенному каналу, чаще всего используются два вида профилактики.

1. Возрастание пропускной способности канала путем его увеличения.

По этому принципу работает нервная система человека, где каждая связь настолько увеличена, что неполадки практически ликвидируются.

2. Замедление передачи сведения, что означает использование кода с большей избыточностью.

Примером применения такого избыточного кода может служить запись и передача полных слов вместо общепринятой аббревиатуры: в письме — улица вместо ул., город вместо г., дом вместо д. и т. п. Избыточность отдельно произносимой или написанной речи (на европейских языках превышает $\frac{1}{2}$) дает возможность по нескольким слогам угадать все слово, иногда по нескольким словам и всю остальную часть фразы. Поэтому обычный текст легко понять, даже когда он содержит опечатки или ошибки.

Сохранение информации. Информация, используемая для планирования и управления, предстает в зафиксированном виде на определенных носителях информации, которые могут быть в виде документов, перфокарт, перфолент, книг — бумажные носители, а также в виде магнитных запоминающих устройств типа магнитной ленты, намагничивающейся проволоки, сердечников — носители, основанные на определенных запоминающих свойствах технических средств. К носителям информации относятся и мозг человека.

Носители информации так или иначе представляют собой искусственную память системы. Потребность в наличии искусственной памяти связана с тем, что информационные процессы не всегда связаны с людьми и замечаются ими. Огромнейшую информацию о себе содержит каждая система. С внешней средой контактируют только отдельные качества и свойства этих систем, информация о которых становится доступной наблюдателю. Следовательно, к возникновению того или иного события имеют отношение только свойства этих систем.

В результате события многие качества и свойства вещей претерпевают определенные изменения. При этом событие несет совершенно точную и полную информацию как о факте события, так и о тех свойствах и качествах, которые в связи с ним получили вещи, но совершенно не содержит информации о свойствах и качествах вещей, систем до события, об обстоятельствах, вызвавших событие.

Поэтому управление ходом событий требует отделения информации систем от самих систем, так как в результате смены состояний системы, отразившейся в событии, система может утратить все те характеристики качества и свойств, которые оп-

ределили данное событие. Эта зафиксированная информация представлена на определенном материальном носителе, характеризует вещь и событие в качестве их гомоморфной модели, отражающей только существенные стороны и находящейся вне характеризуемой ею системы. Эти специальные носители именуется памятью.

Сохранность информации в значительной степени зависит от материальной основы носителей, избранных в качестве памяти. Потеря памяти может происходить по многим причинам, в том числе и по чисто техническим (стирание магнитной записи, порча перфокарт, утеря документа). Для того чтобы предотвратить потерю памяти, применяют различные предупреждающие меры — повторная (даже многократная) запись информации с учетом частоты обращения к ней; организация специальных дубликатов на других носителях и т. п.

Потеря памяти может произойти также при перезаписи информации с одного носителя на другой или же при дешифровке (декодировании). И в этих случаях, кроме устранения элементов, порождающих шум, применяется для сохранности информации копияное исполнение.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Принципы моделирования экономического языка, экономическая семиотика. В общем понимании язык есть определенная знаковая система, приспособленная для обмена информацией между людьми, машинами, системами, способными к восприимчивости знаков.

Информационные процессы в сложных динамических системах, какими являются системы, выполняющие определенную экономическую программу (программу производства), и в которых значительные, ведущие функции по генерированию информации управляющих воздействий принадлежат человеку, неизбежно сталкиваются с необходимостью передачи информации по различным материальным каналам, с обменом информацией между различными по своей природе элементами системы. В общем информационные процессы происходят в системе, которая может быть представлена как «человек — технические средства передачи и переработки информации» (где человек выступает и как регулятор системы, и как оператор при работе с техническими средствами), или упрощенно — «человек — машина».

В экономической системе независимо от уровня технической оснащенности информационных процессов возникают коммуникативные связи, коммуникативные системы. Они обладают некоторыми специфическими свойствами. Прежде всего, в такой системе хотя бы один из объектов обладает коммуникативным намерением — потребностью передать информацию. Далее, передаваемая информация может изменять поведение другого объекта, т. е. целенаправленно управлять происходящими сменами его состояний.

Рассматривая информационные процессы в экономических системах, можно всегда выделить звено, генерирующее информацию управляющих воздействий (человек), и управляемый объект, которым может выступать человек или машина. Для реализации между ними коммуникативного акта необходим определенный язык, на котором реализуется обмен сообщениями, и соответствующая теория знаковых систем — семиотика.

В человеческих коммуникативных системах, использующих естественные языки, развитые в процессе общения людей, понимание смысла сообщения облегчается тем, что люди незави-

симо от их языка (понимая под этим национальные языки) имеют одинаковые устройства передачи и восприятия информации. Затруднения в понимании одного человека другим, незнакомого иностранного языка относятся не к проблеме знаковой системы, приспособленной для обмена информацией, а к проблеме кода, на котором передается сообщение. Каждое сообщение имеет две стороны: смысловую, содержательную (семантическую) и физическую, которая проявляется в способе кодирования, т. е. в форме выражения данного сообщения. В естественных языках содержание одинаковых сообщений, как правило, совпадает даже при различном выражении сообщения. В этом случае различные национальные языки могут рассматриваться как различные коды, с помощью которых выражается одинаковое содержание одинаковых сообщений.

Для нормального функционирования любой управляемой экономической системы чрезвычайно важным является сохранение при протекании информационных процессов семантической стороны сообщения. Пренебрежение естественных языков при создании коммуникативных связей в «человеко-машинных» системах невозможно не только из-за различных вводных и выводных устройств, но и потому, что естественные языки обладают большой гибкостью, богатством оттенков при описании явлений, множественностью синонимов и омонимов. Их неоднозначность, а также субъективизм, проявляющийся в индивидуальной реакции человека, чрезвычайно затрудняет формализованное описание информационных процессов и коммуникативных связей.

Для реализации процессов обмена информацией в экономических системах создается специальный комбинированный язык, включающий формализованные и эвристические описания.

Такой язык имеет набор элементарных символов (алфавит), из которых строятся слова и выражения; набор формальных правил действий над словами и выражениями (синтаксис), а также указания значения этих выражений (семантика). Правила такого языка должны быть формальны, т. е. выполнение их должно производиться механически, без особого внимания к содержанию. Но при их составлении должен быть обязательно учтен содержательный смысл выполняемых преобразований.

Язык, используемый как информационный в экономических системах, относится к комбинированному, т. е. не строго формализованному, языку (экономический язык). Это вызывается тем, что при описании структуры и функций сложных систем применяются определенные объекты и процессы, в которых переработка информации для принятия управленческих решений осуществляется двумя методами — алгоритмическим и эвристическим.

Алгоритмический метод принятия решения применяется в условиях достаточных объемов информации, по ситуациям, исходя

которых заранее известен, и по заранее составленному плану, который необходимо выполнить.

Эвристический метод принятия решений применяется в условиях недостаточной полноты и определенности входной информации, а также при вероятностных ситуациях, исход которых заранее неизвестен.

Смоделированный информационный язык для использования в экономических системах с учетом связи «человек — машина» должен соответствовать ряду основных принципов.

1. Быть удобным средством связи между человеком и машиной с позиций оператора.

2. Обеспечивать эффективную обработку по сложным алгоритмам больших массивов информации, имеющих сложную структуру, с большим удельным весом в процессе ее обработки операций ввода и вывода данных, их сортировки и перегруппировки.

3. Накапливать названия документов, хранить и выдавать их содержание при условии невозможности определения заранее точного объема такой информации, а лишь примерного определения ее структуры.

4. Не допускать двусмысленности, исключать синонимы и омонимы, допускать только однозначное истолкование.

5. Быть удобным для формализации следующих функций: выбор нужной информации; отождествление различных образцов записанных фактов; дедукцию, т. е. производство логического вывода.

Построение экономического языка системы сводится к следующим этапам:

четкое определение пределов предметной области;

логико-лингвистический анализ терминологии;

выбор элементарной лексической единицы;

кодирование символов языка, его экспериментальная проверка и доработка.

Экономический язык, его семиотику наиболее целесообразно создавать как комбинированный язык. Это по существу новые принципиальные подходы, изыскивающие возможность создания такого языка где-то на стыке эвристических и алгоритмических описаний. Одна из таких идей — идея последовательной формализации — реализуется при построении некоторых языков (к примеру язык АЛГОЛ). Суть этой идеи состоит в разработке системы взаимосвязанных языков или уровней обобщенного языка, отражающих последовательные стадии перехода от содержательного эвристического описания к описанию, формализованному настолько, насколько позволяет (или требует) полнота исходных данных. На первых уровнях формализации используются естественные языки с относительно небольшой долей формализованной части, на последующих уровнях увеличивается формализация и уменьшаются эвристические

части, доля которых все более сокращается по мере уточнения исходной информации.

Так как информационный язык системы является языком общения человека с ЭВМ, наиболее приемлемо использовать его в сочетании с шифрами естественного профессионального языка, главной особенностью которого является профессионально точное наименование сельскохозяйственного показателя с допустимыми в русском языке грамматикой и словарем. Используя логические средства, можно составить поисковый образ наименования, заложив в него возможные варианты запросов. Язык наименований сельскохозяйственных показателей, принятый для данной информационно-поисковой системы, должен явиться также языком задания переменных в программах расчетов.

Общественное производство и информация. Общественное производство немислимо без информации. Все информационные процессы рассматриваются как процессы, обеспечивающие управление общественным производством в любом производственном объекте или в совокупности объектов, образующих различные уровни управления. Информация предстает в общественном производстве как определенный своеобразный ресурс.

В управлении общественным производством четко выделяются две относительно самостоятельные части — теория принятия решений и теория информационного обеспечения. В данной главе большее внимание будет уделяться второй части.

Информационные процессы объективны. Но использование информации для управления возможно только в управляемых системах. Кибернетика рассматривает управляемую систему как состоящую из двух подсистем (управляемой и управляющей), увязанных между собой по меньшей мере двумя каналами для передачи информации по прямой и обратной связи. Информация, характеризующая состояние управляемой подсистемы и окружающей ее среды на данный отрезок времени и воспринимаемая управляющей подсистемой, должна вызвать определенную реакцию, которая завершается выработкой управляющего воздействия. Информация, которая у управляющего лица данной системы вызывает определенную реакцию, не будет иметь никакой ценности для лиц, находящихся вне контура управления.

Материальные и энергетические процессы, осуществляемые на каждом уровне управления, характеризуются большим объемом информации. Она объективно отражает состояние производства и степень его развития, взаимоотношения и связи с внешней средой. Однако не вся возникающая в системе информация нужна для управления. Поэтому при информационном обеспечении управления возникает несколько сложных задач. Они связаны главным образом с выделением из всей массы информации той, которая нужна точно для данного уровня управления, т. е. кому (какому управляющему лицу, какого уровня)

передавать информацию, какую, в какие сроки, с тем чтобы обеспечить эффективное управление.

Методически решение этих задач осуществляется в такой последовательности.

1. На основе тщательного анализа производства устанавливается, когда необходимо вмешательство человека, его управляющих воздействий для того, чтобы производство развивалось по намеченному плану.

2. Определяется, какой из выделенных уровней управления (кто из управляющих лиц) должен принимать по конкретному вопросу управляющее решение. При этом исходят из того, что количество уровней управления должно быть минимальным, а нагрузка на управляющее лицо каждого уровня — максимальной (но не чрезмерной). Необходимо, чтобы окончательные решения принимались на уровне управления, находящемся ближе всего к производственному процессу. Кроме того, при определении нагрузки предусматриваются некоторые резервы, позволяющие осуществлять управляющие воздействия в непредвиденных ситуациях.

3. В соответствии с установленными управленческими функциями разрабатывается так называемый выходной документ¹, который должен поступать к управляющему лицу в установленные сроки и содержать информацию в количестве, достаточном для принятия наиболее целесообразного, экономически оправданного решения в управлении производством.

4. Намечаются источники исходной информации и прослеживаются потоки, обеспечивающие формирование выходного документа. В итоге разрабатывается технология переработки информации: момент фиксации (с учетом сохранения ее определенных количественных и качественных показателей, характеризующих течение производственного процесса), передача этой информации, возможное накопление, переработка по установленным правилам (логическим и математическим) и, наконец, формирование ее в выходном документе. Соответственно разработанной технологии переработки информации вводятся технические средства, обеспечивающие реализацию намеченной технологии.

5. На основании объединенных потоков информации определяется, какая часть из всего объема зарождающейся информации должна быть использована для выработки управляющих воздействий; какая часть переработанной информации в виде управляющего воздействия должна вернуться в управляемую подсистему.

¹ Под выходным документом понимается определенный сигнал (световой, звуковой или какой-либо другой), запись в виде обычной справки или таблицы и т. п. Выходным документом названа завершающая стадия переработки и формирования информации, которая с позиции лица, использующего информацию выходного документа, является входной информацией.

В общественном производстве управляющее лицо может правильно и эффективно воздействовать на управляемую подсистему, если ему будет известно следующее: 1) конечный результат, цель производства (план развития производства); 2) трудовые и материальные ресурсы, которыми располагает управляемая подсистема; 3) порядок выполнения производственного процесса, технология производства; 4) прогрессивные методы и приемы ведения производственного процесса; 5) взаимоотношения и взаимосвязи с другими внутрихозяйственными подразделениями и предприятиями; 6) состояние производства в управляемой подсистеме на данный период времени и краткосрочный прогноз дальнейшего развития.

Для этого между управляющим лицом и управляемой подсистемой должен существовать постоянный обмен информацией, которую можно разделить на информацию о состоянии управляемой подсистемы и информацию, содержащую команды управления (информацию управляющих воздействий). Исходя из этого, под информацией можно понимать осведомление, сведения о каком-либо событии, о чьей-либо деятельности и т. д.

Виды информации. Информация классифицируется по характеру и источникам поступления.

По характеру поступления информация бывает систематизированная и несистематизированная (вероятностная). Систематизированная информация поступает управляющему лицу в заранее установленном содержании и порядке расположения, в оговоренные сроки и с заданной периодичностью. Источники получения информации также заранее известны. К систематизированной информации относится утвержденная статистическая отчетность, оперативная ежедневная (ежедекадная) информация о ходе полевых работ, об использовании машинно-тракторного парка, о надоях, привесах, расходе кормов и т. д. Несистематизированная информация передается управляющему лицу в связи с непредвиденными событиями, которые возникают в ходе производства и требуют вмешательства руководителя. Эта информация носит эпизодический, случайный характер.

По источникам поступления различают два основных вида информации: справочную и сообщение.

Справочная (или условно-постоянная) информация объединяет большую разнообразную группу источников зафиксированной информации. К ней относят прежде всего: 1) директивную, законодательную и правовую информацию, относящуюся непосредственно к действию лица, управляющего производством в сельскохозяйственном предприятии или во внутрихозяйственных подразделениях, а также к деятельности управляемой подсистемы; 2) научно-техническую информацию, содержащую данные о новых научных работах, прогрессивной технологии производства, данные об открытиях, изобретениях;

- 3) экономическую информацию, включающую нормативные данные, данные технико-экономического планирования, финансовые планы, все виды учетной и отчетной информации, статистические данные, данные экономического анализа и т. д.;
- 4) знания и опыт, накопленные человеком.

Справочная информация позволяет руководителю производства получить сведения о конечной цели управления, о средствах ее достижения в различных производственных ситуациях с учетом конкретной обстановки; определить, какие имеются возможности и пути воздействия на управляемую подсистему, каким директивным, правовым и нормативным актам следует придерживаться при принятии решений; какие аналогии имеются при управлении в создавшейся ситуации.

Справочная информация относится к условно-постоянной, используемой многократно. Носителями ее являются различная литература научно-методического и законодательного характера, статистические справочники, формы отчетности, учетная документация, различные технические запоминающие устройства, мозг человека и т. д.

Сообщение (переменная информация) является главным образом оперативно-производственной информацией. Эта информация зарождается в производстве и характеризует его состояние в каждый конкретный временной интервал. К ней же относятся информация о тех воздействиях (возмущениях), которые влияют на ход производства со стороны окружающей его среды. Сообщение является исходной информацией, которую получает управляющее лицо в процессе производства. Руководитель производства перерабатывает эту информацию с привлечением справочной информации. В итоге он выдает команды управления (вырабатывает информацию управляющих воздействий), которые поступают в управляемую подсистему, обеспечивая ее развитие в нужном направлении.

Информация в виде сообщения может фиксироваться на любых носителях. Но вследствие ее оперативного характера она передается к управляющему лицу главным образом с помощью радиотелефонных и других электрических технических средств. Возможна предварительная переработка сообщения в целях представления его управляющему лицу в удобном для восприятия виде. Справочная информация и сообщение являются источниками систематизированной и несистематизированной информации.

Качественные характеристики информации. Для удовлетворения потребностей управления в информации должно быть обеспечено не только достаточное количество информации, но и соблюдены основные качественные характеристики ее.

Качественные характеристики включают следующее.

1. **Достоверность.** Информация, используемая при формировании выходного документа, предназначенного для лица,

принимающего управленческое решение, должна строго соответствовать объективным показателям развития производства. Искажение информации приводит к неправильным решениям, что может дезориентировать работу, а в итоге привести к неиспользованию всех возможностей производства сельскохозяйственной продукции. Достоверность информации достигается главным образом своевременностью, непрерывностью и однократностью ее регистрации.

2. **Достаточность.** Количество информации, содержащееся в выходном документе, должно достаточно полно характеризовать наиболее существенные, определяющие стороны развития производственного процесса. Недостаточность информации будет сказываться на эффективности принимаемого решения и, как следствие, на результативности сельскохозяйственного производства. Выходной документ должен содержать достаточное, но по возможности минимальное количество информации.

3. **Доступность.** Информация должна быть доступной для понимания управляющего лица и не должна затруднять ему выработку команд управления.

4. **Однозначность.** Информация выходного документа не должна допускать различных толкований, ибо принятие решения на основе такой информации будет осложнено.

5. **Оперативность.** Информация должна быть подана управляющему лицу в сроки, позволяющие ее осмыслить и принять решение. В сельском хозяйстве оперативность следует понимать как своевременность.

Информация — производственный ресурс, способный быстро терять свои качества. Если информация некачественная или поступила несвоевременно, то на ее основе нельзя принимать решение без привлечения дополнительной информации. Сохранение качественных характеристик информации, используемой для управления, в значительной степени зависит от технической оснащенности информационных систем, т. е. от того, какими средствами и методами осуществляется съем, накопление, передача, обработка информации и формирование выходного документа.

6. **Экономичность.** При организации информационной системы могут быть различные решения по средствам съема и переработки информации, начиная от организации информационных систем без привлечения каких-либо существенных технических средств до систем, оснащенных сложными современными техническими средствами. При решении вопроса об уровне оснащения необходимо строго соблюдать принцип экономичности. Затраты на привлечение технических средств должны быть обоснованы. Решение о составе технических средств может быть принято в сельскохозяйственных предприятиях после изучения предлагаемой технологии переработки поступающей информации. О необходимой технологии можно достаточно хорошо судить по информационным моделям.

Роль информации в управлении производством. Научно-технический прогресс, интенсификация производства сопровождаются резким увеличением потоков информации, необходимой для эффективного управления производством. Без информации невозможно управлять производством. Возрастающий объем информации необходимо переработать и осмыслить. Между тем способность человека перерабатывать информацию увеличивается незначительно (по мере накопления опыта и знаний), во всяком случае несравненно медленнее, чем потоки информации. Если не принимать это во внимание, то часть информации, необходимой для принятия обоснованного решения по управлению производством, останется переработанной. Нужны новые методы совершенствования управления производством, а следовательно, и новые методы переработки информации.

Радикальное решение этого возможно при создании автоматизированной системы планирования, учета и оперативного управления производством (ОАСУ-сельхоз), обеспечивающей переход к современным методам и технике управления. Новая технология переработки информации будет реализоваться в основном с помощью экономико-математических методов.

Каждое предприятие может добиться совершенствования управления путем упорядочения потоков экономической информации в системах управления и обеспечения нужной информацией каждого выделенного уровня управления.

Под потоком экономической информации следует понимать определенную совокупность, объединяющую входную, промежуточную и выходную информацию, определенный состав документов, фиксирующий эту информацию, правила переработки (трансформации) информации от момента ее снятия и фиксации в первичном входном документе до осуществления формальных процедур при формировании выходного документа.

Потоки экономической информации бывают прямыми и обратными.

Каждый поток информации может быть представлен в виде информационной модели. Информационная модель, объединяя все элементы, присущие потокам информации, позволяет судить о продолжительности переработки информации с момента ее поступления до формирования выходной информации. Основываясь на информационных моделях, можно судить о технических средствах, которые необходимо привлечь для переработки информации.

При рассмотрении информационных потоков и создании информационной модели следует придерживаться некоторых принципов.

Принцип выходного документа. Этот принцип является важнейшим при создании информационных моделей на любой стадии развития и технического оснащения информационной системы предприятия.

В настоящее время руководители сельскохозяйственных предприятий, управляющие лица других внутрихозяйственных подразделений широко пользуются различной информацией для принятия решений, представляемых как выходной документ. Именно в создании этого документа заложены большие возможности совершенствования управления.

Для правильного обоснования содержания и формы выходного документа необходимо установить функции управления, которые свойственны каждому управляющему лицу в предприятии в соответствии с задачами и целями колхоза, совхоза, внутрихозяйственных подразделений.

При установлении функций особое внимание должно быть обращено на выявление и устранение наиболее типичных для современного этапа развития сельскохозяйственного производства недостатков.

Одним из недостатков является нечеткость установленных управленческих функций. Для каждого управляющего лица в зависимости от конкретной управляемой подсистемы должны быть определены однозначно его обязанности в управлении, права и ответственность за принятие решений, соответственно каким задачам им должны приниматься решения.

При анализе сложившегося положения дел в конкретной производственной системе исследуется пересечение управленческих функций, т. е. нет ли повторений управленческих функций относительно данной управляемой подсистемы у различных управляющих лиц. Наличие пересекающихся функций снижает ответственность у управляющих лиц и отрицательно сказывается на развитии производства. Устранение возможных пересечений функций положительно влияет на совершенствование управления, повышает четкость управленческой деятельности.

Перегрузка или недогрузка управляющего лица управленческими функциями приводит также к нежелательным результатам. Первое приводит к поверхностной переработке информации и к принятию малообоснованных решений, второе в итоге ведет к разбуханию управленческого персонала, к сокращению эффективности производства. В этом случае надо перераспределить равномерно функции или объединить их, устранив лишнее управленческое звено.

Загрузка управляющих лиц несвойственными им функциями и приводит в итоге к тому, что управляющее лицо не успевает выполнять свои прямые обязанности и производство развивается недостаточно интенсивно. Иногда такое явление порождает стремление увеличить численность управленческого персонала, что опять-таки отрицательно сказывается на эффективности производства. Поэтому надо максимально освободить управляющих лиц от таких дополнительных работ.

Конкретизация функций управления в значительной степени повышает четкость управления, эффективность принимаемых

решений. Возрастает ответственность управляющих лиц за выдаваемые ими команды управления.

Принцип единого массива информации. Вся информация, используемая в процессе управления, можно разделить по ее назначению на фактографическую, нормативно-справочную, плановую, отчетную, аналитическую и оперативно-производственную. При организации информационной системы необходимо создать массивы, которые содержали бы всю условно-постоянную информацию. Особое внимание должно быть уделено формированию массивов условно-постоянной фактографической и нормативно-справочной информации. К этим видам информации относятся: данные, характеризующие состояние производственных ресурсов предприятий (состав работающих, состав земельных угодий, полей и участков, состав машинно-тракторного парка и т. д.); научные и технические данные о свойствах удобрений, потребностях животных в питательных веществах, технико-экономические характеристики тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин; данные, обусловленные соответствующими постановлениями государственных органов и вышестоящих организаций (расценки, нормы выработки, нормы отчислений на амортизацию, ремонт и т. д.); отчетные и плановые показатели, используемые для контроля и анализа производства.

Создание информационного фонда в значительной степени облегчает работу информационной системы, формирование выходного документа. Наличие таких фондов в предприятиях может оказать существенное влияние на сокращение информационной перегрузки существующих плановых и отчетных документов.

Принцип качества информации. Организация информационных систем невозможна и даже бессмысленна без качественных характеристик информации. Важнейшие качественные характеристики, которые должны быть обеспечены при организации информационных систем, рассматривались ранее.

Совокупность информационных моделей (технологических схем переработки информации), информационного фонда, а также технических средств, привлекаемых для переработки информации, представляет информационную систему, создаваемую в сельскохозяйственных предприятиях, а также на других уровнях управления.

Создание информационных моделей, отражающих возникновение, передачу, переработку и оформление в выходном документе каждой единицы информации и информационной совокупности, установление периодичности формирования каждой модели с учетом ее адресности является основой для создания комплексной модели системы управления. Моделью системы управления будет описание потоков информации на разработанном информационном языке экономической системы.

Функции отдельных звеньев системы будут выглядеть как алгоритмы или операторы обработки информации (или как-то логические правила ее переработки).

Полное алгоритмическое описание информации включает названия и идентификаторы единиц информации, перечень символов, перечень дескрипторов тезауруса, правила построения наименований структурных компонентов с использованием дескрипторов (дескрипторы — это слова, устойчивые сочетания слов, сокращения, цифровые или алфавитно-цифровые коды).

По модели системы управления данного объекта, в которой процесс управления будет представлен на языке точных математических формулировок, можно тщательно исследовать систему управления в целях ее оптимизации.

При информационном обеспечении различных уровней экономической информация обслуживает процессы производства, распределения и потребления материальных благ.

Основная часть информации относится к производственной информации, образующейся непосредственно в процессах общественного производства и производственного распределения.

В сельском хозяйстве экономическую информацию можно кроме ранее приведенной классификации рассматривать также по следующим видам.

1. Плановая информация, получаемая и используемая при перспективном, текущем, годовом и оперативном планировании сельскохозяйственного производства.

2. Оперативно-управляющая информация, возникающая в процессе организации производства и управления.

3. Учетно-отчетная информация, связанная с текущей отчетностью, бухгалтерским учетом и статистической отчетностью.

4. Научная информация, получаемая в результате использования агротехнической, зоотехнической и экономической литературы, докладов, сообщений и т. п.

Экономическая информация, содержащаяся в документах, представляет собой данные, образующие различные информационные совокупности, в каждой из которых содержится заглавная, призначная и количественная информация.

Заглавная информация — это конечная последовательность слов, отражающих содержание информационной совокупности и ее составляющих частей. Она определяет форму и структуру размещения информации на носителе (документе), названия единиц измерений. Это информация о самой информационной совокупности без ее информационного содержания.

Призначная и количественная информация составляют информационное содержание информационной совокупности, состоящее из реквизитов. Реквизит — элементарная информационная совокупность, при расчленении которой данные теряют смысл. Реквизит состоит из одного, а иногда из нескольких слов.

Реквизиты делятся на две разновидности — признаки и основания. Признаки характеризуют качественные стороны явления, процесса, а также обстоятельства, имеющие к ним отношения. Основания выражают количественную сторону явления, процесса. Признаки и основания вместе образуют информационные совокупности — показатели, содержащие один или несколько признаков и всегда лишь одно основание.

В процессе обработки информации признакам и основаниям отведена различная роль: признак дает возможность вести поиск нужных единиц, их выборку, упорядочение, подборку, членение и т. д.; основания используются для расчета необходимых величин.

Из показателей формируются информационные образования, входящие в информационные системы.

Количественные характеристики потоков информации. При оценке потоков информации в экономических системах устанавливают ее количество (объем), содержательность и ценность.

Количество информации, как уже указывалось, может измеряться количеством элементарных единиц информации, содержащихся в той или иной информационной совокупности, потоке информации. В качестве элементарных единиц были приняты двоичные символы, или бит, информации.

В настоящее время все больше практикуются в качестве элементарной единицы измерения символы десятичные и буквенные. Чтобы символ нес информацию о каком-либо событии, последнее должно быть помечено этим символом. *Количество информации в системе определяется по числу показателей, реквизитов или символов.* Это вполне оправдано при механизированной обработке информации, так как в обработку вводятся все символы.

Такое измерение количества информации не вступает в противоречие с основными положениями теории информации, оно даже обосновывается ею. Но следует иметь в виду, что энтропия системы, выраженная в символах, не точно характеризует ее величину (несколько завышена).

Все единицы информации различны, поэтому для их суммирования необходим единый измеритель. Например, если свести все единицы к реквизиту, то нужно провести логарифмирование по основанию реквизита.

Содержательность информации определяется правилами соответствия какой-то другой организации (организация системы характеризуется некоторым множеством объектов и отношений (связей) между объектами). Для этого необходимо установить критерии осмысленности и качества, критерии, определяющие цели получения или использования информации, и единицы измерения ее ценности, качества по отношению к этим целям.

Чтобы полностью описать информацию, поступим следующим образом. Задается некоторое множество X . Его элементами являются свойства, которыми может обладать информация (список свойств x_i , где $i=1, 2, \dots, n$). Будем отмечать наличие свойств у данного сообщения единицей, отсутствие — нулем. Тогда совокупность нулей и единиц Y , упорядоченная в соответствии с элементами множества X , будет исчерпывающим кодом данного сообщения, его содержания (если множество X учитывает все возможные характеристики сообщения). Для того чтобы размерность такого n -мерного кода была конечной и достаточно малой, необходимо ограничиться каким-то классом сообщений и их основными, наиболее характерными свойствами.

Если не указаны правила расшифровки информации, ее отношение к другой системе (множества Y к множеству X , характеризующих соответственно какие-то две системы), то содержание информации нельзя установить.

В задачах, связанных с управлением в экономических системах, очень важной характеристикой является ценность информации (прагматическая сторона информации). Чтобы определить ценность информации, необходимо описать заданную цель, ради которой организовано получение информации, и задать какую-то меру степени удовлетворения этой цели, или меру близости к цели, для характеризуемой информации.

Допустим, что цель задана каким-то списком вопросов, каждый из которых требует ответа «да» или «нет». Допустим также, что цель удовлетворяется наилучшим образом такой информацией, которая дает на все вопросы ответы «да» (т. е. информация удовлетворяет всем требованиям, содержащимся во взаимно независимых (ортогональных) вопросах).

Тогда мерой ценности информации может служить функция

$$L = \sum_{i=1}^n \omega_i p_i,$$

где n — число требований (вопросов), определяющих цель, ω_i — вес i -го требования (вопроса), $p_i=1$, если на данный вопрос для данной информации ответ «да», и $p_i=0$, если — «нет».

Заметим, что сумма весов равна единице, т. е. $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$.

Каждому i -му требованию, определяющему цель, может быть поставлена в соответствие не двоичная переменная, а некоторое число p_i при условии, что $0 \leq p_i \leq p_{i\max}$.

Иногда удобно применять меру степени удаленности от желаемой цели, или меру ценности информации, которая будет устранена данным сообщением.

Основная трудность при практическом вычислении меры ценности информации состоит в задании цели. В ряде случаев вместо формулирования списка требований можно описать функ-

цию цели некоторым аналитическим выражением, или функционалом.

Описание, совершенствование и ведение информационных систем в экономических системах невозможно без четкой классификации и кодирования технико-экономической информации.

Под классификацией понимается система упорядоченного расположения предметов с установленными признаками и зависимостями; под кодированием — процесс отображения состояний одной физической системы через состояние некоторой другой системы (например, при буквенно-цифровом кодировании некое кодированное сообщение выражается в виде букв и цифр).

При классификации предметы или отношения распределяются по классам на основании общего признака, присущего предметам данного рода и отличающего их от предметов других родов. Распределение производится с таким расчетом, чтобы каждый класс занимал в получившейся системе определенное, точно фиксированное место. В основе классификации лежит деление понятия. *Признак, по которому производится деление, называется основанием деления и является переменным.*

Классификация подчиняется следующим формально-логическим правилам:

она должна производиться только по одному основанию; получаемые в результате деления подклассы должны исключать друг друга;

деление на подклассы должно быть соразмерным, непрерывным, без скачков.

Основные виды отношений между подразделениями классификации — подчинение (иерархия) и соподчинение. Наиболее удобной формой изображения иерархических классификаций считаются графы типа «деревьев». *«Деревом» называется граф, каждая вершина которого соединена определенной цепью с любой другой вершиной так, что не содержит замкнутых цепей (циклов).*

Например, если вершина, принятая за начальную точку «дерева» (такая вершина называется «корнем»), будет рассматриваться как тип, то он разветвляется на подтипы, те в свою очередь на классы, классы — на подклассы и т. п.

Классификаторы информации являются своего рода формализованным языком, обеспечивающим возможность обработки экономической информации на всех уровнях планирования и управления с применением вычислительной техники.

Работы по составлению классификаторов делятся на несколько этапов:

разработка методов и принципов классификации различных видов информации;

составление самого классификатора на основе разработанных методов и принципов;

опытная проверка составленных классификаторов;
разработка системы ведения классификаторов.

Для сельскохозяйственных экономических систем, в которых создаются или информационно-вычислительные, или автоматизированные системы управления, должно быть разработано множество классификаторов, в числе которых классификатор работ и услуг (ОКРУ), предприятий и организаций (ОКПО), отраслей народного хозяйства (ОКОНХ), материалов, документов и другие отраслевые классификаторы. Основным классификатором является общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП). Он является единым систематизированным сводом наименований шифров промышленной и сельскохозяйственной продукции и ее группировок, учитываемых в народнохозяйственных планах производства и потребления. Он охватывает товарную продукцию, на которую распространяются действующие государственные стандарты, общесоюзные стандарты, технические условия и равноценные им документы. ОКП разрабатывается на основе Единой десятичной системы классификации и кодирования промышленной и сельскохозяйственной продукции (ЕДСКП).

Общесоюзный классификатор предназначается для кодирования информации цифровыми шифрами, едиными для кодирования всех ее видов, учтенных в классификаторе.

Вся промышленная и сельскохозяйственная продукция в ОКП последовательно делится на ряд классификационных группировок. В качестве распределяющих признаков принята однородность характера производства, свойств предметов и их назначение.

Исходя из этого, вся совокупность продукции на первом этапе подразделяется на классы, характеризующие продукцию определенных отраслей и подотраслей производства, существующих в народном хозяйстве. На дальнейших этапах продукция в ОКП подразделяется на подклассы, группы, подгруппы и виды, которые объединяют продукцию по все более конкретизирующим признакам производства, свойств и назначения. Затем продукция делится на внутривидовые группировки по типоразмерам и качественным показателям.

Экономическое содержание этих группировок имеет целью обеспечить получение показателей, необходимых на разных уровнях планирования и управления народным хозяйством.

Сообщения, сведения, показатели, объединенные классификаторами или списками, кодируются различными способами. Выше упоминалось буквенно-цифровое кодирование. Кроме того, различают кодирование цифровое, кодирование алфавитное. В связи с применимостью различных способов кодирования его можно также определить как обозначение, при котором символы одного алфавита однозначно представляются символами другого алфавита.

Зная правила такого представления, возможно применять автоматическое кодирование информации, используя специальные алгоритмы и кодирующие списки (К-списки), элементами которых являются последовательности идентификаторов состояний кодируемых схем. Каждая пара соседних идентификаторов в такой элементарной последовательности означает символическую запись соответствующей связи, ориентированной от левого идентификатора к правому. Автоматическое кодирование осуществляется машиной, без участия человека. В этих целях используется также кодирующее устройство для преобразования сообщения в соответствии с определенным кодом. Автоматизация кодирования применяется также при передаче информации, т. е. когда номер и номерная часть переводятся из одной системы номеров в номер или номерную часть другой системы номеров.

Используя коды, можно осуществлять так называемое сжатие информации, т. е. объединение информации по некоторым сходным признакам. В производственной практике (и особенно при создании информационных систем) постоянно происходит статистическое сжатие информации при переходе от нижерасположенных уровней управления к вышерасположенным.

Однако сжатие информации, основанное на использовании специальной системы кодов, должно обеспечивать при необходимости развертывание информации в обратном направлении.

Важной особенностью информационных процессов в экономических системах является многократная цикличность процессов обработки массивов информации. Характерным при этом является применение для решения подавляющего большинства экономических задач планирования и управления производством общих, повторяющихся процессов переработки информации. Такими исключительно широко распространенными процессами являются группировки, упорядочение массивов, поиск и выборка информации вплоть до выполнения элементарных арифметических операций по расчету показателей. Для реализации этих процессов используется единый информационный фонд, в котором накапливается плановая, учетная, нормативная и другого вида информация. В настоящее время накопление всей необходимой информации в процессах производства на производственных объектах осуществляется в индивидуальном порядке путем выборки соответствующей информации из различных источников, в числе которых важнейшими являются разного рода производственная документация и картотека нормативов.

Наиболее эффективным является создание информационного фонда на базе перфорационной техники или ЭВМ как носителей и хранилищ информации, создание информационно-поисковых систем, выполняющих фактографические и документографические функции. Большое значение приобретает в данном случае нормативное хозяйство, которое представляется карто-

текой основных первичных нормативов, относящихся к условиям зоны деятельности данных производственных объектов и вычислительного центра, их обслуживающего, и совокупностью операционных программ поиска, сортировки и корректировки данных. Картотека нормативов представляется на технических носителях — перфокартах, перфолентах. По каждой картотеке составляется табуляграмма-опись вошедших в ее состав документов. Табуляграммы-описи позволяют осуществить комплектование и выбор нужного массива данных из общего массива справочно-нормативной информации. Кроме того, с помощью табуляграмм осуществляется контроль за правильностью ведения картотеки информации. Табуляграммы являются основными документами для доведения сведений предприятиям и соответствующим организациям о действующих справочно-нормативных и других постоянных производственных данных.

При изучении информационных процессов, протекающих в экономических системах, большое значение имеют документация и делопроизводство как упорядоченные источники необходимой научной информации.

В общепринятой терминологии под документом понимают материальный объект, содержащий закрепленную информацию, специально предназначенный для ее передачи в пространстве и времени и используемый в общественной практике, в частности для планирования и управления общественным производством.

Совокупность документов называют документацией. В этом смысле принято говорить о плановой, учетной, отчетной, научной и другой документации. Однако в настоящее время термин «документация» все чаще используется в смысле, обозначающем специальную деятельность по сбору, обработке, хранению и распространению документов (по существу, делопроизводство), отличную от библиотечного дела, библиографии и других специализированных информационных процессов.

В этом понимании документации можно дать следующее определение: *документация — это искусство создания, распространения и использования документов.*

В настоящее время делаются попытки заменить термин «документация» другим, которым можно было бы однозначно определить научную дисциплину, занимающуюся исследованием методов и средств сбора, переработки, хранения, поиска и распространения научной информации. Таким получающим все большее распространение является термин «информационная наука», или «информатика».

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Глава 6

АНАЛОГОВОЕ (ФИЗИЧЕСКОЕ) МОДЕЛИРОВАНИЕ

Оригинал и модель. Моделирование основано на наличии некоторой аналогии между двумя объектами. Аналогия — подобие, сходство предметов в каких-либо свойствах, признаках или отношениях, причем таких предметов, которые в целом различны.

Убедившись в аналогичности двух объектов, предполагают, что известные функции одного объекта присущи и другому объекту, для которого их наличие не установлено. По аналогии функций организма животного и человека предполагают, что при назначении человеку определенного лекарства, испытанного на животных, результаты будут аналогичны.

Умозаключение по аналогии, как и любое другое умозаключение, является отображением в нашем сознании наиболее общих отношений вещей. В качестве примера можно привести ход рассуждений Ньютона, результатом которого было открытие закона всеобщего тяготения. Аналогия благодаря своей наглядности широко используется в математике: при изучении десятичных дробей подчеркивается их аналогия с натуральными числами; свойства алгебраических дробей аналогичны свойствам арифметических дробей и т. п.

Метод аналогий очень распространен в науке. При этом стремятся более доступными и простыми средствами на другом материале воссоздать типичные, основные черты и характеристики изучаемых процессов.

Но как бы ни было значительно найденное нами сходство признаков двух вещей, выводы в умозаключениях по аналогии всегда бывают только вероятны. Использовать их можно и нужно, но они не должны являться единственным источником

нашего познания объективного мира. Данные любой, самой верной аналогии должны проверяться на практике.

При оценке степени вероятности умозаключения по аналогии надо принимать во внимание следующие условия:

1) чем больше известно общих свойств (N_1, N_2, \dots, N_n) у сравниваемых систем, тем выше степень вероятности вывода по аналогу, т. е. сходной системе;

2) чем существеннее найденные общие свойства у сравниваемых систем, тем выше степень их вероятности;

3) чем глубже познана взаимная закономерная связь сходных черт, тем вероятнее вывод, тем он ближе к достоверности;

4) если система, по отношению к которой мы делаем умозаключение по аналогии, обладает каким-либо свойством, не совместимым с тем свойством, проявление которого мы предполагаем, то общее сходство может не иметь никакого значения. На этом, в частности, основан индивидуальный метод воспитания, лечения и др.

Общим для выводов по аналогии является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергается одна система, а вывод делается для другой. Поэтому вывод по аналогии в самом общем смысле слова определяется как перенос информации с одной системы на другую. Система, которая является непосредственным объектом исследования, служит отображением или моделью изучаемой системы, которая в этом случае является оригиналом. Следовательно, *аналогия есть отношение между любой моделью и ее оригиналом, прототипом. Аналогия — это вывод от модели к оригиналу.*

В моделировании могут использоваться различные подобию систем (геометрические, физические, биологические, математические и др.), на основе чего создаются модели различных видов. Если между двумя объектами может быть установлено сходство хотя бы в каком-либо одном определенном смысле, то между этими объектами существуют отношения оригинала и модели. Это сходство всегда является взаимным: один из объектов может рассматриваться как оригинал, а второй как его модель. ($A \sim B$ — объект A является моделью объекта B). Отношение оригинал — модель может иметь место между двумя и между любым числом объектов. Для совокупности объектов $A \sim B \sim C \sim D$ любой из них, например B , может рассматриваться как модель объектов A, C, D или как оригинал объектов A, C, D .

Аналогия через изоморфизм. Под изоморфизмом систем понимают отношение между объектами тождественной структуры. Две системы называются изоморфными, если между их элементами можно установить взаимно-однозначное соответствие, когда между системами A и A' и свойствами их элементов B_i и B'_i можно установить такое отношение, что если определенное свойство выполняется для элементов B_i , то оно будет выполняться и для элементов B'_i и наоборот. *Аналогия через изоморфизм —*

это аналогия отношений, так как при этом переносятся отношения из модели на оригинал, но при этом переносятся не одно какое-либо заранее определенное отношение, а различные отношения, обнаруженные в модели.

Другими словами, изоморфный означает имеющий аналогичную форму. Говорят, что одна система изоморфна другой, если, по крайней мере, формально они эквивалентны и взаимозаменяемы. Построение моделей, с помощью которых наука изучает природу, сводится к созданию изоморфных моделей. Так, например, математическое описание какого-либо производственного процесса должно быть моделью того процесса, который оно ставит целью отобразить, ибо только в этом случае экспериментирование над моделью позволит предсказать поведение реальной системы. Степень изоморфности модели реальной системе определяет степень достоверности полученных результатов. Однако построение моделей сложных систем редко приводит к полному изоморфизму, а в случае очень сложных систем, т. е. систем, которые точно и подробно описать нельзя, например экономика государства, степень изоморфности модели реальной системе даже нельзя проверить. Поэтому такую очень сложную исследуемую систему необходимо прежде всего упростить, подвергнуть исследованию и описанию только наиболее существенные с точки зрения данного исследования качества и особенности. Такая модель будет гомоморфна реальной системе.

Итак, модель представляет собой отображение каким-либо способом наиболее существенных характеристик, процессов и взаимосвязей реальных систем. В более узком смысле модель — это некоторое построение, адекватное реальному объекту в тех чертах, которые существенны для данного исследования. Преимущества исследования модели перед непосредственным исследованием заключаются в том, что во-первых, модель дает явление или объект, процесс в возможно «чистом» виде, не искаженном посторонними влияниями и ненужными деталями; во-вторых, с моделью возможен опыт там, где он невозможен из-за недоступности реального объекта или дороговизны опыта с реальным объектом; в-третьих, модель дает возможность многократного проведения опыта до получения удовлетворительных результатов, до познания истинной сущности явления. Благодаря этому модели эффективно способствуют более глубокому пониманию поведения системы, чем непосредственное их изучение. Модели позволяют экспериментировать с системой, меняя ее характеристики и исследуя поведение, что не всегда можно выполнять в реальных условиях, в частности в экономических исследованиях. Используя модель, можно получить необходимую информацию при меньшей затрате средств, чем при изучении реальной системы. Однако правильность выводов, полученных из исследований на моделях, не может быть проверена на этих же моделях. Такая проверка осуществляется либо путем

практического применения полученных результатов, либо путем частичного или полного контрольного эксперимента на реальной системе.

Непосредственный эксперимент часто бывает необходим и для получения данных, исходных при построении модели.

Из всего разнообразия моделей можно выделить такие основные виды: функциональные модели — отображающие поведение объекта, физические — создаваемые с помощью некоторых физических объектов (уменьшенные макеты, действующие модели приборов), абстрактные — выраженные с помощью абстрактных объектов. К ним, в частности, относятся математические модели, в которых отражение объекта исследования осуществляется с помощью математических выражений. Такие модели с конкретным числовым содержанием называют числовыми моделями, модели, записанные с помощью логических выражений, — логическими моделями, модели в графических образах — графическими.

Примерами графических моделей могут быть модели самолетов, настольные макеты местности для изучения тактики боя и др. Общей чертой этих моделей является то, что они строятся методами и средствами геометрии, основаны на геометрическом подобию и аналогичности расположения составных частей системы, дают наглядное представление ее пространственных внешних форм с уменьшением или увеличением их реальных размеров. Они по своей природе статичны и не могут отразить изменения объекта во времени, динамику процесса. Это не мешает широко использовать геометрические модели как составные части в опытах, моделирующих динамику процессов, происходящих с объектами. При исследовании больших экономических систем наиболее часто используются геометрические модели, представляющие собой карты размещения производства, путей сообщения и добычи полезных ископаемых, а также всевозможные структурные формы, схемы этих систем. Иногда динамику объекта удается изобразить рядом геометрических моделей с указанием, к какому моменту относится каждая из них.

Моделирование в кибернетике. Нигде концепция моделирования не проводится так четко и последовательно, как в кибернетике, где она фигурирует в наиболее общей форме и является фундаментальным понятием, определяющим методологию изучения поведения кибернетических систем.

Предметом кибернетики — науки об общих принципах управления являются исследования управляющих систем. Широкое разнообразие управляющих систем, как наблюдаемых в естественных условиях, так и созданных человеком, приводит к необходимости применять для их изучения самые различные методы. Но изучение такого разнообразия объектов возможно только на определенном их обобщении. Это обобщение достигается прежде всего на основе отражения реальных объектов

и процессов с помощью моделей. Оказалось, что различные объекты и процессы могут быть описаны (отражены) с помощью однотипных моделей. Если же обнаруживается в моделях сходство различных процессов, то это дает основание применять методы, успешно используемые для решения задач в одной области знаний, для нахождения решений в сходных ситуациях в других областях.

Открытые кибернетикой глубокие аналогии, основанные на структурном подобии способов функционирования систем различной природы, являются огромным научным достижением, имеющим серьезное значение как с точки зрения общей методологии науки, так и полученных практических результатов.

Для кибернетических систем наиболее важным сходством между системами, приводящими к отношениям «оригинал—модель», является сходство их поведения, позволяющее моделировать их движение. В основе моделирования поведения лежит тот факт, что одинаковое поведение может наблюдаться при определенных условиях у систем, существенно различных по форме, по структуре и по физической природе протекающих в них процессов. Характерной особенностью моделей, используемых в кибернетике, является то, что в них не стремятся отразить в полной мере все особенности и характеристики исследуемой системы либо процесса. Этот метод используется прежде всего для отражения тех связей между элементами системы, которые являются предметом исследования, а процесс создания модели состоит в определенном абстрагировании от реальной системы. Степень абстрагирования может быть различной и часто обуславливается поставленными целями исследования. *Модель в кибернетике — есть средство выделения какой-либо объективно действующей системы закономерных связей и отношений, имеющих место в изучаемой реальной действительности.*

Однако никакая модель не может заменить ни строгой научной теории, ни реальной действительности, практики как критерия познания.

В области экономических наук важнейшую роль сыграло создание К. Марксом модели (схемы) расширенного воспроизводства. В условиях планового хозяйства весьма существенное значение приобретают его научные модели. Построение таких моделей, экономический и математический их анализ составляют одну из задач экономической кибернетики.

Однако планирование далеко не исчерпывает всей сложности проблем управления общественным производством, в решении которых существенную помощь должны оказать экономико-математические модели. Построение и развитие моделей планового ведения хозяйства, таких, как модель расширенного воспроизводства, планового ценообразования, формирования и расходования общественных фондов, и других является неотъемлемым условием дальнейшего совершенствования управления экономикой

нашей страны. На базе этих моделей и современной вычислительной техники должны быть созданы соответствующие электронные аналоги реальных экономических процессов. На основе таких аналогов осуществима имитация поведения экономических систем, что позволяет оценивать поведение реальной системы в зависимости от изменения отдельных условий посредством изменения отдельных параметров данной модели. На механических аналогах можно проследживать поведение модели за длительные промежутки времени, вводя в модель те или иные параметры, измеряя их величину самыми различными способами, например, имитируя вероятностные процессы или различные функциональные зависимости.

Развивая методы моделирования, экономическая наука приобретает возможность осуществлять экспериментирование по вопросам производства, распределения и обмена материальных благ не на реальных объектах, что создавало бы большие сложности, а часто просто практически было бы невозможным, а на моделях этих процессов. Это открывает новые возможности как в проверке различных гипотез, предложений, так и в совершенствовании реального процесса производства.

Аналоговое моделирование. На основе аналогий, вскрытых кибернетикой, оказалось возможным построить механические системы, которые действуют аналогично некоторым социально-экономическим процессам. Такие устройства носят название аналоговых или моделирующих машин (или аппаратов). С помощью гидравлического устройства, например, можно представить динамику межотраслевых потоков в народном хозяйстве и решить некоторые проблемы расширенного воспроизводства. В таких устройствах образование запасов продукции изображается накоплением жидкости в отдельных резервуарах, убывание жидкости в резервуаре означает убывание запаса. Вместо гидравлического устройства можно пользоваться электрической сетью, в этом случае электрический ток заменяет потоки жидкости, а результаты замеряются по уровню напряжения (или силы) тока в отдельных точках сети. Таким образом, моделирующие устройства позволяют количественно изучать процессы, отражаемые ими, заменяя реальный процесс каким-то другим, удобным для наблюдения. Приспособленные для измерения моделирующие устройства называются аналоговыми вычислительными машинами.

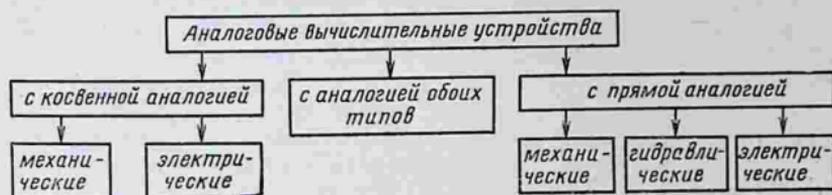
Различные аналоговые устройства обладают одной общей характеристикой: числовые данные, используемые в решаемых задачах, представляются соответствующими машинными величинами. Например, в логарифмической линейке логарифмы, которыми мы оперируем, пропорциональны длинам отрезков на линейке. Подобным же образом в аналоговой вычислительной машине постоянного тока числовые значения преобразуются в постоянные или меняющиеся во времени напряжения. Такое

преобразование основывается на том обстоятельстве, что существует определенная аналогия между реальной системой и ее моделью. Термин «аналогия» здесь также характеризует нетождественное сходство свойств или отношений. В большинстве случаев нет необходимости, чтобы такая аналогия существовала между всеми характеристиками, описывающими систему. Достаточно наличия рабочей аналогии между исследуемыми характеристиками. Так, например, под динамической аналогией понимается существование соответствия между уравнениями движения, описывающими механические, электрические и акустические системы. Существование аналогии позволяет использовать результаты исследований и измерений, выполненные в одной системе, для предсказания поведения других систем. Так, понятие электромеханической аналогии основано на наличии фундаментальной аналогии между электрическими и механическими системами. В ее основе лежит то обстоятельство, что электрические и механические свойства таких систем описываются дифференциальными уравнениями того же вида. Когда рассмотрение двух математических уравнений показывает, что эти уравнения имеют одну и ту же форму, то схемы, которые описываются этими уравнениями, являются дуальными.

Моделирование на аналоговых вычислительных машинах основано на выполнении непрерывных измерений. При увеличении объема задачи или требуемой точности стоимость моделирования на аналоговой машине возрастает почти в логарифмическом масштабе. Тем не менее следует отметить, что до недавнего времени для решения научных и технических проблем в основном применялось аналоговое моделирование. Аналоговые машины особенно удобны для исследования динамических систем в ходе их конструирования, когда вполне достаточно ограниченной точности результатов. В процессе решения задачи на аналоговой машине довольно просто изменять параметры и коэффициенты, характеризующие рассматриваемую систему. Эти свойства особенно ценны при исследованиях, связанных с разработкой конструкций, когда параметры конструкций определяются методом проб.

Аналоговые устройства подразделяются на устройства, работающие по принципу прямой аналогии, и устройства, работающие по принципу косвенной аналогии. При прямой аналогии переменные и параметры задачи выражаются непосредственно через машинные переменные и параметры. Устройствами прямой аналогии обычно являются масштабные модели, например модели, испытываемые в аэродинамической трубе, модели судов, гидроэлектрические сооружения в миниатюре. Такую масштабную модель с системой измерителей, отражающих ее состояние, можно рассматривать как вычислительную машину механического типа, работающую по принципу прямой аналогии. Примером механического вычислительного устройства косвен-

ной аналогии может служить логарифмическая линейка, отрезки на шкалах которой являются аналогами чисел. Электрические и электронно-вычислительные аналоговые машины представляют собой наиболее характерный пример устройств, действующих по принципу косвенной аналогии. Они содержат усилители с высоким коэффициентом усиления, которые при использовании соответствующих цепей обратной связи выполняют математические действия. Возможна такая классификация аналоговых вычислительных машин.



Механические аналоговые машины работают по принципу механической аналогии. Так, например, умножение переменной величины на постоянную может быть выполнено с помощью простейшего механического элемента, используя принцип передаточного числа шестерни. Соотношение между углами поворота валиков устанавливается с помощью зубчатых передач. Для каждой переменной или функции переменной в машине имеется соответствующий вращающийся валик. Угловое положение такого валика в любой заданный момент определяет значение параметра, который он представляет. Каждому валуку дается определенный масштабный множитель, так что при соединении этого валика со счетчиком, можно записать значение интересующей нас функции или переменной в любое заданное время. Например, при решении некоторой задачи валуку, представляющему время, может быть дан масштабный множитель 1 оборот/сек . Таким образом, каждый поворот этого временногo валика соответствует прохождению одной секунды в процессе решения задачи. Каждая доля полного оборота представляет такую же долю секунды.

При решении задачи на механической вычислительной машине мгновенные значения каждой переменной или производной, а также комбинации переменных и их производных, возникающие в процессе решения, представляются числами оборотов соответствующих валиков. В любой момент число оборотов, отсчитываемое от некоторого начального значения, определяет мгновенное значение переменной, представляемой этим валиком, с учетом заданного масштабного множителя.

Масштабные множители могут изменяться от задачи к задаче в широких пределах. Этот тип машинного решения известен

как метод непрерывной переменной, поскольку валики, представляющие переменные, вращаются непрерывно. Решение получается в непрерывной форме. Такой метод отличается от дискретного метода вычисления, при котором дискретные значения переменной получаются через дискретные интервалы.

Хотя механические решающие элементы обладают такими преимуществами, как простота и довольно высокая надежность, они не лишены и крупных недостатков, к числу которых относятся громоздкость, отсутствие гибкости, значительный вес и большие затраты, связанные с набором задачи.

Как и у других вычислительных машин, основными элементами механической аналоговой вычислительной машины являются: входные устройства, устройства, выполняющие математические операции, выходные устройства. Основным назначением устройства ввода является преобразование исследуемых характеристик в определенное число единиц кинематической энергии, под действием которой вычислительная машина начинает функционировать в соответствии с заданными условиями. Ввод информации в аналоговую машину может производиться оператором вручную с помощью таблиц исходных данных, а также функциональных преобразователей и датчиков. Выходные величины обычно выдаются в виде графика кривых в прямоугольных координатах или в цифровой форме, для чего необходим аналого-цифровой преобразователь. В основном для вывода информации используются устройства отображения, рассчитанные на визуальное отображение. Для обширного диапазона вычислительных операций лучше подходят электрические аналоговые вычислительные машины.

Аналоговыми вычислительными машинами (АВМ) называются такие устройства, которые оперируют с величинами, являющимися аналогами величин, заданных в исследуемой задаче. При этом такие аналоговые величины в машине изменяются по тому же закону, что и исходные переменные величины. Принцип построения АВМ заключается в том, что из совокупности отдельных аналоговых вычислительных блоков, каждый из которых реализует отдельную математическую зависимость, получается схема, переходные процессы в которой описываются уравнениями, аналогичными исследуемым уравнениям. АВМ оперируют с непрерывно изменяющимися величинами и используются для решения следующих уравнений: систем линейных алгебраических уравнений, систем линейных и нелинейных дифференциальных уравнений, интегральных уравнений.

Для решений вышеприведенных уравнений необходимо выполнить ряд математических операций, таких, как интегрирование, алгебраическое суммирование, дифференцирование, умножение, деление, функциональные преобразования. АВМ имеет в своем составе элементарные вычислительные блоки, каждый из которых решает определенную математическую задачу. В за-

в зависимости от выполняемой операции блоки бывают: суммирующие, масштабные, интегрирующие, дифференцирующие, умножения, деления, функциональные. Набор перечисленных блоков составляет основную часть машины и называется вычислительным устройством (ВУ). Соединение элементарных блоков в АВМ согласно уравнению исследуемого процесса производится на наборном поле машины с помощью шнуровой коммутации. На это же поле выведены все выходы и входы элементарных блоков.

В состав АВМ входит устройство управления (УУ), предназначенное для управления процессом решения задачи. Оно вырабатывает команды для управления работой АВМ в режимах ввода начальных условий, интегрирования, фиксации решения и т. д.



РИС. 22.

Схема аналоговой вычислительной машины

Регистрирующие устройства (РУ) предназначены для наглядного отображения процесса решения. К ним относятся: стрелочные, цифровые, печатающие вольтметры, электронные и цифровые осциллографы, самопишущие устройства (приборы) и т. д.

Источник питания (ИП) используется для электропитания блоков АВМ. Для исследования динамических систем с реальной аппаратурой (РА) применяются преобразующие устройства (ПУ). Блок-схема АВМ приведена на рис. 22.

Решению задач на АВМ предшествует ряд этапов, представляющих собой операцию перехода от физической системы управления к модели.

1. Анализ исходной физической модели и приведение ее к виду, удобному для моделирования.
2. Выбор требуемого количества усилителей и составление структурной схемы соединений между блоками.
3. Масштабирование исходных уравнений, т. е. переход к машинным уравнениям.
4. Расчет коэффициентов передач суммирующих и интегрирующих усилителей.
5. Аппроксимация графиков нелинейных зависимостей и составление таблиц для набора требуемых нелинейностей.

6. Установка рассчитанных коэффициентов передач на вы-
бранных операционных усилителях, настройка нелинейных зави-
симостей и заданных функций времени.

7. Организация соединений между блоками в соответствии
с заданной структурной схемой решения задачи.

8. Установка нулей усилителей, участвующих в решении за-
дачи, и задание начальных условий. В связи с нестабильностью
источников питания в аналоговых машинах при нулевом входе
может быть на выходе ненулевая величина, что называется
дрейфом нуля. Поэтому АВМ необходимо привести в со-
стояние, при котором нулевому входу соответствует нулевой
выход.

9. Проверка правильности соединения между операционными
усилителями и настройка блоков нелинейностей.

10. Выполнение пробного решения задачи и уточнение пара-
метров машинных уравнений.

11. Организация пересчета масштабов машинных уравнений,
если это необходимо.

12. Окончательный выбор параметров машинных уравнений
и выполнение работы по исследованию системы методами элек-
трического моделирования.

Представленный порядок решения задач на АВМ пригоден
как для систем линейных, так и для систем нелинейных уравне-
ний.

Масштабные соотношения в машинах непрерывного действия.
В АВМ все независимые переменные, искомые и промежуточные
величины физического процесса представляются машинными пе-
ременными. Связь между физическими величинами и машин-
ными устанавливается с помощью масштабов. Выбор масштаб-
ных соотношений производится исходя из двух противоречивых
соображений. С одной стороны, масштабные соотношения долж-
жны иметь как можно большие значения, т. е. напряжения, соот-
ветствующие исходным переменным, должны быть велики. Это
требование определяется тем, что при малых выходных напря-
жениях увеличиваются относительные погрешности решения за-
дач. С другой стороны, переменные не должны превышать
 ± 100 в, чтобы все элементы АВМ работали в пределах линей-
ных участков характеристик.

Очень важно при решении задач на АВМ располагать дан-
ными о возможных пределах изменения исходных физических
переменных. Пределы изменения исходных переменных обычно
оцениваются исходя из физических соображений или по резуль-
татам пробных решений задачи.

М а с ш т а б о м или масштабным коэффициентом физической
переменной Y называется множитель M_y , на который необходимо
умножить значение машинной переменной, чтобы получить зна-
чение искомой физической величины: $M_y = \frac{Y}{U_y}$,

где Y — значение физической переменной;

U_y — значение машинной переменной.

Так как ни одна переменная в АВМ не должна выйти за пределы ± 100 в, величины масштабных коэффициентов оцениваются по максимальным значениям переменных, т. е. $M_y \gg \frac{Y_{\max}}{U_{y \max}}$,

где $U_{y \max} = \pm 100$ в. Тогда производные искомым функций и заданные возмущения запишутся таким образом: $\frac{dY}{dt} = M \frac{dU_y}{dt}$,

а искомая функция, зависящая от времени решения задачи, будет определяться через значение выходной переменной АВМ посредством соответствующего масштабного коэффициента: $F(t) = M_F \cdot I_F(t)$. Начальные условия примут вид $Y_{\text{нач}}(0) = M_y \cdot U_y(0)$.

Физические процессы в природе делятся на различное время: доли секунды, года, века. В первом случае без введения масштабов по времени (замедление процесса) невозможно зафиксировать интересующий нас переходный процесс. Во втором случае необходимо ускорить процесс, чтобы иметь возможность наблюдать его на экране осциллографа.

Кроме того, ограничения накладываются самой машиной, на которой идет решение задачи. Из-за дрейфа нулей усилителей время интегрирования на аналоговой машине МН-7 составляет 200 сек, на МНБ-1 — около 1000 сек; поэтому используют масштабирование по времени. Смысл введения масштаба по времени заключается в том, что путем преобразования исходного дифференциального уравнения, определяющего частоту переходного процесса в физической системе, на АВМ решается уравнение, в котором изменения напряжения остаются пропорциональными изменениям физических переменных, а скорости, с которыми они изменяются, могут быть увеличены или уменьшены в зависимости от характера процесса, т. е. происходит ускорение или замедление решения исходного физического уравнения.

Если t — время, относительно которого записана физическая система уравнений, а t_m — время, относительно которого записана машинная система уравнений, то $M_t = \frac{t}{t_m}$, где M_t — масштаб по времени.

Если $M_t = 1$, то решение идет в натуральном масштабе времени, $M_t < 1$ — в замедленном, $M_t > 1$ — в ускоренном масштабе времени.

$$\text{Если } M_t = 1, \text{ то } \frac{dY}{dt} = M_y \cdot \frac{dU_y}{dt}. \quad \text{Если } M_t \neq 1, \text{ то } \frac{dY}{dt} = \\ = \frac{M_y}{M_t} \cdot \frac{dU_y}{dt_m}; \quad \frac{d^n Y}{dt^n} = \frac{M_y}{M_t^n} \cdot \frac{d^n U_y}{dt_m^n}.$$

При масштабировании дифференциальных уравнений с невременным аргументом необходимо вводить масштаб, связывающий невременной аргумент и время t , по которому исходное уравнение будет решаться на АВМ. Допустим, что имеем уравнение

$$b_n \frac{d^n Y}{dz^n} + \dots + b_1 \frac{dY}{dz} + b_0 \cdot Y = 0.$$

Принимаем $M_{tz} = \frac{z}{t}$, обеспечивая таким образом переход от времени t , используемого АВМ в качестве независимой переменной, к действительной независимой переменной задачи Z , где M_{tz} — масштабный множитель.

Масштаб по Y выбирается, как обычно. Если Z_{\max} соизмеримо с временем решения, то $M_{tz} = 1$. В противном случае $M_{tz} \neq 1$ и производные примут вид: $\frac{dY}{dz} \cdot \frac{M_y}{M_{tz}} \cdot \frac{d^1 U_y}{dt^1} + \dots + \frac{d^n Y}{dz^n} = \frac{M_y}{M_{tz}^n} \cdot \frac{d^n U_y}{dt^n}$,

а уравнение $b_n \frac{d^n Y}{dz^n} + \dots + b_1 \frac{dY}{dz} + b_0 \cdot Y = 0$

будет представлено так: $b_n \frac{M_y}{M_{tz}^n} \cdot \frac{d^n U_y}{dt^n} + \dots + b_1 \frac{M_y}{M_{tz}} \cdot \frac{dU_y}{dt} + b_0 \cdot Y = 0$.

Таким образом, от независимой переменной Z в модели переходят к ее аналогу — времени, которое и выступает в АВМ как независимая переменная при «проигрывании» на аналоговой машине исследуемой модели.

Подготовка к набору уравнений на АВМ. Как уже указывалось, исходными данными для анализа процесса на аналоговой вычислительной машине являются дифференциальные уравнения, описывающие анализируемый процесс. Для набора дифференциальных уравнений на АВМ необходимо провести несколько подготовительных операций.

1. Составить структурную схему соединения решающих элементов, производящих математические операции над машинными переменными, согласно решаемому уравнению.

2. Выбрать масштабы представления переменных величин и времени.

3. Рассчитать параметры модели по коэффициентам исходных уравнений и выбранным значениям масштабов.

4. Определить начальные условия и возмущения модели в физических величинах, которые в АВМ представляют исходные переменные задачи.

Структурная схема для набора задачи на машине составляется путем сведения математических операций, заданных исходными уравнениями, к ряду операций, которые может выполнять АВМ, т. е. к интегрированию, суммированию, инвертированию (перемене знака) и функциональным преобразованиям.

Каждое исследуемое уравнение разрешается относительно соответствующей старшей производной, которая должна быть проинтегрирована цепочкой последовательно включенных интеграторов столько раз, пока на выходе этой цепочки не будет получена искомая переменная. С помощью суммирующего блока получаем действительное значение старшей производной, руководствуясь структурой решаемого уравнения, разрешенного относительно старшей производной.

В качестве примера рассмотрим поведение механической и электрической систем, находящихся под воздействием внешних возмущений (рис. 23). В первом случае (а) на массу m , подвешенную на пружине, с податливостью l действует внешняя сила

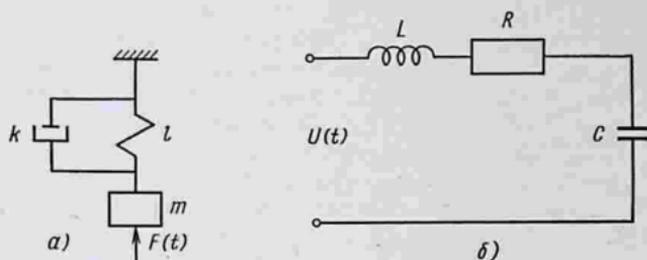


РИС. 23.
Схемы аналоговых моделей

$F(t)$. Для гашения возникающих при этом колебаний служит демпфер с коэффициентом затухания k . Во втором случае (б) на входе электрической цепи, представляющей последовательный колебательный контур, действует напряжение источника э. д. с., изменяющееся во времени по определенному закону. Поведение этих систем описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + k \frac{dx}{dt} + \frac{1}{l} x = F(t);$$

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = U(t),$$

где x — смещение массы относительно положения равновесия;
 q — величина электрического заряда конденсатора;
 R — активное сопротивление;
 C — электрическая емкость конденсатора;
 L — индуктивность катушки.

Из приведенного примера видно, что две системы различной физической природы описываются одинаковыми по виду математическими уравнениями. Отсюда следует, что изменение во

времени соответствующих физических величин обеих систем происходит по одному и тому же закону, который является результатом решения приведенных уравнений. Здесь механической силе $F(t)$ соответствует напряжение $U(t)$, изменению перемещения x — изменение заряда q на конденсаторе, скорости перемещения $\frac{dx}{dt}$ — ток в цепи $i = \frac{dq}{dt}$. Из сопоставления постоянных

коэффициентов обоих уравнений можно выявить аналогию между массой и индуктивностью, затуханием и сопротивлением, податливостью пружины и емкостью конденсатора. Таким образом, процесс изменения заряда на конденсаторе будет протекать во времени аналогично процессу движения массы в механической системе, поэтому одну из рассмотренных систем можно использовать

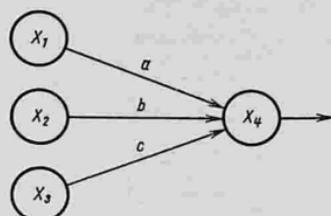


РИС. 24.
Аналоговая модель

в качестве модели другой системы. В силу неоспоримых преимуществ электронных схем перед механизмами (простота изготовления, удобство вариации параметров схем, быстрое и точное регистрирование переменных величин (напряжений) и т. д.) в настоящее время широкое распространение получили электронные модели.

В качестве примера аналоговой электронной модели рассмотрим графическое изображение системы алгебраических уравнений, упорядоченных в соответствии с причинно-следственными связями в системе. Возьмем уравнение такого вида: $ax_1 + bx_2 + cx_3 = x_4$.

Значение переменных представим в виде узлов графа, а ветви, соединяющие их, пусть выражают зависимости между ними. Тогда приведенное уравнение можно представить графом, изображенным на рис. 24. Такой граф может быть выполнен в виде электрической цепи. Если, например, сопротивление по ветвям x_1x_4 ; x_2x_4 ; x_3x_4 будет отражать зависимости между соответствующими величинами, а переменные величины x_1 , x_2 , x_3 будут выражать значение силы тока в соответствующих точках, например в точке подсоединения их к источникам тока, то $x_4 = I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3$ будет выражать их суммарное напряжение.

Таким образом, в этой аналоговой модели каждый из трех членов левой части уравнения представлен источником соответствующей силы тока, зависимости между независимыми и зависимыми переменными выражены с помощью соответственно подобранных сопротивлений в каждом звене. В результате суммирования всех входящих ветвей получаем значение величины, которое в определенном масштабе отражает значение величины x_4 .

Будущее аналоговых вычислительных машин. Современные аналоговые машины резко отстают по своим возможностям от цифровых машин по двум основным причинам. Первая — чрезвычайно узкая их специализация позволяет решать, как правило, крайне ограниченный класс однотипных задач. Избавиться от этой ограниченности довольно трудно ввиду «привязанности» функций машины к свойствам протекающего в ней физического процесса. Машины, в которых информация представлена в цифровой форме, свободны от этого недостатка. Вторая — низкая точность решений, даваемых аналоговой машиной (как правило, не более десятых долей процента). Однако имеются веские доводы, что в будущем положение должно измениться. Предусматривается, что эти машины будут использоваться иначе, в первую очередь в тесной связи с цифровыми способами обработки информации. К такому выводу приводит прежде всего сопоставление работы вычислительной машины и мозга. Выяснилось, что аналогия между мозгом и ЭЦВМ (электронно-цифровые вычислительные машины) оказалась неполной и что в деятельности мозга важную роль играют аналоговые процессы, причем информация многократно меняет свою форму из аналоговой в цифровую и наоборот. Так, колоссальные способности мозга, высокая точность и надежность его работы достигаются не посредством быстрого действия, точности и надежности выполнения каждой операции, а благодаря чрезвычайно сложному механизму параллельной обработки информации и своеобразным формам представления этой информации, сочетающим цифровые и аналоговые принципы. Например, информация заключается не в точном виде последовательности импульсов, а в статистических свойствах этой последовательности.

Другой круг вопросов связан с решением сложных задач, вычисление которых в цифровой форме приводит зачастую к невыполнимым требованиям к числу операций и объему памяти машины. В то же время трудоемкие задачи легко и быстро решаются простейшими физическими системами, например лучом света, отыскивающим кратчайший путь в оптически неоднородной среде или газовом сосуде, который переходит из неравновесного состояния к равновесному. Очевидно, эта возможность создается благодаря особой аналоговой форме решения задачи, при которой все молекулы системы играют роль параллельно работающих вычислительных элементов. Поэтому возникает идея использовать подобные процессы в кибернетических устройствах. Пример живых организмов, в каждой клетке которых протекают строго упорядоченные процессы, показывает, что это в принципе возможно.

В качестве такого обнадеживающего примера можно привести созданную систему, представляющую коллоидный раствор, содержащий железный купорос с погруженными в него усилительными элементами и платиновыми электродами, по которым

передавались входные электрические импульсы. При этом в растворе вырастали металлические нити, конфигурация которых зависела от входных сигналов, а также (благодаря обратной связи) от «предыстории» системы. Эта простая система обнаружила ряд чрезвычайно любопытных и неожиданных свойств. Она могла решать весьма громоздкие системы линейных однородных уравнений, содержащих десятки уравнений. Она оказалась способной обучаться и приспосабливаться к окружающей среде и входным воздействиям. В частности, ее можно было научить реагировать определенным образом на изменение кислотности отдельных участков среды, на различные конфигурации магнитного поля и вибрации. Более того, эту систему удалось сравнительно быстро обучить реагировать даже на звук. При этом в системе самостоятельно выросло «ухо», содержащее волокна, резонирующие на соответствующих частотах. Перспективы подобных физических моделей очень заманчивы.

Очевидно, должны быть сконструированы аналоговые вычислительные машины, обеспечивающие приемлемую точность и обладающие достаточной гибкостью для автономной работы и подключения к ЭЦВМ для совместной с ней работы. Если учесть, что аналоговая вычислительная машина имеет преимущества перед цифровой машиной при решении небольших задач, то потенциальной областью применения недорогого автономного аналогового устройства настольного типа будет решение уравнений повышенной сложности. Такие приборы могут быть использованы в качестве вспомогательных устройств, работающих сопряженно с большой установкой и предоставляющих в ее распоряжение дополнительные усилители или передаточную функцию системы в качестве одной из «подмашин» в сети из вычислительных машин, управляемых «ведущей» цифровой машиной, и т. п. Таким образом, в применении аналоговых машин имеются определенные перспективы.

В последнее время, например, исследуются закономерности между электрическими цепями и рядом экономико-математических задач: задачами сетевого планирования и управления, задачами о максимальном и минимальном потоках, задачей коммивояжера, задачами теории игр, транспортными задачами и другими в целях построения простых специализированных устройств. Этому вопросу уже посвящены многие статьи и доклады. Известны специализированные машины, изготавливаемые промышленностью и предназначенные для решения задач исследования операций: Оптимум-2 — для решения транспортной задачи, АСОР-1 — математическая машина для решения задач сетевого планирования и управления.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Математические модели. Одним из основных методов, которым оперирует экономическая кибернетика при изучении преобразований, происходящих в системах, является метод математического моделирования.

Возможность рассмотрения и представления процессов, явлений, протекающих в системах, с позиций информационных преобразований объясняется следующим. Процессы управления экономикой характеризуются движением и изменением (преобразованиями) в системе. Они могут быть выражены как взаимосвязь нескольких (многих) переменных величин, как отношения между ними. Различают связи причинные (или влияния) и связи сопутствия (или функциональные).

Марксистско-ленинское учение отводит в экономическом анализе главенствующую роль причинной связи как наиболее существенной и определяющей.

Функциональная связь выражает зависимость одних величин от других в процессе их изменения. Под функциональной зависимостью понимается такая зависимость между двумя величинами, когда определенному значению одной величины (независимой переменной — аргумента) соответствует строго определенное значение другой (зависимой переменной — функции). При этом может быть самая разнообразная форма зависимости — прямая, обратная, линейная, нелинейная.

При объяснении экономических процессов функциональная связь служит формой проявления причинной связи. Поэтому после выяснения сущности экономического явления, установления его причинных связей можно переходить к изучению функциональных связей, используя математический аппарат.

Для этого все процессы и явления, протекающие в системе, могут быть представлены в виде математических моделей, которые в зависимости от отношений, складывающихся в системе, могут быть простыми, более сложными и очень сложными (когда для изучения процесса приходится рассматривать несколько (много) переменных величин).

Понятие математической модели определяется по-разному. В наиболее общем виде она может быть определена, как упрощенная конструкция, записанная в виде символов, индексов, математических знаков соотношения переменных величин. Эта

конструкция предназначена для объяснения реальности и воздействия на нее, т. е. под математической моделью можно понимать упрощенную запись причинных и функциональных зависимостей, протекающих в исследуемой управляемой экономической системе. Степень упрощения должна быть такой, чтобы возможно более правильно отражались существенные черты действительности.

Экономико-математическая модель характеризует наиболее важные свойства конкретного экономического процесса или явления, отвлекаясь от деталей и частных. Каждая модель представлена определенной системой уравнений, связывающих во едином переменной, характеризующие те элементы системы, которые наиболее существенны для изучения поведения исследуемого объекта, решения экономической задачи.

В широком смысле *под экономико-математической моделью следует понимать концентрированное выражение существенных взаимосвязей и закономерностей процесса функционирования экономической системы в математической форме*. Это определение модели наиболее полно характеризует как экономическое содержание, так и средства выражения процесса функционирования экономической системы. В таком плане экономико-математические модели должны интерпретироваться как преобразователи исходной информации, а сами преобразования — как средство приведения управляемой экономической системы к поставленной цели.

При кибернетическом истолковании математическая модель есть управляемая система со входами и выходами, в которой условия функционирования будут представлять входную информацию или параметры управления, преобразования будут характеризовать изменения состояний управляемой системы, критерии будут служить мерой оценки эффективности этих изменений, а экстремум целевой функции будет являться показателем достижения системой оптимального состояния желаемых исходов.

В информационном аспекте, когда речь идет о математических моделях, можно говорить об информационном моделировании, так как модель представлена символами, индексами, математическими знаками соотношения, формируемыми в формулы, уравнения. Модель также может быть представлена в матричном виде, где по столбцам расположены численные параметры, характеризующие данную переменную величину, а по строкам — взаимосвязь.

Информационное моделирование имеет очень большое значение в экономике; оно осуществляется средствами математического и логического аппарата. Отсюда оно может трактоваться как экономико-математическое и как экономико-логическое моделирование. Последовательность разработки формулы, уравнения или неравенства должна соответствовать изучаемым свой-

ствам оригинала и являться его логико-математической (или математической) моделью.

Виды математических моделей. В экономике широко применяются экономико-статистические и экономико-математические модели (в данном случае дополнение «экономико» сделано, чтобы подчеркнуть, что с помощью этих моделей описываются экономические системы).

Экономико-статистическая модель представляет собой корреляционное уравнение связи зависимого и нескольких независимых факторов, определяющих количественное значение зависимого фактора.

Она может быть представлена как в символической записи, так и в численной конкретизации.

Экономико-математическая модель тоже может быть в двух видах. Но в основном параметры ее обычно даются в виде таблицы чисел, связанных в единую систему функциональных уравнений различного типа.

Все имеющиеся экономико-математические модели делятся на детерминистические и стохастические.

К детерминистическим относятся те модели, в которых результат полностью и однозначно определяется набором независимых переменных. Эти модели строятся на основе правил линейной алгебры и представляют собой системы уравнений, совместно решаемых для получения результатов.

Детерминистические модели подразделяются на модели балансовые и модели оптимизационные. Балансовые модели, как правило, характеризуются системой балансовых таблиц, которые обычно имеют форму шахматного баланса и могут быть записаны в виде квадратных матриц. Оптимизационные модели отличаются от балансовых тем, что целью их построения является не столько описание структуры экономической системы, сколько математическое описание условий ее функционирования.

Оптимизационные модели бывают линейные и нелинейные.

Стохастические модели описывают случайные процессы, подчиняющиеся законам теории вероятностей. В этих моделях либо исходные данные, либо искомый результат выражаются не определенными величинами, а в виде некоторой статистической функции распределения этих величин. Изучаемый процесс условно рассматривается как детерминистический, и с моделью математически оперируют как с детерминистической, но в нее входят элементы оценки вероятности получения результата.

К стохастическим относятся модели, основанные на принципах выравнивания статистических рядов, дающих количественную характеристику явлений, величина которых варьирует в определенных пределах и распределяется внутри них также закономерным образом. Эти модели описывают вариационный ряд укрупненно с помощью того или иного набора характеризующих

его параметров распределения или графиков нормального распределения. ✓

К стохастическим относятся также модели, с помощью которых анализируются эмпирические закономерности, не выражающиеся строго функциональными связями. Отличительной чертой этих моделей является то, что зависимая переменная всегда служит средней, а не однозначной характеристикой влияющих на нее факторов.

С помощью математических моделей возможно исследовать поведение управляемой системы (осуществлять преобразования, подчиненные определенно установленному алгоритму) по всем этапам, связанным с управлением экономической системы, а именно: прогнозирование ее развития (определение конечной точки в некоем многомерном пространстве, которую должна достичь в своем развитии система), планирование ее развития (определение траектории развития системы от существующих координат до перспективных) и оперативное управление (слежение за следованием системы по намеченной траектории).

Требования к построению математических моделей исходят из развивающейся в настоящее время научной дисциплины — математического моделирования экономических процессов. Создание моделей реальных процессов значительно облегчает изучение производства в реальных условиях, в которых очень трудно, а часто и невозможно вовсе осуществлять какое-либо изучение традиционными методами экономических исследований, не используя методов кибернетики. Примером этому является исследование взаимосвязей в экономических процессах в сельскохозяйственном производстве. Его упрощение путем отсекания второстепенных факторов совершенно невозможно. Кроме того, приходится учитывать возмущающие воздействия окружающей среды. Математическое моделирование позволяет в известной мере учитывать эти весьма сложные и быстроизменяемые зависимости. Ранее правильность теоретических предложений в экономике подтверждалась длительным опытом практической деятельности. Но это требует слишком много времени, обходится очень дорого и порой является неточным. Математические методы и современные вычислительные средства во многих случаях позволяют все это делать гораздо удобнее, быстрее и дешевле. Достаточно построить математическую модель и «проиграть» ее на электронно-вычислительной машине. Математическое моделирование экономических процессов позволяет экспериментировать в экономике, не прибегая к опыту. Это значительно повышает уровень экономической науки и достоверность ее выводов.

Однако при практическом применении математического моделирования следует учитывать, что математические характеристики часто не отражают всех аспектов моделируемых экономических процессов и поэтому не всегда в полной мере раскры-

вают их природу, особенно социально-экономическую. Следует помнить также, что логика математических преобразований в процессе моделирования не всегда совпадает с объективной логикой экономических процессов. Нельзя упускать из виду качественные различия между процессами, математически описываемые одинаковыми уравнениями. Говоря другими словами, при математическом моделировании всегда нужно исходить из существа экономических отношений, из качественного анализа экономических связей, а не создавать сначала модели, а потом давать им экономическое толкование.

Математическая модель экономического процесса представляет собой достаточно сложную конструкцию. От того, насколько эта конструкция адекватна исследуемому экономическому процессу, зависит реалистичность получаемых решений. Моделирование экономических процессов требует высокой квалификации исполнителя.

Модель отображает функционирование объекта с привлечением какого-либо языка и является экспериментальным подобием конкретного объекта в реальном или кратном масштабе времени. В ней должны учитываться процессы и явления (или часть их), сходные с процессами и явлениями, происходящими в реальном объекте.

Модель не может быть сложнее объекта, который она отображает, так как тогда нет смысла изучать на ней его свойства. Модель, как правило, должна быть проще отображаемого объекта по структуре, функционированию, скорости проходящих явлений, доступности исследователю и т. п.

В зависимости от вида математическая модель должна иметь следующие составные элементы. ✓

1. Математические модели, позволяющие исследовать оптимальное функционирование системы (экономико-математические модели):

линейную форму переменных, или целевую функцию, подлежащую оптимизации (минимизации или максимизации), выражающую целевую установку задачи;

функциональные ограничения переменных, представленных системой линейных неравенств или уравнений, формирующих условия задачи;

ограничения неотрицательности всех переменных величин, включенных в систему.

2. Математические модели, обеспечивающие исследование функциональных зависимостей между переменными, характеризующие элементы системы (экономико-статистические модели):

зависимую переменную величину (характеризующую определенный результат производства);

независимые переменные величины (факторы производства);

параметры уравнений.

Построение математических моделей включает несколько этапов.

1. Изучение экономического процесса (объекта, явления) по литературным источникам и обследование его в натуре.

2. Постановка задачи (описание ее содержания) и выяснение возможностей ее формализованного представления.

3. Анализ количественных зависимостей между параметрами задачи.

4. Определение целей, ограничений, критерия.

5. Построение операторной модели, проработка вопросов функционирования схемы. Оформление блок-схем.

6. Построение математической модели: символическое и численное представление связей; алгоритмы построения всех параметров модели; получение, обработка и установление достоверности необходимой информации; алгоритмы исследования модели.

7. Проверка адекватности модели. Статистическая проверка функционирования объекта и модели и при необходимости доведение ее до нужного подобия.

8. «Проигрывание» (решение) задачи по созданной математической модели на ЭВМ, анализ результатов решения.

9. Упрощение модели до достаточной степени подобия.

10. Решение задачи на ЭВМ по скорректированной модели, экономический анализ возможных (допустимых) вариантов развития системы и принятие наиболее целесообразного (оптимального) управленческого решения по избранному направлению развития экономического процесса.

Рассмотрим кратко содержание работ по основным из перечисленных этапов на примере создания математической модели, обеспечивающей решение экономико-математической задачи для принятия управленческого решения.

Приступив к моделированию экономического процесса, прежде всего необходимо тщательно изучить его по литературным источникам и, если представляется возможность, — непосредственно в натуре. Необходимо выяснить внешние и внутренние информационные связи экономического процесса; установить, какие потребности удовлетворяются получаемыми результатами, какие требуются ресурсы, с помощью каких технологических способов ресурсы преобразуются в продукцию. Следует также подробно изучить природно-экономическую среду, определить, какое место в иерархической структуре сельского хозяйства занимает экономический процесс, и установить, какой плановый период должен быть исследован.

Многое зависит от правильной постановки экономико-математической задачи, т. е. должен быть ясный ответ на вопрос, что в ней является неизвестным, что надо искать, какова преследуемая цель, на какие вопросы необходимо ответить, какие отношения нужно предсказать и т. п.

Выбор математического метода решения задачи зависит от развития вычислительной математики и характера решаемой задачи. В настоящее время из всех методов математического программирования наиболее разработаны методы линейного программирования. При формализации экономического процесса необходимо установить перечень его характеристик и проанализировать структуру их связи. Поскольку вначале приходится учитывать максимально возможное количество характеристик, словесный анализ структуры связей практически невозможен. Поэтому возникает необходимость в формальном представлении структуры связей. Для этого используется аппарат теории графов. Это позволяет привести в соответствие систему параметров и логическую структуру, формализованную некоторым графом.

Количественные связи и отношения являются отображением качественной природы экономических систем и процессов, поэтому математическое программирование предполагает глубокий качественный анализ условий, в которых они функционируют, выявление всей совокупности факторов, исследование взаимосвязей и взаимного влияния этих факторов.

При анализе системы или процесса должно выдерживаться единство их качественной и количественной характеристик. Только при этих условиях решение задачи приведет к правильным результатам. Качественный анализ каждой конкретной системы или процесса отличается большой сложностью. Это обусловлено тем, что знания о процессе не могут быть ограничены общими положениями, а должны доводиться до познания их количественной меры. При этом особенно важное значение имеют достоверность и определенность всех числовых характеристик.

Математическая модель задачи может быть представлена в символическом виде, а также в виде специальной таблицы, в которой все экономические, технологические и другие условия и требования представляются как система неравенств и уравнений, объединенных единой целевой функцией. Математическая модель должна четко выражать целевую установку задачи и соответствовать выбранному математическому методу и программе решения задачи, воспроизводить все связи и зависимости в решаемой задаче и допускать альтернативные решения. Эта стадия моделирования называется математической интерпретацией планово-экономической задачи.

Последовательность построения экономико-математической модели может быть различной. Однако наиболее целесообразно сначала сформулировать критерий оптимальности и построить целевую функцию, затем определить виды производственной деятельности и их интенсивность, установить состав ограничений и разработать технико-экономические коэффициенты.

Определенная цель при постановке задачи должна быть выражена количественно. Ее количественная мера характеризуется критерием оптимальности, или показателем степени достижения цели. Выбор критерия оптимальности диктуется экономической сущностью решаемой задачи. Это должно быть сделано грамотно с теоретической точки зрения, должно соответствовать требованиям математического метода решения задачи и удовлетворять потребности практического планирования. Критерий оптимальности формулируется в виде функции от входных и выходных переменных и параметров задачи, значение которых достигает максимума или минимума при данных конкретных условиях, учтенных в модели. Эта функция называется целевой, так как она дает количественную меру цели.

При выборе критерия оптимальности и построении целевой функции учитывается согласованность интересов всех звеньев экономики: народного хозяйства, отрасли, района, предприятий и его подразделений — при соблюдении принципа примата народнохозяйственных интересов. Критерий, принятый для решения задачи на любом уровне управления, должен обеспечивать максимальное приращение народнохозяйственного критерия оптимальности. В этом смысле для решения задач в сельском хозяйстве наиболее предпочтительным является критерий «максимум приведенной прибыли». Но могут быть использованы и другие критерии в соответствующих экономических условиях (максимум валовой продукции в денежном выражении, прибыли, валового дохода, минимальная себестоимость и пр.).

Состав видов и способов производственной деятельности, выражаемых переменными, определяется моделируемым процессом и степенью его детализации в задаче. Виды деятельности представляют собой неделимые операции в модели экономического процесса, которые отличаются друг от друга по используемым ресурсам и коэффициентам их расхода, по выходу продукции и коэффициентам выпуска продукции. Если имеются различия хотя бы по одному из перечисленных признаков, то операция принимается как новый вид деятельности.

Виды деятельности классифицируются прежде всего по их назначению. Целью сельскохозяйственного производства является получение продуктов растительного и животного происхождения. Поэтому и растениеводческие и животноводческие отрасли представляют собой различные укрупненные виды деятельности. В зависимости от конкретных условий, оговоренных при постановке задачи, в качестве видов деятельности могут быть труд в отдельных растениеводческих отраслях, а также выращивание и разведение отдельных видов скота и птицы. Видами деятельности является и переработка разных сельскохозяйственных продуктов в целях придания им транспортабельной формы или предохранения от порчи, если такая переработка не выделена в самостоятельную отрасль промышленности.

Виды деятельности дают разные продукты и расходуют неодинаковые производственные ресурсы. Каждая деятельность может осуществляться по нескольким технологическим схемам и с различной интенсивностью. При различной интенсивности производства для одного и того же продукта требуются одинаковые производственные ресурсы, но в разных количествах.

По характеру взаимосвязей виды деятельности могут иметь независимые, сопряженные и конкурирующие отношения. Эти отношения являются основными в экономике сельского хозяйства и должны учитываться при моделировании экономических процессов. Если из двух отраслей одна потребляет какой-то ресурс, а другая не нуждается в нем, то они не оказывают взаимного влияния на масштабы деятельности, так как между ними существуют независимые отношения к данному ресурсу. Они не конкурируют с другими видами деятельности ни по ресурсам, ни по выходу продукции.

Сопряженные отношения между двумя или несколькими видами деятельности вызываются причинами технологического порядка. Например, в животноводстве процесс преобразования первичных ресурсов в конечную продукцию распадается на две стадии. На первой стадии выходом является промежуточная продукция — корма, которые используются как ресурс для второй стадии — производства животноводческой продукции. Сопряженные виды деятельности возникают в отраслях или у культур, дающих два или несколько продуктов. Так, например, многолетние травы дают семена и сено или траву на зеленый корм, крупный рогатый скот — молоко, мясо и приплод.

Конкурирующими отраслями и культурами по отношению к какому-либо ресурсу являются те, которые нуждаются в этом ресурсе. То, что отрасли и культуры могут быть независимыми, сопряженными и конкурирующими по отношению друг к другу с точки зрения использования ими разных ресурсов, позволяет производить выбор оптимальных вариантов использования возможностей хозяйства.

Основным документом, составленным в строгом соответствии с условиями экономико-математической задачи и требованиями применяемого вычислительного алгоритма ее решения, является расширенная экономико-математическая модель. В ней все экономические условия и требования решаемой задачи сформулированы в виде уравнений и неравенств и представлены натуральными числами.

Расширенная модель корректируется в соответствии с методом решения, и ее данные переносятся на перфоленду или другие технические носители информации, которые передаются на ЭВМ. Полученные результаты решения задачи анализируются и, если они оказываются почему-либо неприемлемыми, в экономико-математическую модель вносятся необходимые коррективы, задача решается заново.

Изменяя первоначальные условия задачи и критерий оптимальности, можно рассчитать несколько вариантов решений. Затем делается экономический анализ этих вариантов и выбирается тот проект оптимального плана, который является наиболее целесообразным с позиций развития всей системы.

Моделирование — важнейший инструмент анализа и синтеза систем. Одной из важнейших проблем моделирования является степень соответствия (подобия) образа объекту. Существует два уровня соответствия моделей системам — изоморфизм и гомоморфизм.

Если исходить из того, что математическая модель может рассматриваться как система, то тогда справедливы следующие утверждения.

Системы изоморфны, если элементы, связи, преобразования двух или более систем находятся во взаимно однозначном соответствии. При этом каждая из систем может рассматриваться как модель другой. Зная элементы, связи и преобразования одной из систем, можно совершенно определенно делать вывод о характере элементов, связей и преобразований других систем, если они изоморфны первой, и наоборот.

Системы гомоморфны, если они находятся в таком соотношении друг к другу, что некоторое однозначное лишь в одну сторону преобразование, сделанное в одной из них, даст систему, изоморфную другой системе. Эта вторая (более простая) система является гомоморфным отображением первой и может рассматриваться как ее упрощенная модель.

Математическая модель является гомоморфной по отношению к реальным экономическим системам в том случае, если нескольким элементам, связям, преобразованиям реальной экономической системы может соответствовать один элемент, одна связь, одно преобразование в модели. Модель может не отражать всех особенностей реальной системы.

Но в то же время математическая модель может быть изоморфной относительно специально выделенных для рассмотрения свойств реальной системы. В таком случае объектом моделирования являются не все, а только рассматриваемые с определенного разрешающего уровня наблюдателя характеристики системы. В этом случае модель изоморфна относительно рассматриваемого объекта моделирования.

Дополним, что математическая модель может рассматриваться как гомоморфная не только относительно реального процесса или объекта, но и относительно системы, в которой уже выделены определенные свойства, стороны, связи и преобразования этого объекта или процесса и которая (эта система) сама уже является гомоморфным образом данного объекта или процесса в целом. Однако эта математическая модель должна быть изоморфна относительно рассматриваемого объекта моделирования. Вывод: возможно несколько ступеней гомоморфизма,

последовательно упрощающих реальный объект, а изоморфизм можно считать как взаимно однозначный гомоморфизм.

Математическое моделирование, создание математических моделей и осуществление на их основе исследования управляемой системы представляют наибольший интерес для кибернетики. С помощью моделей можно анализировать потоки информации в управляемой системе и выделять наиболее существенную для управления. Это позволяет в свою очередь решать такие актуальные задачи, как оценка степени централизации или децентрализации управления, выбор наиболее целесообразной структуры управления; определение оптимальных размеров управляемой системы, обеспечивающих наиболее высокую эффективность производства и сокращающих ошибки управления до минимума. Это требует построения специальных моделей. Методика построения пока еще достаточно не разработана.

Одним из существенных направлений в кибернетическом моделировании является имитационное моделирование — построение моделей, имитирующих процессы управления. Осуществление на этой основе исследования управляемой системы позволяет подойти к этому по-новому, используя при этом системный анализ, или же системную оценку отдельных элементов системы. Системная оценка базируется на системном подходе, применяемом в кибернетике. В самом общем виде системный подход представляет собой методологию исследования сложных динамических систем, методологию решения научных проблем большой сложности, совершенствования организационных структур.

Существенные черты системного подхода:

целостность в изучении объекта, анализ его структуры, взаимосвязей и взаимодействия элементов;

определение целей функционирования данной системы с позиций более общей системы, частью которой она является;

выявление системных качеств объекта, т. е. качеств, возникающих как результат взаимодействия всех элементов;

изучение характера изменений, происходящих в системе под влиянием изменений ее отдельных звеньев и внешних условий;

выявление «дефектных» элементов системы, ограничивающих ее развитие;

определение основных условий оптимального функционирования системы и разработка на этой основе вариантов перевода системы в оптимальный режим функционирования.

Под системной оценкой в экономической кибернетике понимается такой метод анализа поведения исследуемой системы, с помощью которого возможно получить полную количественную оценку исследуемого элемента производства в условиях оптимального развития системы, к которой он принадлежит.

Системная оценка состоит в следующем. Как известно, каждый производственный объект любого уровня управления может

быть представлен в виде кибернетической системы, состоящей из конечного числа элементов, взаимоувязанных потоками информации, с различной теснотой связи (различной функциональной зависимостью). Система характеризуется определенными входами (задаваемыми объемами (наличием) производственных ресурсов, производственными функциями и т. п.), а также желаемыми исходами (гарантированными объемами производства сельскохозяйственной продукции по видам, определяемыми обязательствами перед обществом). Процесс производства может рассматриваться как некоторые преобразования, осуществляемые в системе, материализующие энергию и вещество в сельскохозяйственную продукцию. Может быть найден оптимальный режим функционирования системы (наиболее целесообразные преобразования), в процессе которого за счет ограниченных производственных ресурсов будет получено максимальное количество продукции с учетом выполнения всех заданных ограничений по выходам системы. Оптимальное развитие системы означает, что ее элементы получают значение, при котором в целом по системе достигается экстремальное значение параметра, избранного в качестве критерия оптимизации (достигается максимум или минимум целевой функции).

Если в систему, находящуюся в оптимальном состоянии, ввести вместо одного элемента другой (элемент, который намечено подвергнуть экономическому анализу) и в этих условиях получить новый оптимальный вариант ее развития, сохраняя заданные входы и не уменьшая желательные исходы, то произойдут определенные изменения как по выходам системы, так и по количественному значению ее отдельных элементов. Естественно, что анализируемый элемент должен быть свойствен данной экономической системе, так как в противном случае не смогут осуществиться преобразования.

Изменения затрагивают уровень использования ограниченных производственных ресурсов; состав (перечень) элементов системы (некоторые могут быть выведены из системы); количественные характеристики всех остальных элементов системы в большей или меньшей степени в зависимости от тесноты связи; количественные характеристики желаемых исходов — объемы производства продукции (при безусловном сохранении минимально допустимых объемов производства); абсолютное значение параметра, выступающего критерием оптимизации.

Разница между величинами показателей, характеризующих уровень развития системы (по избранному критерию оптимизации), отнесенная к принятой единице измерения анализируемого элемента, дает относительную величину экономической эффективности анализируемого элемента по сравнению с другим (другими) замещенным элементом системы. Таким образом достигается системная оценка.

В настоящее время расчет оптимального варианта развития системы может быть получен при реализации одного из алгоритмов линейного программирования. В дальнейшем это будет достигаться, возможно, с помощью алгоритмов, учитывающих вероятностный характер отдельных параметров, характеризующих элементы экономической системы и ее в целом.

Системная оценка осуществляется:

а) по элементам с совпадающим и с несовпадающим перечнем наиболее существенных качественных и количественных характеристик. В качестве примера с совпадающим перечнем можно привести системную оценку кормовых культур, дающих корма одной из выделенных кормовых групп; с несовпадающим перечнем — системную оценку двух или нескольких отраслей производства, характеризующихся по одной отрасли урожайностью и затратами удобрений, по другой — продуктивностью и затратами кормов. В каждом случае оценка осуществляется при условии сохранения минимальных значений желаемых исходов;

б) с полной заменой одного элемента системы другим или с частичной заменой анализируемым элементом одного или нескольких элементов системы (по количественным характеристикам). В случае полной замены осуществляется повторный расчет развития системы в целом; в случае частичной замены используются двойственные оценки и коэффициенты структурных сдвигов, получаемых в результате решения алгоритмом линейного программирования;

в) в простой и комплексной (сложной) форме. Простой системной оценкой называется такая оценка, при которой сопоставляются (анализируются) два или более двух элементов, свойственных данной системе, имеющих совпадающие перечни наиболее существенных качественных и количественных характеристик. Комплексная (сложная) системная оценка осуществляется в тех случаях, когда необходимо выполнить экономический анализ и сопоставление свойственных данной системе элементов с несовпадающими перечнями характеристик.

Заметим, что понятие простой и комплексной оценки связано в большинстве случаев не с количеством и основными свойствами элементов системы, а с «разрешающим уровнем», избранным исследователем. В зависимости от цели можно для любых элементов системы найти совпадающий перечень наиболее существенных количественных и качественных характеристик;

г) в статике и динамике. Статическая системная оценка проводится в тех случаях, когда анализ затрагивает только горизонтальные межэлементные связи по состоянию системы на определенное заданное время. Динамическая системная оценка проводится тогда, когда при анализе необходимо учесть также и вертикальные межэлементные связи при развитии системы в определенный, задаваемый период;

д) в системе с постоянными количественными характеристиками элементов, линейно зависящих, и в системе с вероятностными количественными характеристиками при нелинейных зависимостях.

Системная оценка в экономическом анализе неприменима в тех случаях, когда нет альтернативы в выборе элементов системы и когда характеристики избранных для анализа элементов не имеют конкретных численных выражений.

Но даже если есть альтернативные варианты и количественные характеристики, то системная оценка целесообразна только тогда, когда экономический анализ проводится для определения влияния данного элемента на развитие всей производственной системы в конкретных условиях, определения его экономической эффективности по сравнению с другими элементами производства. Когда такая задача не ставится, то для экономического анализа вполне применимы существующие методы и простейшие технические средства.

Например, перед исследователем стоит задача определить, насколько отличаются затраты на производство одной культуры и другой. В этом случае нет необходимости прибегать к системной оценке; достаточно обычного метода сопоставления с применением обычных статистических приемов расчетов. Если же экономический анализ проводится в целях определения влияния затрат на производство данной культуры на суммарные затраты в конкретных производственных условиях в сравнении с другой, третьей и т. д. культурами, то необходим системный анализ. Или другой пример. Необходимо выяснить, какова окупаемость капиталовложений в один, другой объекты. Это можно установить обычными методами определения эффективности капиталовложений. Но если необходимо проанализировать, как повлияют на развитие всего производства капиталовложения в один или другой конкретные объекты и насколько они эффективнее по окупаемости, необходимо прибегнуть к системной оценке. Выполненные многочисленные расчеты показывают, что суждение о целесообразности внедрения в производственную систему новых элементов по результатам, полученным обычными методами сравнения, недостаточно обосновано.

В одном из расчетов сопоставлялась эффективность производства озимой и яровой пшеницы. Урожайность озимой пшеницы обеспечивала получение с гектара 13 ц товарной продукции и 77,3 руб. чистого дохода. По яровой пшенице аналогичные характеристики составили — 12 ц и 49,1 руб. Обычный анализ при сопоставлении подводит к выводу о более высокой эффективности озимой пшеницы. Но в условиях конкретного хозяйства с учетом других отраслей производства системная оценка показала, что каждый гектар посевов озимых зерновых при замене им яровых уменьшает чистый доход хозяйства на 29 р. 10 к. Это происходит за счет структурных изменений в производстве.

Преимущество системной оценки в экономическом анализе состоит также в том, что ее возможно провести (с учетом вышеприведенных требований) даже в случаях, когда обычные методы сопоставления, сравнения невозможно применить. Например, надо определить, что и насколько эффективнее для конкретного сельскохозяйственного предприятия: затратить средства на распашку естественных угодий для использования их под посев, увеличить поголовье скота или построить хранилище. Особенно эффективно применение системной оценки при определении влияния на производство различных ресурсов, а также в ряде других случаев.

Область применения системных оценок в экономическом анализе сельскохозяйственного производства чрезвычайно обширна. Системная оценка может быть применена на любом уровне сельскохозяйственного производства — от отрасли в целом до сельскохозяйственного предприятия, его внутрихозяйственных подразделений. С ее помощью можно оценить и рекомендовать производству наиболее эффективные направления капиталовложений: введение прогрессивной технологии; рациональные севообороты; целесообразную для конкретного хозяйства структуру производственных ресурсов; включение в состав культур или животноводческих отраслей, самых эффективных с позиций задач, поставленных перед хозяйствами; наиболее экономичную структуру рационов кормления; целесообразные решения по многим другим элементам и факторам производства.

Фундаментальным в кибернетике является понятие «черный ящик». Это один из основных методов, присущих кибернетике, обеспечивающий возможность исследования очень больших и сложных систем.

Метод «черного ящика» заключается в следующем. Изучаемая система рассматривается в целом или по ее отдельным подсистемам как некоторое устройство, о внутреннем строении которого мы не располагаем никакой информацией. Какие происходят в нем преобразования, какова последовательность смены состояний — неизвестно. Исследователь наблюдает только воздействия на входы объекта и может фиксировать возникающие после этого изменения на выходах. На основе соотношений входов и выходов объектов можно получить знание о закономерностях его поведения.)

Например, известно, что если скармливать корм корове, то получим молоко. Как происходит процесс преобразования кормов и воды в качественно совершенно иной продукт — молоко, нет необходимости знать. Это предстает неизвестным для исследователя, т. е. в виде «черного ящика». Как «черный ящик» может рассматриваться любая экономическая система. Ей задаются информационные входы (скажем, задание на производство продукции), определенные материальные входы. Мы вправе ожидать на выходах получения определенной продукции. Как

она производилась, какие при этом были материальные, энергетические преобразования — для нас не имеет значения. Важно только то, что мы знаем, что, задав данной системе определенные входы, получим желаемый исход. При рассмотрении «черного ящика» исследователя не интересует, как происходят преобразования в «черном ящике», что находится в этом ящике; исследователя интересует, как будет реагировать «черный ящик» при конкретных входах. Иными словами, нас интересует, какой образ будет получен при задаваемых операндах; какой оператор будет воздействовать — не имеет значения.

С позиций «черного ящика» можно утверждать, что системы, которые имеют одинаковые входы и выходы и одинаково реагируют на внешние воздействия, являются изоморфными. Если экспериментатору доступны только входные и выходные величины, то, очевидно, изоморфные системы для него являются неотличимыми, какие бы опыты он ни проводил с ними. При этом вполне возможно, что внутренняя структура этих двух систем будет значительно отличаться. Происходящие преобразования иные, но эти системы изоморфны, так как одни и те же операнды в итоге превращаются в одни и те же образы.

«Черный ящик» незаменим при изучении больших экономических систем. Детальное изучение поведения таких систем путем воздействий на их входы и наблюдений на выходе невозможно. Это заняло бы невероятно много времени. Даже в том случае, когда мы располагаем всей информацией о состоянии отдельных элементов такой системы, нельзя получить полного представления о ее поведении, потому что она имеет так много элементов, что имеющаяся информация невозможно свести в единое целое. В этом случае возникает необходимость заменить сложную экономическую систему другой, более простой системой, но функционирующей подобным образом. Для этого экономическую систему можно рассматривать как «черный ящик» и построить упрощенную его модель. При этом сам «черный ящик» и воспроизводимая его модель описываются одинаковыми математическими формулами. В данном случае можно утверждать, что модель, которая будет получена путем упрощающего однозначного преобразования реальной экономической системы за счет сокращения существенных переменных, определяющих ее поведение, или более грубой оценки их значений, будет гомоморфной, адекватной моделью сложной экономической системы. Упрощение реальной системы приводит к однозначному соответствию ее состояния гомоморфной модели и к неоднозначности обратного соответствия.

Методом «черного ящика» удобно также пользоваться и в случаях менее сложных систем, как вероятностных, так и детерминированных. В экономике, в производственной деятельности мы постоянно сталкиваемся с объектами, с элементами системы, которые используются нами по принципу «черного ящика». На-

пример, птичница знает, что если заложить в инкубатор яйца, то через определенное время вылупятся цыплята. В данном случае для нее и яйцо, и инкубатор предстают как «черные ящики». Мы знаем, какие затраты, в какой структуре должны быть запланированы производственной бригаде, чтобы она произвела определенную сельскохозяйственную продукцию. Как это осуществляется, так же и процессы, происходящие в растении, в животном, предстает для нас «черным ящиком».

(Очень важным является использование метода «черного ящика» при управлении сложными системами.)

Допустим, что необходимо управлять системой, которая насчитывает 50 элементов. Для принятия решения по управлению этой системой необходимо получить информацию о состоянии этих 50 элементов и о связях между ними. Используя формулу $n(n-1)$, устанавливаем, что число возможных связей составляет 2450 (мы сознательно не затрагиваем возможное число состояний подобной системы, если не установлены ограничения на характер связей между элементами).

Изучение такого количества связей в динамически развивающейся системе может быть просто непосильным управляющей подсистеме (человеку, выполняющему функции управления этой системой). В таком случае принятие решения будет происходить в условиях недостаточно переработанной информации, что будет, несомненно, сказываться на качестве функционирования системы.

Если разделить подобную систему на несколько (скажем, пять) управляемых систем, то тогда лицо, осуществляющее управление всей системой, должно для принятия решений получать информацию о состоянии всего лишь $(5 \cdot 4) = 20$ связей, т. е. в 120 раз меньше. Информации о состоянии связей в каждой из выделенных пяти систем для управления не потребуется; эти системы предстают как «черные ящики», реагирующие определенным образом на характер связей между ними, т. е. на поступающие входы, выдавая определенные выходы. В данном случае никакой информации о совершающихся преобразованиях в каждой из выделенных пяти систем, об их влиянии на управляющую подсистему более высокого порядка не поступает. В этих системах в течение всего периода информационный контур замкнут. О нормальном свершении всех преобразований система более высокого порядка будет информирована только по состоянию выходов и входов.

Если рассматривать систему K -го порядка, то принцип замкнутости контура информации позволяет утверждать, что эта система может рассматривать объединяемые ею системы $(K-1)$ -го порядка на весь период ее функционирования как «черные ящики» с известными векторами входов и выходов и определенными закономерностями (протоколно зафиксированными) между импульсами на входах и реакцией на выходах.

Например, в тракторно-полеводческой бригаде отдельные агрегаты (тракторист-машинист с трактором и прицепными орудиями) могут рассматриваться как элементы системы «тракторно-полеводческая бригада» или же как система более низкого порядка. Тракторист-машинист получает определенные информационные входы (наряд-задание на выполняемые работы, меры материального поощрения за качественное выполнение и перевыполнение задания), а также определенные материальные входы.

Бригадирю как элементу управляющей подсистемы нет необходимости получать информацию о том, как тракторист-машинист в каждый конкретный период времени выполняет полученное задание (за исключением особых случаев контрольных функций). Его не интересует информация, которую перерабатывает для реализации своих функций тракторист-машинист: о поворотах агрегата, о работе трактора, прицепных орудий и многом другом. О правильности совершенных преобразований в системе бригадир будет судить по выходам, т. е. по результатам работы.

Но в некоторых случаях возникает необходимость вскрытия «черного ящика». Главным образом это осуществляется тогда, когда возникает необъяснимо резкое нарушение функциональной зависимости между импульсами и реакциями системы, или же в тех случаях, когда трудно определить закономерности поведения системы, выступающей как «черный ящик».

Вскрытие «черного ящика» крайне нежелательный процесс, так как при этом резко возрастает количество разнообразия в новой системе и управляемая подсистема может не справиться (не обладая соответственно таким же количеством разнообразия). Как частный случай вскрытия «черного ящика» можно рассматривать ликвидацию лишних уровней (звеньев) управления, когда управляющие подсистемы не загружены, а поэтому одна из них устраняется, а управляемые подсистемы объединяются с раскрытием содержания и характера осуществляемых преобразований в системе.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Сущность управления. Если некая система может находиться постоянно в одном каком-либо состоянии, то по отношению к ней не возникает необходимости в управлении. Хотя теоретически таких систем нет, так как движение есть форма существования материи, все же практически для определенного времени можно считать неменяющими свое состояние гранитную глыбу, замерзший водоем, бетонированную дорогу, находящиеся под нормальным снежным покровом озимые посевы, живые организмы, например бактерии с крайне ограниченными жизненными процессами, что позволяет им переносить неблагоприятные условия и сохранять жизнеспособность на многие годы. Известны случаи прорастания семян через сотни, тысячи лет.

Это становится возможным благодаря тому, что система принимает одно устойчивое состояние и не меняет его на протяжении рассматриваемого промежутка времени.

Если система может находиться уже в двух возможных состояниях, тогда возникает необходимость определенным образом воздействовать на нее в целях перевода в одно из желаемых состояний. Так, телефонный аппарат, электрический звонок могут находиться во включенном или выключенном состоянии, и переход этих систем из одного состояния в другое является реализацией целенаправленного воздействия на них.

В распространенном понимании управление состоит в постоянном воздействии на динамическую систему, вызывающем в ней целенаправленные преобразования. В технических системах целенаправленное воздействие на объект управления передается с помощью изменения различных физических величин

(тока, напряжения, давления, силы). В экономических системах управляющее воздействие на объект управления может быть оказано с помощью изменения большого числа факторов: предметов труда, средств труда, технологии процессов, рабочей силы, экономических, организационных, административных, моральных, политических, социальных. Всякий процесс управления подразумевает наличие объекта управления (трактор, лошадь, предприятие) и управляющей системы (рабочий, правление колхоза). Совокупность объекта управления (управляемой системы) и управляющей системы представляет собой систему управления.

Желаемое изменение состояния системы достигается посредством определенных на нее воздействий, которые назовем управляющими воздействиями (сигналами управления). Последние содержат информацию о требуемых значениях управляющих воздействий. Переработка информации о внешних воздействиях, состоянии объекта и целях управления управляющим органом по определенным правилам позволяет выработать управляющие воздействия. Совокупность правил, по которым информация о состоянии управляемой системы, внешней среды, программы управления преобразовывается для получения информации об управляющих воздействиях, называется алгоритмом управления.

Управление необходимо как для обеспечения требуемого функционирования системы, так и для направленного ее развития: для роста и развития живого организма в нужном направлении, для обеспечения простого и расширенного воспроизводства предприятия, отрасли и т. п. Управление развитием состоит в разработке и реализации программы (плана) развития системы. Информация о развитии живых организмов заложена в наследственной информации, выраженной в виде определенных структур макромолекул, входящих в состав клетки. План развития предприятия представляет собой документ, предусматривающий определенные воздействия на элементы системы производства: предметы и орудия труда, трудовые ресурсы, материальные условия производства и т. п. — в целях их направленного изменения, которое обеспечит решение задач развития производства.

Таким образом, управление — это целенаправленное, принудительное воздействие на объект, выбранное из множества возможных воздействий на основании информации о состоянии внешней среды, объекта и программы управления, осуществляемое в целях обеспечения необходимого его функционирования и развития.

На основе информации о фактическом и требуемом состоянии системы орган управления по определенным правилам вырабатывает результативную информацию, которая содержит распоряжения (команды, сигналы) о необходимых воздействиях

на вход, с тем чтобы вывести выход системы в заданное состояние.

Управляющее воздействие оказывается с помощью у п р а в л я ю щ е й величины, т. е. всего того, что вызывает в системе положительные изменения, соответствующие цели управления. Управляемой величиной называют такую величину, для поддержания которой на заданном уровне или для изменения которой во времени по определенному закону действует система управления. Так, основными управляемыми величинами в сельскохозяйственном производстве являются показатели реализации продукции государству, отчисления в фонд развития предприятия, производительности труда, себестоимости продукции и др.

В связи с тем что на производственные системы воздействуют с помощью ряда управляющих величин и при этом управляют многими управляемыми величинами, в числе их выделяют основные, воздействие на которые обеспечивает основной успех в управлении производством. Следует отметить, что не все управляющие величины, т. е. величины (факторы), которые воздействуют на производственную систему, являются управляемыми. Неуправляемыми величинами являются такие, использование которых не может быть осуществлено управляющей системой (субъектом управления). К неуправляемым величинам (факторам) относятся, например, погодные явления, климатические условия и т. п.

Необходимость управления обуславливается возмущающими воздействиями, которые выводят управляемую систему из заданного состояния. Возмущающими воздействиями по отношению к производственным системам называются колебания материальных, трудовых, энергетических, финансовых потоков, а также экономических, организационных, моральных и других факторов производства, происходящих под влиянием как внутренних, так и внешних причин и вызывающих отклонение управляемых величин от заданного состояния. Так, на производственную систему внешние возмущающие воздействия могут оказывать система снабжения, стихийные бедствия, изменения производственной программы и т. п. Внутренние возмущающие воздействия могут проявляться в организационных, технических, технологических неполадках производственного процесса, нарушениях трудовой дисциплины и т. п.

Надо отметить, что управление для большинства людей представляется процессом принуждения, осуществляемого тем или иным способом. Считается, например, что регулировщик уличного движения, используя метод принуждения, легализованный законодательством, осуществляет «управление» движением. На самом деле он пытается принять решение, не имея для этого часто достаточной информации ни о количестве «управляемых» им машин, ни о ценности и срочности груза и т. п.

Более совершенное управление мы встречаем в природе в так называемых гомеостатических системах. Гомеостат воплощает в себе расширенное понятие системы управления, предназначенной для поддержания значения любой переменной в заданных пределах. В гомеостате управляемая переменная поддерживается на требуемом уровне механизмом саморегулирования. Самым существенным для биологических систем управления является то, что изменения управляемых величин в них не выходят за рамки допустимых физиологических пределов. Это значит, что управляемая величина всегда находится на требуемом среднем уровне и что в системе имеется компенсирующий механизм, который возвращает эту величину к среднему значению, когда она начинает от него отклоняться. На примере гомеостазиса раскрывается один из основных принципов регулирования кибернетических систем — принцип саморегулирования.

Управление — атрибут развития, поступательного процесса движения от простого к сложному. Управление должно обеспечить устойчивость системы в ее развитии с учетом соответствующего взаимодействия с внешней средой. При этом необходимо исходить из того, что вряд ли могут быть разработаны такие критерии оценки поведения системы, которые бы исключали всякие противоречия в этом эволюционном процессе. Экономическое управление должно быть таким, чтобы противоречия, свойственные развитию отдельных экономических объектов, правильно разрешались с учетом интересов систем более высокого порядка. Сущность управления, по определению академика Трапезникова, выражается в организации и реализации целенаправленных воздействий. Оптимальным управлением, отмечает академик Берг, называется такой перевод системы в новое назначенное для нее состояние, при котором затрачивается либо наименьшее время и труд, либо наименьшее количество вещества или энергии.

Наряду с этими общими определениями управления в зависимости от особенностей системы управление может отражать процесс, посредством которого система нормализуется и приводится в состояние устойчивого равновесия, что имеет место, например, при управлении такими системами, как самолет, корабль, при их движении; процесс, направленный на уменьшение неопределенности системы посредством перевода ее из менее в более устойчивое положение, что выражается в уменьшении энтропии системы. Здесь управление выступает как способ поддержания системы в таком ее состоянии, которое обеспечивает возможно высокую вероятность достижения заданной цели. Так, например, управление колхозом, совхозом направлено на такое обеспечение процесса развития производства, которое бы с высокой степенью вероятности гарантировало достижение состояния производства, при котором обеспечивается выполнение всех плановых заданий при минимуме производственных затрат.

Чем меньше возможное число других состояний производства и чем меньше вероятность их наступления, тем меньше энтропия производственной системы. Отметим, что если управление производством ведется на таком уровне, при котором вероятность выполнения производственной программы равна единице, то энтропия такой системы равна нулю. Таким образом, определенность системы может являться числовой мерой уровня управления предприятием. Управление в этом смысле можно рассматривать как процесс, который из беспорядка создает порядок, при этом постоянно повышает степень его.

Управляющее воздействие (сигнал управления) можно рассматривать как оператор, который переводит элементы из одного состояния в другое. Если возмущающее воздействие на экономический объект выразить через функцию времени $M(t)$, а реакцию системы на эти возмущения — функцией $U(t)$, то символически преобразование входной функции $M(t)$ в выходную $U(t)$ будет иметь следующий вид: $U(t) = AM(t)$, где A — оператор системы управления, преобразовывающий $M(t)$ в $U(t)$.

Различают процесс управления простой и сложный. Простым называется процесс управления, который осуществляется в условиях контроля системы по одному какому-либо фактору, например по выпуску или стоимости товарной продукции, сложным — процесс, который осуществляется в условиях контролирования нескольких показателей. Управление экономическими объектами относится к сложному управлению, так как почти любое экономическое явление протекает под воздействием многочисленных факторов и может быть оценено целой системой показателей. Так, состояние производственной системы отражается с помощью сотен и тысяч показателей (годовой отчет колхоза содержит, например, свыше 2000 показателей). Из этого множества в процессе управления выделяются наиболее существенные, а выбор вариантов управления осуществляется с учетом существующей между ними количественной зависимости, интуитивных соображений, объективных условий, степени риска и т. п. Принятие решения относится к главному этапу в процессе управления системой.

С точки зрения проблем управления системы подразделяются на две разновидности: детерминированные и вероятностные. Особенность детерминированных систем состоит в том, что заранее можно установить, какое состояние приобретет система после данного исходного состояния, если последует определенный сигнал управления. Другими словами, поведение детерминированных систем, если они даже отличаются большой конструктивной сложностью, достаточно закономерно. Его можно предвидеть, уточняя каждый раз состояние системы, которое наступит вслед за предыдущим в результате осуществляемого управляющего воздействия. Вследствие особенности этих

систем можно с большой точностью управлять такими сложными техническими системами, как электронно-вычислительные машины, воздушные лайнеры и т. п.

Вероятностные системы характеризуются отсутствием такой стабильности в переходе из заданного в желаемое состояние под влиянием определенного управляющего воздействия. В системах такого свойства определенное управляющее воздействие может перевести систему не строго в одно, а в одно из нескольких возможных состояний. При этом при многократном проведении такого опыта переходу системы в определенное состояние будет соответствовать определенная частота. Поэтому

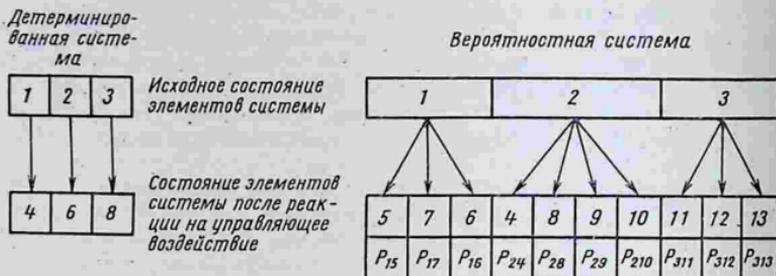


РИС. 25.

Схемы детерминированной и вероятностной систем

о последующем состоянии системы такого качества, как ответ на определенное управляющее воздействие, можно предполагать лишь с определенной степенью вероятности. Принципиальное различие этих систем представлено на рис. 25. Из схемы видно, что в детерминированной системе переход каждого элемента системы под управляющим воздействием из одного состояния в другое происходит однозначно, т. е. строго определенно. В системе вероятностного свойства такая однозначность отсутствует. Под влиянием определенного управляющего воздействия каждый элемент такой системы может перейти в одно из нескольких возможных состояний. Однако в связи с тем что при многократном повторении таких переходов каждому исходу будет соответствовать некоторая частота (P), представляется возможным с определенной вероятностью предвидеть состояние таких систем и на этой основе осуществлять управление ими. К вероятностным системам относятся все экономические объекты, и, хотя всем им присуща неопределенность, это не исключает организации вполне эффективного управления на основе использования их вероятностных свойств. При этом следует подчеркнуть значительно более вероятностный характер сельскохозяйствен-

ного производства по сравнению с промышленностью, что обуславливает и более высокую сложность в управлении первым.

Число управляемых величин, на которые производственная система может влиять в процессе своего функционирования, определяет ее степень свободы. Снятие ограничений расширяет возможности производственных систем в целенаправленных структурных и организационных преобразованиях. Однако вследствие недостаточности языка управления в пределах одной производственной системы, в частности неполноты локального оптимума, управление всякой производственной системой должно соотнобразовываться с управлением систем более высокого порядка.

Отметим, что биологические механизмы управления являются гомеостатами. Классическим примером такого механизма является механизм гомеостазиса температуры крови человека. Но гомеостазис управляет и численностью животного мира в природе. В природе, например, достаточное количество гусениц для прокормки птиц (которые, поедая их, тем самым ограничивают численность гусениц) и для уничтожения растительности (что ограничивает ее развитие), а также для появления достаточного числа бабочек и мотыльков. Таким образом, в этой общей системе развитие отдельной системы (гусениц, птиц, растительности) подчинено закону более высокого порядка. В экономике мы также часто наблюдаем явления, когда локальный подход к решению тех или иных задач, который ведет к частной оптимизации производства в отдельных отраслях либо предприятиях, нередко приводит к нежелательным явлениям в развитии всей экономической системы. Так, например, недостаточная интенсификация кормопроизводства при достаточно высоком приросте поголовья скота привела к отставанию отрасли животноводства, что неблагоприятно сказывается на развитии экономики.

В управлении системами могут возникать ситуации, которые не поддаются решению на основе информации, поступающей в систему из окружающей среды, и способов ее преобразования, вытекающих из целесообразности развития локальной системы. Так, исходя из сложившихся закупочных цен и цели повышения эффективности общественного производства, реализация принципа саморегулирования колхоза, совхоза может привести, например, к значительному расширению посевных площадей подсолнечника за счет сокращения производства кормов и животноводческой продукции. Это неизбежно приведет к нарушению пропорций во всей экономической системе — народном хозяйстве. Поэтому управление системами должно строиться не только на моделях, отражающих достаточно точно поведение системы при тех или иных условиях и управляющих воздействиях, т. е. в управлении системой недостаточно пользоваться только тем языком, с помощью которого отражается природа

управляемой системы. В этом состоит один из принципов прикладной кибернетики. Он сводится к тому, что в силу «теоремы неполноты» Гёделя любой язык управления в конечном счете недостаточен для выполнения поставленных перед ним задач.

В настоящее время аксиоматически признается, что язык, на котором дается описание структуры системы, не обеспечивает полного обоснования всех возможных особенностей в ее поведении, в частности, когда на нее воздействуют не предусмотренные информационным описанием возмущения (например, корректировка производственной программы предприятия извне, которая не может быть объяснена моделью, на основе которой осуществлялось управление функционированием колхоза, совхоза). В этом случае внешними воздействиями в системе порождаются настолько сложные и неясные взаимодействия ее элементов, что они не могут быть разрешены на основе использования того языка, с помощью которого было отражено функционирование системы. Система при этом переходит в такое состояние, для которого язык управления стал совершенно неопределенным. Более того, развитая в математике теория показывает, что любая попытка исправить положение за счет усовершенствования языка управляющей системы не может гарантировать того, что при использовании этого усовершенствованного языка не возникнет неразрешимой задачи.

Чтобы обосновать все возможные преобразования, например, экономической системы, ее нужно поместить в другую, более полную систему (отрасль, народное хозяйство), воспользоваться языком этой более полной системы для описания поведения первой. Язык второй системы по отношению к первой будет метаязыком, а этот прием носит название принципа внешнего дополнения. Он реализуется посредством включения в цепь управления «черного ящика». Назначение «черного ящика» состоит в том, чтобы формулировать решения, выраженные языком более высокого порядка, которые не могут быть получены посредством использования языка управляющей системы. Это внешнее дополнение может выражаться в задании определенных таблиц направленных переходов системы при достижении определенного состояния, которые не вытекают из модели функционирования системы, но которые определяют ее поведение. Так, по отношению к рассматриваемому примеру извне может быть определено, что посеvy подсолнечника в хозяйстве не могут превышать 7% в структуре посевных площадей. Так как это требование не может быть объяснено с позиций предприятия, но должно быть обязательно учтено при формировании производственной программы, оно может рассматриваться тем регулирующим воздействием, которое формируется «черным ящиком», т. е. как такое, которое не может быть полностью объяснено теми принципами и той информацией, на ко-

торых осуществляется процесс управления данной производственной системой.

Схематически реализация принципа внешнего дополнения представлена на рис. 26. Превращение факторов производства в продукт, осуществляемое в производственном процессе, может быть отражено посредством модели. На схеме связь модели с действительными факторами представлена пунктирной линией со знаком A , указывающим на приближенное соответствие модели и реальной действительности. На основе использования модели может быть разработан план производства, а последний

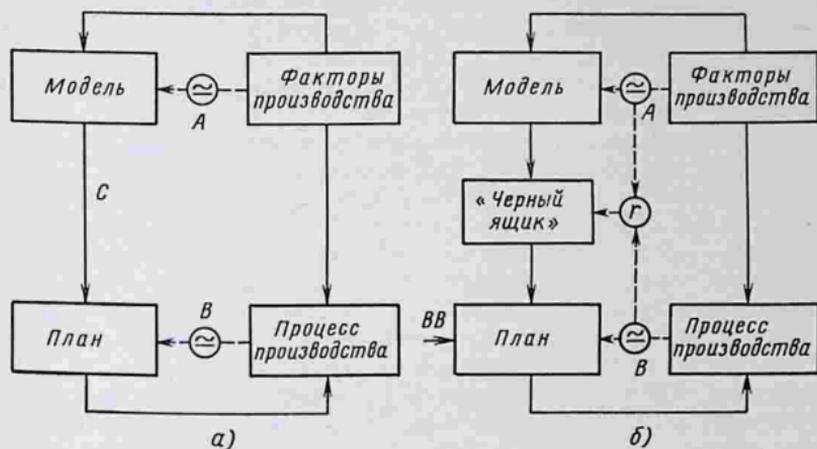


РИС. 26.
Схема внешнего дополнения

реализован в процессе производства. Эта связь отображена пунктирной линией со знаком приближенного соответствия B . Воплощение плана в жизнь отражено линией в нижней части схемы.

Существенное изменение факторов производства, их структуры отразится на процессе производства, что должно найти отображение и в соответствующей корректировке модели и плана. Это выражено связью между факторами и моделью. Схема «а» обладает способностью управления в том отношении, что если соответствие A отображает реальные условия, то план, рассматриваемый как аппроксимация B действительного производства, также будет осуществим. В случае изменения фактора обратная связь (верхняя линия схемы «б») позволит внести соответствующие изменения в модель. Устойчивость управляющего устройства можно выразить через эффективность перехода от модели к плану по линии, обозначенной C . Следовательно, управляющее устройство можно считать устойчивым тогда, когда переход C выполняется идеальным образом. Теперь

допустим, что извне вносятся изменения в план (BB), который затем реализуется в производстве за счет его внутренних ресурсов. При этом изменений во внешних факторах производства не произошло. Поэтому на схеме не отражено влияние процесса производства на факторы. Но при этом устойчивость перехода C уже не остается прежней, а устойчивость системы управления определялась именно этим переходом. В этом случае в схеме «а» возникает несоответствие между моделью, на базе которой может быть сформирован определенный план, и тем планом, который действительно реализуется в производстве. При этом действительно реализуемый план не может быть получен с помощью управляющей системы, и в последней возникает неопределенность, т. е. язык управляющего устройства в этом случае страдает неполнотой, так как модель не реагирует на некоторые возмущения, влияющие на производство.

В целях преодоления неполноты системы управления в нее включается «черный ящик». Посредством его достигается соответствие отражений A и B таким образом, что между ними устанавливаются коррелирующие связи r . Наличие в этом случае в системе управления контура обратной связи, обеспечивающей изменение перехода C от фиксированной модели к вырабатываемому плану в соответствии с изменением корреляции r , обеспечивает полноту управляющей системы.

Система и модель механизма управления. На основе рассмотренного можно представить принципиальную общую модель процесса управления, обладающую довольно высокой степенью общности. Цели функционирования управляемой системы количественного и качественного содержания могут быть отражены с помощью ряда показателей, которые составляют выход системы. Итак, выход системы может быть представлен множеством показателей $\{X\}$. Управляемая система под воздействием ряда внешних воздействий $\{M\}$ может изменять свой выход. Состояние выхода отражается определенной информацией. Для этого в системе управления используется орган (устройство) измерения, посредством которого осуществляется фиксирование (снятие) информации о состоянии выхода объекта, а также ее преобразование в удобный для дальнейшего использования вид. Получаемое от комбайна количество зерна отражается в центнерах, обороты колеса автомобиля преобразовываются на спидометре в километры, измеряющие скорость движения, количество тепла отражается в градусах.

Полученная информация о состоянии выхода системы поступает в орган управления. В этот элемент системы управления поступает также программная информация о необходимом состоянии выхода системы. Для выработки программы управления используется программный орган (программное устройство). Такой программной информацией являются, например, код наследственности, правила уличного движения, план разви-

тия производства либо распоряжения соответствующих органов по его регулированию. Вырабатываемая органом управления информация о необходимых воздействиях по регулированию состояния системы передается исполнительному органу. Последний на основе полученной информации реализует соответствующие управляющие воздействия, позволяющие изменить выход системы, состоящий из множества величин $\{U\}$, таким образом, чтобы привести выход системы в заданное программой состояние. Эта принципиальная схема механизма управления отражена на рис. 27.

Так, при рассмотрении в качестве системы посевного агрегата тракторист как элемент системы управления работой агре-

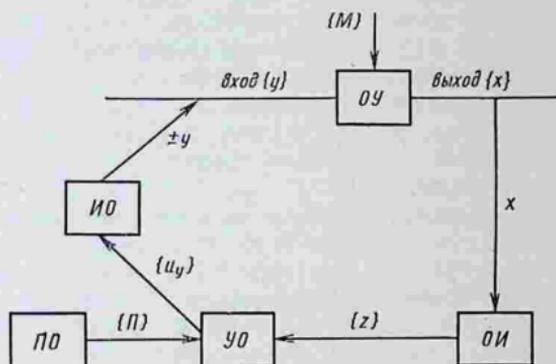


РИС. 27.
Модель системы управления

гата будет выполнять функции и органа информации, и программного органа, и органа управления, а его команды на соответствующем машинном языке будут передаваться исполнительным органам, которыми в этой системе являются трактор и сеялка. Если же мы в качестве элементарного элемента системы будем рассматривать посевной агрегат с обслуживающим его персоналом, то в этой системе более высокого порядка посевной агрегат совместно с трактористом будет выступать органом, реализующим заданные ему агрономом, бригадиром управляющие воздействия. Таким образом, взаимодействующие элементы в пределах (контуре) определенной системы сами по себе могут являться сложными системами. Человек, который входит в рассматриваемый элемент системы, сам является очень сложной биологической системой. Таким образом, определенная система может состоять из множества элементов, каждый из которых сам может являться довольно сложной системой, но в данной системе составляет ее элементарный элемент. Системам, по крайней мере меняющим свое состояние, принадлежит

соответствующая система управления. Если соединение взаимодействующих элементов в рассматриваемой их совокупности составляет контур системы, то каждому такому контуру системы принадлежит определенная система управления. Определенной иерархии (совокупности) системы принадлежит определенная иерархия систем управления. Такая иерархическая структура систем позволяет осуществлять процесс управления ими в пределах соответствующих иерархических контуров систем, т. е. изменять состояние выхода системы в определенном ее иерархическом контуре и вырабатывать воздействия по регулированию выхода системы в пределах этого же контура. Так, воздействующие решения агрономом принимаются к множеству растений в пределах определенного контура, например поля пшеницы, а не к отдельному растению. Управление перелетом птиц осуществляется в пределах определенного контура системы, составляющего стаю птиц.

Хорошо известны иерархические контуры производственных систем: предприятия, района, треста, области и т. д., а также осуществляемое в пределах этих контуров управление их состоянием и развитием.

Система управления. Управляемый объект (управляемая система) и обслуживающий его управляющий орган (определяющая система, управляющее устройство) образуют систему управления. Получая необходимую для управления информацию Z , управляющий орган (УО) вырабатывает приказы (сигналы) управления, которые, реализуясь через исполнительные органы (ИО), изменяют управляющие воздействия на объект управления (ОУ), последние компенсируют возмущения внешней среды (M) и позволяют привести (ОУ) в требуемое состояние (X). Роль исполнительного органа может выполнять, например, гидродопъемник, переводящий по сигналу тракториста плуг из рабочего в транспортное положение, и сам тракторист, выполняющий указания агронома об установлении сеялки на большую норму высева, и т. д.

Принципиальная схема процесса управления может быть представлена так. На объект управления (см. рис. 27) влияют определенные внешние воздействия, которые при меняющихся входе и режиме функционирования объекта управления будут изменять выход системы, представленной в виде рассматриваемого объекта управления. Такую посылку можно принять, например, исходя из всеобщего закона сохранения и превращения энергии. Если на объект управления будет действовать энергия из внешнего мира в форме возмущений, то при неизменных условиях входа и функционирования системы в случае, когда система полностью не защищена от внешних возмущений, их воздействие должно проявиться в изменении выхода системы. В противном случае воспринимаемая системой из внешнего мира энергия исчезла бы, что противоречило бы общему закону

сохранения и превращения энергии. Не исчезает также и материя, которая переходит из одной формы в другую. По аналогии это положение можно распространить на все системы и утверждать, что системы, воспринимающие внешние воздействия, переходят в другое состояние. Иными словами, можно сказать, что при восприятии системой внешнего воздействия, на которое она реагирует, хотя бы одна из характеристик системы, с помощью которых отражается состояние системы, меняет свое значение.

Измеряя значение этих характеристик, получают множество их значений $\{X\}$, которые в последующем органе измерения преобразовываются в множество их значений вида $\{Z\}$, удобных для использования в процессе управления. Полученная информация о фиксируемом и требуемом $\{П\}$ состоянии выхода системы сравнивается в органе управления, и в результате этого устанавливается величина рассогласования системы $R=X-П$. В количественном отношении процесс преобразования величин Y в X может быть отражен определенной функцией, т. е. $X=f(Y)$. Тогда для компенсации рассогласования системы, выраженного множеством величин $\{r\} \subset R$, необходимо на входе скорректировать величины множества Y так, чтобы проведенная корректировка привела рассматриваемую систему в заданное состояние. Если нам известен закон (правило) преобразования величин, подаваемых на вход системы, в величины, получаемые на выходе системы, т. е. если нам известна функция f , то в случае описания преобразования системы линейными зависимостями необходимо в соответствии с функцией f определить значение таких величин U_y из множества $\{Y\}$, которые бы соответствовали условию $R=f(U_y)$. В случае отсутствия достаточной информации о правилах преобразования входных величин в выходные при тех или иных возмущающих воздействиях управляющие воздействия могут определяться на основе использования принципа «черного ящика» либо на основе интуиции. Информация о преобразующих воздействиях U -команды, распоряжения передаются исполнительному органу. Последний осуществляет команды управления, воздействует на изменения входа системы посредством такого выбора физических компонент, которые соответствовали бы информационным управляющим воздействиям. Таким образом, определенному информационному входу исполнительного объекта должен соответствовать определенный физический выход элементов множества $\{\pm y\}$. При этом физический выход исполнительного органа (устройства) должен соответствовать его информационному входу U_y , т. е. $\{\pm y\} \rightarrow U_y$.

Отметим, что информация также передается с помощью определенных физических воздействий. Но эти физические воздействия являются носителями информации и выполняют передаточную роль. Физический выход исполнительного органа должен иметь другую физическую природу (либо ее превращенную

форму) по сравнению с входом, так как в противном случае управляющее воздействие можно было бы осуществлять без исполнительного органа. Так, в производственных системах словесные либо письменные распоряжения руководителя реализуются с помощью определенных физических актов, переводчик преобразовывает звуковое либо письменное отображение на одном языке в отображение той же информации в другой форме — на другом языке. Понижающий трансформатор тот же вид энергии (электрическую) преобразовывает в ту же энергию, но другого напряжения, а вот электроплитка эту энергию превращает в энергию другого физического вида — в тепловую энергию.

Таким образом, выход исполнительного органа должен быть либо такой же природы, как вход объекта управления, либо эквивалентной ей, в то время как его вход может иметь любую другую физическую природу, обеспечивающую передачу информации.

Если распоряжениями руководителей можно изменять, например способ использования либо приготовления кормов на ферме, то самих кормов эти распоряжения заменить не могут. Поэтому регулирование физических компонент входа системы, по крайней мере в производственных системах, осуществляется с помощью тех же или эквивалентных физических компонент.

Воздействие выхода исполнительного органа, объединяясь с входом объекта управления: $Y \cup y (Y \pm y)$, должно так изменить выход объекта управления, чтобы величина рассогласования была сведена к нулю: $X = f(Y \pm y)$; $X - П = 0$.

Приведенное положение является основным условием управления системами. Цель управления в общем виде — свести рассогласование системы к нулю, поэтому основное условие управления можно представить в таком виде: $(X - П) \rightarrow 0$.

Рассмотрим несколько примеров. Автомобиль будем рассматривать как объект управления, состояние которого характеризуется скоростью его движения, что и является выходом этой системы. Скорость оборота колеса измеряется определенным измерительным устройством и преобразовывается в километры. Эта информация подается шоферу как объекту управления. Правилами уличного движения, установленными для города, села (которые в этом случае являются внешними воздействиями), как программой определена допустимая скорость движения. Сравнение фиксированной скорости со скоростью, предусмотренной правилами, определяет величину рассогласования системы. В зависимости от величины рассогласования, зная влияние подачи горючего и воздуха на изменение скорости, определяют значение компенсирующих величин. Изменив на эти величины подачу в двигатель горючего и воздуха, можно ввести автомобиль в заданный режим движения. Приняв со-

ответствующее решение, водитель осуществляет физическое воздействие на соответствующие рычаги управления.

Рассмотрим как объект управления ферму коров. Выходом здесь является количество надоенного молока. Известно, что этот выход измеряется после каждой дойки количеством килограммов либо литров надоенного молока, причем для каждой фермы устанавливается соответствующее плановое задание. Если фактическое количество полученного молока меньше планового задания, то получаемое рассогласование отражает нежелательное состояние системы. На основании величины рассогласования органом управления (заведующим фермой, зоотехником) определяются величина и состав воздействий по регулированию входа системы, например: каких и на сколько увеличить кормов, в какой мере повысить материальную заинтересованность доярок и т. п. Принятое решение передается исполнителям — дояркам и другим работникам фермы. Последние осуществляют выполнение полученных распоряжений, и, если эти распоряжения были правильными, достигается устранение рассогласования в управляемом объекте — животноводческой ферме.

Каждое живое теплокровное существо, а также человек обладает удивительным механизмом терморегуляции, который, несмотря на воздействие внешней среды, стремится к поддержанию постоянной температуры тела. Как известно, температура тела измеряется термометром, который в этом случае выступает как устройство измерения, преобразовывающее количество выделяемого тепла в градусы. Известная нормальная температура тела в этом случае является программным заданием. Биологический механизм регулирования температуры человеческого тела изучен не в полной мере, но известно, что в здоровом организме независимо от температуры окружающей среды температура тела будет оставаться постоянной. Механизм же регулирования последней проследим на действиях врача. Если в управляемом объекте — у больного установлено положительное либо отрицательное рассогласование (повышение либо понижение температуры против нормы), врач в соответствии с рекомендациями медицинской науки и практики определит состав и дозы лекарства, которое должно быть введено больному. Эта управляющая информация может выразиться в форме рецепта или устного указания медицинскому персоналу. Управляющее воздействие затем отразится в приеме лекарства больным. Если диагноз был точен, а способ лечения выбран правильно, рассогласование системы, т. е. отклонение температуры от нормы, будет ликвидировано.

В системах управления решаются четыре основных типа задач управления: стабилизации, выполнения программы, слежения, оптимизации. Задачами стабилизации системы являются задачи поддержания некоторых ее выходных величин:

управляемых величин X вблизи некоторых неизменных заданных значений X_0 , несмотря на действие возмущений M , влияющих на значения X . Задачи стабилизации решаются, например, системой терморегулирования, которая поддерживает постоянную температуру тела независимо от температурных колебаний внешней среды, а также при осуществлении технологических операций, так как соответствие выполняемых работ технологическому процессу является необходимым условием получения продукции с заданными свойствами.

Задачи выполнения программы возникают в случаях, когда заданные значения управляемых величин X_0 изменяются во времени заранее известным образом. К таким задачам относится, например, решение вопросов управления производством в процессе выполнения пятилетнего плана развития предприятия, отрасли и т. п. В биологии ярким примером такой задачи является развитие организма из яйцеклетки, когда изменение организма, описываемое рядом характеристик X , должно соответствовать значению этих величин, предусмотренному программой развития во времени $X_0(t)$, т. е. $X(t) \rightarrow X_0(t)$. Воздействие на такую управляемую систему, как маточный молодняк крупного рогатого скота, должно обеспечить переход телок в возрасте до двух лет в нетели. Если этот процесс затягивается, то производству наносится значительный урон, а система управления, приведшая к такому результату, не может быть признана удовлетворительной. Задачи подобного рода проявляются также в стадийном развитии сельскохозяйственных растений.

В тех случаях, когда изменение заданных значений управляемых величин заранее неизвестно, возникает задача слежения, т. е. как можно более точного соблюдения соответствия между текущим состоянием системы $X(t)$ и значением ее заданного состояния $X_0(t)$. Такого рода задачи управления возникают при управлении производством товаров в условиях непредвиденных изменений спроса. Необходимо обеспечить потребность и не допустить образования излишних запасов. Движущийся посевной агрегат отклоняется от следа маркера. Таким образом, управляющие воздействия тракториста по регулированию движения трактора подчинены решению задачи слежения. Сложные задачи слежения решаются при управлении материально-техническим снабжением сельского хозяйства, осуществляемым системой «Сельхозтехника». Они подчинены, в частности, обеспечению бесперебойной работы сельскохозяйственной техники, с тем чтобы не допускать одновременно излишних запасов, т. е. затоваривания торговой системы. Таким образом, в каждый интервал времени количество, например, запасных частей на районных, областных торговых базах «Сельхозтехники» $X(t)$ должно соответствовать возникающему спросу на них в данное время $X_0(t)$.

Важнейшую разновидность задач управления составляют задачи оптимизации. При управлении, например, рядом производственных процессов не представляется возможным воспользоваться заранее заданным постоянным либо меняющимся состоянием управляемой системы. Это связано с тем, что информация о желаемом состоянии не может быть ни введена в систему заранее, ни получена в процессе ее работы посредством отображения состояния других систем, которым должна соответствовать управляемая система. Задачи такого характера состоят в том, что, исходя из складывающегося состояния системы, необходимо выработать такие управляющие воздействия, которые позволяли бы перевести систему из состояния, в котором она находится, в наиболее эффективное, оптимальное состояние при тех же либо целесообразно измененных условиях. К этим задачам относится множество задач по оптимизации использования ресурсов производства, технологического процесса, загрузки оборудования, использования энергетических, транспортных средств и т. п.

Исходя из рассмотренных задач управления, системы управления подразделяются на пассивные и активные. Пассивные системы не реагируют на изменения внешней среды. Например, система дорожного покрытия защищает дорогу от воздействия внешних условий как в ненастье, так и в прекрасную погоду, хотя в последнюю можно было бы обойтись и без дорожного дорожного покрытия.

В активных системах управления функционируют и активно противодействующие возмущениям воздействия. Так, растения могут управлять величиной испарения посредством открывания и закрывания устьиц, агротехнические приемы возделывания культур применяются в зависимости от погодных условий, устойчивая эффективность производства обеспечивается посредством повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции.

В управлении системами могут использоваться как пассивные, так и активные способы воздействия на объект управления. В качестве примера таких комбинированных систем управления можно рассматривать животноводческие помещения, оборудованные системами регулирования температуры и влажности. Само производственное здание, защищающее животных от воздействия внешней среды без реагирования на ее изменение, в такой системе может рассматриваться как пассивное регулирование. Система же регулирования температуры в помещении посредством источника тепла и системы вентилирования является активной системой регулирования.

Разомкнутые и замкнутые системы. Свойства систем управления в значительной мере зависят от используемой ими в процессе управления информации. Имеется ряд систем управления, в которых информация Z , получаемая объектом управления, не

содержит сведений о состоянии объекта управления, т. е. множества показателей X . При этом информация вида Z может содержать программу последовательной реализации управляющих воздействий $U(t)$ или сведения о возмущающих воздействиях $M(t)$. В последнем случае для получения сигнала управления U в органе управления УО должна содержаться информация о том, каково

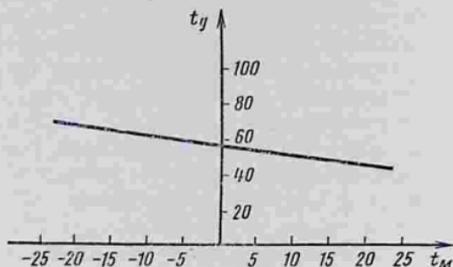


РИС. 28.
График для определения требуемой температуры воды в системе отопления

должно быть значение Y для каждого значения M , чтобы достигалась цель управления. Алгоритм управления в таких системах состоит в преобразовании $U=AM$. Оператор A такого преобразования заложен в управляющее устройство заранее на основании данных о целях и свойствах управляемого объекта. Так, если для отопительной системы, обогревающей парники

овощной фабрики, основным возмущающим воздействием является температура наружного воздуха t_m и задача управления состоит в том, чтобы поддерживать температуру в парниках t_x близкой к необходимой для нормальной вегетации овощей t_0 , определение регулирующих воздействий может достигаться

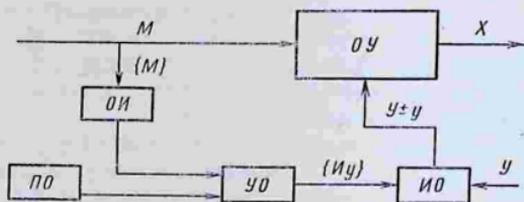


РИС. 29.
Схема разомкнутой системы управления

с требуемой точностью установлением изменения температуры воды t_y , которая должна быть подана в отопительную сеть. Такая управляющая информация может быть получена на основе использования графика, приведенного на рис. 28.

Характерным для рассмотренной системы является то, что при выработке управляющего воздействия U_y не использовались данные о температуре в теплицах, т. е. о состоянии выхода управляемого объекта — системы отопления. Системы, в кото-

рых для формирования управляющих воздействий не используется информация о значении управляемых величин, принимаемых ими в процессе управления, называются разомкнутыми системами управления. Структура такой системы управления показана на рис. 29.

Алгоритм управления ($U=AM$), реализуемый органом управления, основан на идее компенсации возмущений: для каждого возмущения M с помощью преобразования ($U=AM$) подбирается такое значение U_y , на основании которого формируется такая величина y , которая компенсирует возмущающее влияние M на управляемую величину X . При этом управляющее воздействие $\pm y$ должно подбираться так, чтобы сумма отклонений управляемых величин, вызываемых возмущениями $\Delta x(M)$, и сумма отклонений управляемых величин, вызываемых управляющими воздействиями $\Delta x(Y)$, стремилась к нулю. Это условие управления выразим так: $\Delta x(M) - \Delta x(Y) \rightarrow 0$.

Из этого условия видно, что для выбора управляющего воздействия в конечном итоге необходимо располагать сведениями о влиянии возмущений на изменение управляемых величин, а не сведениями о самих возмущениях. Следовательно, управление (выбор управляющих воздействий) можно осуществить, минуя непосредственно измерение возмущений и контролируя лишь отклонения управляемой величины, вызываемые этими возмущениями. При этом сведения об отклонениях управляемой величины X от ее заданного значения X_0 можно рассматривать как некоторый косвенный метод получения информации о возмущающих воздействиях либо изменениях входных величин. Поэтому управляющие воздействия можно формировать на основании отклонений управляемых величин. Можно построить управление отопительной системой овощной фабрики так, чтобы температуру воды в системе отопления уменьшать либо увеличивать в соответствии с изменением температуры в теплицах X . В алгоритм управления в таком случае будет входить информация о значении управляемой величины, а управляющий орган будет осуществлять преобразование вида $U=A(X, X_0)$, где A — оператор, сопоставляющий каждой комбинации управляемых величин на выходе X и их заданному значению X_0 определенное значение U .

Системы, в которых для формирования управляющих воздействий используется информация о состоянии управляемых величин, называются замкнутыми системами управления. Название замкнутой система такой структуры получила вследствие наличия замкнутого контура в цепи передачи воздействия (см. рис. 27), т. е. начав с любой точки контура управления и двигаясь по нему в направлении передачи воздействий, мы придем в исходную точку, например по цепи $y \rightarrow Y \rightarrow X \rightarrow Z \rightarrow U \rightarrow y$. Применяя к рассматриваемому графическому изображению системы управления терминологию теории графов,

элементы системы управления можно называть вершинами графа; две упорядоченные (направленные) вершины образуют дугу графа; две вершины, определяющие дугу, называются смежными, а две дуги называются смежными, если они имеют общую вершину. Последовательность дуг, при которой конец одной является началом другой, называется путем. Если начальная и конечная точки совпадают, образуется контур. Таким образом, последовательность элементов $y \rightarrow \dots \rightarrow y$ образует контур управления, который в данном случае является замкнутым. В рассматриваемой нами системе управления объект управления является преобразователем входных компонент Y в выходные X . Поэтому правомерно рассматривать, что каждой компо-

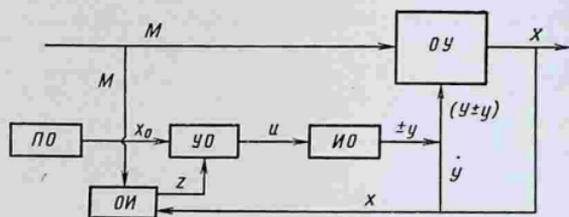


РИС. 30.
Схема комбинированной системы управления

ненте Y_j (либо определенной совокупности их) на выходе будет соответствовать компонента X_i (либо определенная совокупность их). Преобразования вида $Y=X$ называются эквивалентными. Таким образом, между входом любого элемента системы и его выходом существует более или менее выраженная зависимость, связь. Отметим, что существующие в природе связи носят в достаточной мере перманентный, устойчивый характер. В противоположном случае нельзя было бы установить никаких закономерностей в развитии природы и человеческого общества.

Преимущество замкнутых систем управления состоит в том, что в них можно обеспечить достижение цели управления в условиях, когда возмущающих воздействий много и все они не могут быть измерены, а также в случаях, когда неизвестно заранее влияние возмущений на управляемые величины. Преимущество разомкнутых систем управления состоит в том, что управляющие воздействия изменяются в соответствии с изменением возмущающих воздействий сразу, еще до того, как возмущения успеют существенно изменить значение управляемой величины.

Совмещение преимуществ разомкнутых и замкнутых систем управления достигается в комбинированных системах управления, структура которых показана на рис. 30.

В таких системах в формировании сигналов управления используется как информация об основных возмущающих воздействиях, так и информация о значении управляемых величин. Алгоритм реализации такого управляющего воздействия состоит в осуществлении преобразования $U=A(M, X_1, X_0)$. Такой способ может осуществляться в управлении системой обогрева теплиц, например, при наступлении похолодания, когда используется способ разомкнутого регулирования температуры: устанавливается температура воды Y_t в системе отопления в соответствии с графиком, указанным на рис. 28, а затем, наблюдая за отклонением температуры X_t в теплицах от заданной X_0 , изменяют Y_t так, чтобы свести отклонение $X_t - X_0$ к минимуму.

При такой комбинированной системе управления быстрая, но приближенная компенсация возмущения достигается за счет первой составляющей управляющего воздействия, зависящей от контролируемого возмущения. Точное, но постепенное управление выполняет вторая составляющая управляющего воздействия, зависящая от отклонения управляющей величины и сводящая это отклонение к допустимому, какова бы ни была причина его появления.

Обратная связь — важнейшее понятие кибернетики. Как уже говорилось, в кибернетике различают два вида связи: прямую и обратную. *Прямая связь* — вид соединения элементов системы управления, при котором выходное воздействие одного элемента передается на вход какого-либо другого элемента. Если все связи в системе являются прямыми, то в такой системе ни в одном из ее элементов выход не связан с входом и поступающий на вход системы сигнал не связан с сигналом, получаемым на ее выходе. В случае прямой связи информация, поступающая в управляющий орган, не содержит сведений о состоянии регулируемых переменных на выходе системы (рис. 31, а). Например, если в качестве элемента производственной системы рассматривать основные средства общепроизводственного использования (производственные здания, легковой и автобусный транспорт и т. п., которые представлены i -ми средствами производства), то в соответствии с их стоимостью по видам Y_i элементом системы управления, преобразующим стоимость в амортизационные отчисления (A_1), будет исчислена

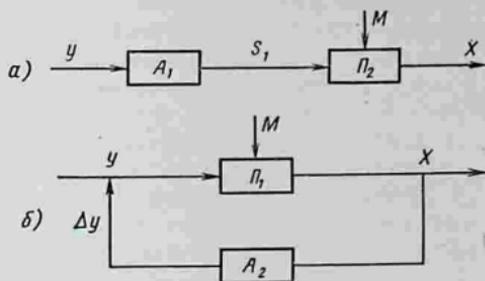


РИС. 31.
Схема прямой и обратной связи

величина амортизационных отчислений S и включена в затраты производства (элемент Π_2) по соответствующим коэффициентам, изменяющимся по видам средств независимо от объема произведенной продукции X . В этом случае величина затрат S , которые подаются на вход элемента системы Π_2 , не зависит от их выхода X , а определяется только стоимостью основных средств производства общехозяйственного использования Y и нормами амортизации A . Связь между выходным воздействием элемента A_1 и входом элемента Π_2 и называется прямой связью.

На рис. 31, б к элементу Π_1 поступают ресурсы производства Y , которые элементом Π_1 преобразуются в продукт производства X . Как было нами рассмотрено ранее, процесс производства состоит в превращении ресурсов производства в продукт посредством осуществления определенного технологического процесса, в результате которого труд объединяет средства и предметы труда и придает последним полезные свойства. Поэтому очевидно, что величина продукта X определенным образом связана с величиной ресурсов $Y: X=f(Y)$. Как следует из вышеприведенного выражения, выходная величина X связана с входной величиной Y , т. е. выход элемента Π_1 связан с его входом. Связь между входом Y и выходом X того же самого элемента называется обратной связью. Она называется обратной потому, что передача воздействий в этом случае направлена в сторону, противоположную передаче воздействий в самом элементе.

Таким образом, *обратная связь — это такой вид соединения элементов управляемой системы, при котором связь между выходом какого-либо элемента системы и входом того же самого элемента системы осуществляется либо непосредственно, либо через другие элементы системы, например, через УС — управляющую систему.*

Принцип обратной связи универсален. Он лежит в основе функционирования автоматически регулируемых систем в природе, в технике, экономике и системах другого вида. Обратная связь бывает внешняя и внутренняя. Внешней или главной называется такая связь, посредством которой осуществляется передача части выходного сигнала (величины) всей системы управления на ее вход. Внутренние, или местные, обратные связи соединяют выход отдельных элементов или групп последовательно соединенных элементов с их входом. Из рассмотренных примеров видно, что в разомкнутых системах управления используются только прямые связи, в замкнутых — также и обратная связь.

Различают положительную и отрицательную обратные связи. Положительная обратная связь усиливает действие входного сигнала, т. е. имеет одинаковый с ним знак, отрицательная ослабляет, т. е. имеет знак противополож-

ный знаку входного сигнала. Положительная обратная связь используется во многих технических устройствах для увеличения коэффициента передачи. В экономике на использовании положительной обратной связи основаны системы материального стимулирования за увеличение производства продукции. Положительными являются обратные связи в схеме межотраслевого баланса.

В общем виде положительная обратная связь вызывает более сильное отклонение регулируемой величины, чем то, которое вызвало бы внешнее воздействие в отсутствии обратной связи. Отрицательная обратная связь в общем виде способствует восстановлению равновесия в системе, когда оно нарушается внешними воздействиями. Так, автоматическое регулирование, как правило, строится по принципу отрицательной обратной связи, поскольку она восстанавливает равновесие в системе при его нарушении возмущающими воздействиями.

Если сигнал обратной связи пропорционален установившемуся значению выходной величины и не зависит от времени и скорости ее изменения, то такая обратная связь называется жесткой. Сигналы гибкой обратной связи пропорциональны скорости изменения входной величины. Примером жесткой обратной связи может служить связь между выпуском продукции и оплатой за ее производство, реализующая принцип прямой сдельной оплаты. Пример гибкой обратной связи — реализация принципа сдельно-прогрессивной оплаты. В устройствах автоматического регулирования отрицательная обратная связь обычно реализуется путем передачи информации по цепи воздействия. Примером информационной обратной связи в экономике может служить информация производства об удовлетворенности спроса, в частности то воздействие, которое связано с учетом спроса в изменении цен на продукцию.

Рассмотрим практическую результативность обратной связи. Основным стимулом построения систем с обратной связью является чаще всего стремление к удовлетворительной работе систем при значительных отклонениях значений параметров. Для количественной оценки преимуществ обратной связи возьмем характеристики двух систем без обратной связи и с обратной (рис. 32).

Примем, что усиление (т. е. отношение выходного сигнала к входному) в каждой системе равно 10. В разомкнутой системе это может быть получено при использовании простого усилителя с коэффициентом усиления, равным 10. Однако если усиление изменится на 2%, полный коэффициент передачи системы, очевидно, также изменится на те же 2%. Так происходит процесс в разомкнутой системе.

По-другому ведет себя процесс в замкнутой системе. Полный коэффициент передачи этой системы определяется решением системы из трех уравнений, описывающих поведение каждого

элемента системы: 1) $E=R-V$ (здесь используется $-V$ для иллюстрации обратной направленности воздействия V на внешний вход R); 2) $V=\beta C$, где β — коэффициент преобразования входа

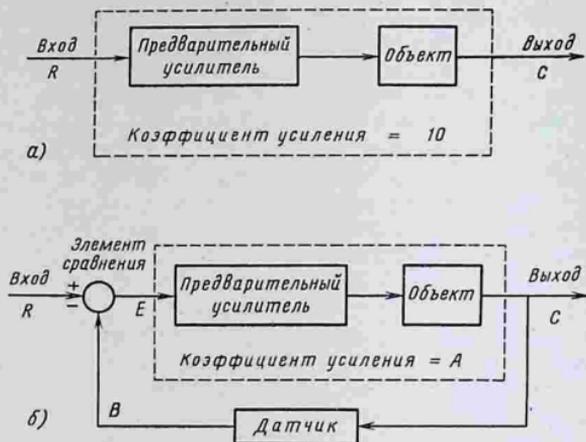


РИС. 32.
Оценка обратной связи:

а — разомкнутая система; б — замкнутая система

регулирующего устройства в его выход; 3) $C=AE$, где A — коэффициент преобразования входной величины E в выходную величину C управляемой системы. Выполнив над приведенными уравнениями преобразования, получим

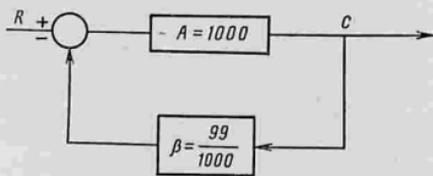


РИС. 33.
Схема количественных взаимосвязей в системах с обратной связью

$$\frac{C}{R} = \frac{AE}{B+E} = \frac{AE}{E\left(1+\frac{\beta}{E}\right)} = \frac{A}{1+\frac{\beta C}{CA}} = \frac{A}{1+\beta A}$$

Если β выбрано равным 99/1000, то для того, чтобы полный коэффициент передачи системы был равен 10, усиление A должно быть равным 1000. Таким образом, получим систему с обратной связью, изображенной на рис. 33. Для реализации полного усиления, равного 10, теперь требуется усилитель с коэффициентом усиления, равным 1000 (или три последовательно включенных усилителя с усилением 10). Введение обратной связи явно усложнило систему: не только потребовалось три усилителя, но оказались

нужными датчик β , цепь и элемент сравнения. Что же принесла эта сверхсложность? Преимущества обратной связи можно продемонстрировать, рассмотрев влияние вариаций коэффициентов усиления. Если общий коэффициент усиления, равный 1000, изменится на 2% (например, если A падает до 980), полная передача всей системы уменьшается до значения

$$T = \frac{980}{1 + \left(\frac{99}{1000}\right) 980} = 9,998.$$

В результате использования обратной связи полное усиление падает только на 0,02%, хотя коэффициент усиления падает на 2%. Таким образом, работа системы улучшилась в 100 раз путем подавления системой вариаций параметров. Если даже все три усилителя в нашем примере изменят в одном направлении коэффициенты усиления на 2%, общее изменение усиления составит 6%, а полный коэффициент передачи всей системы изменится только на 0,06%. Естественно, что такая устойчивость системы на основе использования обратной связи потребовала усложнения системы и, следовательно, дополнительных затрат.

Управление и регулирование. В кибернетике пока еще до конца не устранена нечеткость в терминологии. Это относится и к таким понятиям, как управление и регулирование. Иногда термин «управление» используется, например, для определения процесса регулирования безотносительно к способу его реализации, который означает воздействие на результат работы системы в целях достижения намеченной цели. Заметим, что в ряде случаев кибернетика определяется как наука об управляемых системах. Термин «регулирование» используется и в более узком смысле — для обозначения типа управления, основанного на методе выравнивания отклонений от нормы. Для характеристики регулирования методом устранения воздействий или компенсаций возмущений используются такие термины, как элиминирование, компенсация, стабилизация и т. п.

Регулирование состоит в обеспечении такой деятельности управляемой системы, при которой отклонения управляемых величин выравниваются и выводятся на уровень, заданный программой управления. Это достигается различными способами: от воздействия на внешние возмущения в целях их устранения до соответствующего подбора значения входных величин и пропускной способности регулятора. Поэтому под управлением целесообразно понимать не только регулирование, но и выработку (определение) значений переменных величин, определяющих программу поведения управляемой системы. При таком подходе регулирование состоит в корректировке отклонений состояния выхода системы от соответствующего его значения, определенного программой управления. Следовательно, *регулирование*

есть выравнивание отклонений от нормы. Определение же программных значений управляемых величин, что в экономике, например, достигается планированием, а также осуществление действий по их достижению составляет более высокую операцию по сравнению с регулированием, под которой и понимают управление.

Предельные возможности управления. Как было ранее рассмотрено, кибернетика изучает информационные процессы управления, а одно из ее наиболее общих направлений состоит в развитии общей теории преобразования информации. Такой подход позволяет кибернетику рассматривать как науку о преобразовании информации и связях.

Информация в системе передается в виде сигналов, всегда представляющих собой какое-нибудь проявление сил природы:

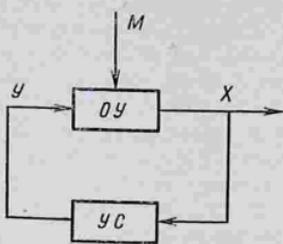


РИС. 34.
Простая система управления

механическое движение, тепло, распространение вещества, электрический ток, звук, свет, радиоволну и т. п. Сигнал всегда соответствует той системе, которая принимает его. Сигналы характеризуются направленностью действий, т. е. в системе, состоящей из ряда звеньев, каждое звено является датчиком сигнала по отношению к последующему звену, которое служит в этом случае приемником сигнала и датчиком для последующего звена. Датчики и приемники сигналов, составляющие систему, образуют канал связи. Таким образом,

информация передается с помощью сигналов посредством каналов связи. Рассмотрение системы управления как своеобразной системы передачи информации позволяет сделать оценку предельных возможностей управления, т. е. определить, какое качество управления в принципе может быть достигнуто.

Рассмотрим простую систему управления (рис. 34), на которой изображен объект управления с выходной величиной X , управляющим воздействием $У$, которым компенсируется возмущение M . Примем, что цель управления состоит в поддержании X на неизменном уровне X_0 . Качество управления будем измерять со степенью неопределенности того возможного значения величины X , которое она может принимать в процессе функционирования системы. Степень неопределенности выразим через энтропию H как меру того статистического разнообразия, которое может принять выход системы X . В случае идеального управления, когда $X = X_0$, т. е. при любых возмущающих воздействиях, величина на выходе X всегда принимает неизменное значение X_0 , заданное программой управления, степень неопределенности величины $X - H(X)$ будет равна нулю. Но под дей-

ствием случайного возмущения M величина X может флюктуировать, случайно отклоняться от ее заданного значения, принимая одно из возможных ее разнообразий. В этом случае возникает неопределенность в том значении разнообразия X , которое может возникнуть на выходе системы. В таких случаях управляющая система должна играть роль корректирующего устройства, уменьшающего неопределенность возможного значения величины X . Так как степень неопределенности процесса управления зависит от того разнообразия, которое может принимать величина X , будем рассматривать энтропию H как функцию разнообразия, принимаемого X : $H(X)$. При реализации в системе управления управляющих воздействий неопределенность системы будет функцией не только того разнообразия, которое может принять выход системы X под воздействием внешних возмущений M , но и зависеть от тех управляющих воздействий, которые будут реализованы в целях компенсации внешних возмущений. Если количество разнообразий системы, в которых она может находиться под воздействием возмущений M , составляет величину $H(X)$, то число разнообразий, в котором будет находиться система при использовании эффективных управляющих воздействий Y в целях компенсации воздействий M : $H(X|Y)$, будет меньше величин $H(X)$. В результате таких опытов удастся установить количество разнообразий, в которых может находиться система при реализации определенных управляющих воздействий, их вероятность. Таким образом, величина H будет зависеть от значений, принимаемых X в зависимости от заданной величины Y : $H(X|Y)$. Степень уменьшения неопределенности состояния системы, достигаемая посредством управляющих воздействий, может быть выражена таким соотношением: $H(X) - H(X|Y) = I(X|Y)$.

Таким образом, величина $I(X|Y)$ отразит уменьшение разнообразия в состоянии системы, которое может быть достигнуто с помощью управляющего воздействия Y . Величина $I(X|Y)$ определяет количество информации в величине Y относительно величины X , где Y рассматривается как случайная величина из множества управляющих воздействий, которые в процессе управления используются с определенной вероятностью. Если, например, с помощью фиксированного управляющего воздействия Y , компенсирующего определенное возмущение внешней среды M , мы можем достоверно предсказать ожидаемое значение величины X на выходе системы, то энтропия такой системы будет равна 0, исходя из того, что вероятность предусматриваемого состояния системы будет равна 1, т. е. $H(X_i) = - \sum_{i=1}^n 1 \cdot \log_2 1 = 0$; $H(X_i|Y_j) = - \sum \sum P(Y_j) \cdot 1 \cdot \log_2 1 = 0$, это следует из того, что условная вероятность исхода X_i при событии Y_j в этом случае равна 1. Такая система носит детерминированный характер, а следовательно, не относится к кибернетическим системам.

В таких системах количество информации, содержащееся в сигнале о состоянии выхода системы, исходя из посылок теории информации, равно 0, так как заведомо известно получателю (приемнику) информации, какое сообщение будет получено. Таким образом, в этом случае состояние выхода системы не содержит неопределенности, его энтропия равна 0 и разрешающая способность получаемой информации в этом случае также равна 0. Правомерно сделать вывод о том, что детерминированный источник не может генерировать информацию. Предельные возможности управления в таких детерминированных системах должны выражаться в том, что флюктуирующему множеству возмущений M_j система управления должна быть в состоянии противопоставить такое множество управляющих воздействий Y_j , которое в любом случае обеспечило бы полную компенсацию внешних воздействий и поддержание выходной величины X в заданном программой управления состоянии X_0 .

Однако в реальной жизни мы чаще имеем дело с явлениями, которые носят не детерминированный, а случайный характер. В вопросах управления производством это выражается, например, в том, что не может быть изготовлено двух абсолютно одинаковых деталей, выращено несколько абсолютно одинаковых деревьев, животных. Компенсация с помощью воздействия Y_j возмущения M_j при неоднократном повторении также не обеспечит получения одного значения X_i . Величина X_i будет флюктуировать, т. е. случайно отклоняться от своего среднего значения. Как известно, информация передается в том случае, если в сообщениях, генерируемых источником, содержится случайность, а мера информации отражает статистические свойства источника информации.

Если случайная величина Y принимает значения Y_1, Y_2, \dots, Y_N , а случайная величина X — значения X_1, X_2, \dots, X_L , то условной вероятностью $P(X_i|Y_j)$ называется вероятность того, что X примет значение X_i , если известно, что Y приняло значение Y_j . Условная вероятность, усредненная по всем возможным значениям Y , составит безусловную вероятность $P(X_i)$: $P(X_i) = \sum P(Y_j)P(X_i|Y_j)$.

Как известно из теории информации, первоначальная неопределенность сигнала равна его энтропии: $H(X_i) = -\sum P(X_i) \log_2 P(X_i)$, которая является мерой статистического разнообразия возможного значения величины X_i . Энтропия возрастает по мере роста числа разнообразий, в которых может находиться управляемая величина X , что пропорционально логарифму их, а также вероятности появления того либо иного разнообразия X_i .

Приведенной формулой безусловной энтропии определялась бы неопределенность величины X_i , если бы однозначно она определялась воздействием Y_j . При этом при получении значения X_j неопределенность в системе исчезла бы, что позволяет

сделать вывод о том, что в полученном сообщении содержалась величина информации, равная разрешенной ею неопределенности: $I(X_i) = H(X_i)$.

Но во многих процессах управления после воздействия Y значение управляемой величины X определяется условной вероятностью $P_y(X)$, или $P(X|Y)$, и усредненная неопределенность величины X определяется условной энтропией: $H(X|Y) = -\sum P(Y_j)P(X_i|Y_j)\log_2 P(X_i|Y_j)$. Условная энтропия всегда не больше безусловной: $H(X|Y) \leq H(X)$, при этом равенство возможно только в том случае, если величина энтропии не коррелируется с величиной X , т. е. $P(X) = P(X|Y)$. Исходя из этого, в процессах управления естественно принять в качестве меры количества информации в случайной величине Y о случайной величине X величину, на которую в среднем уменьшается неопределенность величины X , если нам становится известно значение величины Y , т. е. разность между безусловной и условной энтропией: $I(Y|X) = H(X) - H(X|Y)$. Количество информации равно 0, если управляющее воздействие и управляемая величина независимы, количество информации достигает максимума — величины $H(X)$, когда управляющее воздействие однозначно определяет значение управляемой величины, т. е. когда $P(X|Y) = 1$, и, следовательно, $H(X|Y) = 0$, т. е. в этом случае неопределенность управляемой величины X при воздействии Y равна 0. При этом важно, чтобы определенному значению Y однозначно соответствовало определенное значение X . Однако одному значению X может соответствовать некоторое множество значений Y . Этим определяется альтернативность в выборе Y (например, действительных чисел, векторов и т. п.) в достижении заданного значения управляемой величины X_0 .

В общем случае количество информации удовлетворяет неравенствам: $I(X; Y) \leq H(Y)$ и $I(X; Y) \leq H(X)$. Управление состоит в уменьшении неопределенности управляемой величины X . Для уменьшения неопределенности $H(X)$ управляющая система должна располагать достаточным разнообразием различных управляющих воздействий в соответствии с соотношением $H(X) \geq I(X; Y)$, если информацию рассматривать как величину снимаемой разрешаемой неопределенности в возможном состоянии величины X под воздействием величины Y при наличии взаимосвязи между величинами Y и X . Исходя из того, что $I(Y; X) = H(X) - H(X|Y)$ и $I(Y; X) \leq H(X)$; $H(Y) \leq I(Y; X)$, находим: $H(X|Y) \geq H(X) - H(Y)$.

Это неравенство выражает предельные возможности управления. Оно превращается в равенство в тех случаях, когда управляющее воздействие Y однозначно определяет значение управляемой величины X , т. е. когда управляющая система точно определяет, какое отклонение получает управляемая величина X под воздействием возмущения M , и совершенно точно определяет выбор нужного воздействия Y .

В практике связь между возмущениями и управляемой величиной, как и влияние управляющего воздействия, не могут быть определены исчерпывающе, что приводит к отсутствию однозначной связи между значениями величины X и управляющего воздействия Y , т. е. в реальных системах условная энтропия $H(X|Y)$ не равна 0. Исходя из того, что количество информации $I(Y; X) = H(X) - H(X|Y)$, неопределенность величины X определяется соотношением $H(X|Y) = H(X) - H(Y) + H(Y|X)$. Это соотношение показывает, что для повышения качества управления необходимо увеличивать разнообразие управляющих воздействий $H(Y)$, стремясь достичь величины $H(X)$. Достижение такого соответствия означает, что на каждое возможное значение величины X_i надо располагать управляющим воздействием Y_j и при этом использовать его так часто, как часто будет встречаться значение X_i . Но этого недостаточно. При этом должна быть обеспечена максимальная адекватность управляющего воздействия отклонению управляемой величины. Необходимо, чтобы использовалось именно такое управляющее воздействие, которое бы действительно исправило возникшее отклонение управляемой величины. Это значит, что надо стремиться уменьшить неоднозначность управляющего воздействия Y , возникающего в связи с отклонением величины X , т. е. необходимо уменьшить $H(Y|X)$.

Полезность рассмотренной общей теории управления несомненна. Однако вопрос о предельных возможностях управления в тех или иных условиях не нашел еще своего исчерпывающего решения. Так, условная энтропия $H(X|Y)$ не может, как правило, служить исчерпывающей характеристикой качества управления. Это обусловлено тем, что величина энтропии для дискретных случайных величин зависит лишь от распределения вероятностей, но не от самих значений случайной величины. В практике же управления более важным является величина случайных отклонений в управляемой системе, а не их вероятности.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Одной из ветвей научного аппарата кибернетики является теория автоматического регулирования, которая находит применение и в изучении экономических систем. Эта теория реализуется в саморегулирующих системах.

Кибернетике предшествовала теория сервомеханизмов — устройств, которые замещают человека в обслуживании какой-либо машины или процесса. Данная теория в настоящее время представляет собой хорошо развитую область математики, благодаря чему удалось установить, что теория автоматического регулирования имеет более широкую область применения, чем технологические процессы в промышленности, и может рассматриваться поэтому как составная часть общей теории управления.

Под автоматическим регулированием обычно понимается регулирование, осуществляемое без непосредственного участия человека. Но при этом необходимо исходить лишь из относительного неучастия человека в процессе регулирования. Особенно наглядно это можно проиллюстрировать на примере управления производством.

Производство подчинено удовлетворению материальных потребностей человека, и данной цели подчинено управление и регулирование всех производственных процессов. Чтобы обеспечить функционирование системы в интересах человека, он должен сам принимать участие в управлении ее состоянием и развитием. В противном случае функционирование системы отклонится от желаемого для человека состояния.

Из нашего практического опыта можно привести множество примеров, когда даже направленное регулирование развития систем имеет непредвиденные последствия, подчас нежелательные, которые затем учитываются для осуществления необходимых корректировок.

С другой стороны, неразумно было бы разграничивать системы на автоматические и неавтоматические только по степени участия в управлении человека. Управление действиями стаи дельфинов, например, происходит без участия человека, но этот процесс вряд ли можно отнести к автоматическим. Не случайно поведение этих животных сейчас столь пристально изучается учеными.

Таким образом, автоматическое регулирование во всех случаях является автоматическим лишь относительно.

Автомат. В технике термином «автомат» пользуются для обозначения системы механизмов и устройств, в которой процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации, необходимые для осуществления ее функций, осуществляются без непосредственного участия человека. К системам такого типа относятся, например, станки-автоматы, торговые автоматы и др.

В кибернетике используется термин «дискретный автомат», или кратко просто «автомат», для обозначения более абстрактного понятия, а именно — модели (рис. 35), обладающей следующими особенностями:

1) на входы модели в каждый из дискретных моментов времени t_1, t_2, \dots поступают m входных величин y_1, y_2, \dots, y_m , каждая из которых может принимать фиксированное число значений из определенного их множества Y ;

2) на выходах модели можно наблюдать n выходных величин x_1, x_2, \dots, x_n , каждая из которых может принимать конечное число фиксированных значений из их множества X ;

3) в каждый момент времени модель может находиться в одном из состояний z_1, z_2, \dots, z_l ;

4) состояние модели в каждый момент времени определяется входной величиной y в этот момент и состоянием z в предыдущий момент времени;

5) модель осуществляет преобразование ситуации на входе $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ в ситуацию на выходе $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ в зависимости от ее состояния в предыдущий момент.

Дискретная модель удобна для описания многих кибернетических схем.

Автоматы, у которых ситуация X на выходе однозначно определяется ситуацией Y на входе, относятся к классу автоматов без памяти. Автоматы, у которых X зависит не только от значений Y в данный момент, но и от состояния модели Z , определяемого значениями Y в предыдущие моменты, относятся к классу автоматов с конечной памятью.

Отметим, что преобразование входных величин в выходные, выполняемое дискретными автоматами без памяти, осуществляется на основе двухбуквенного алфавита, как было показано ранее. Оно эквивалентно преобразованиям, совершаемым в формальной логике, и поэтому такие автоматы еще называют логическими автоматами.

Представим совокупность всех возможных исходных данных, перерабатываемых каким-либо алгоритмом A , в виде последова-

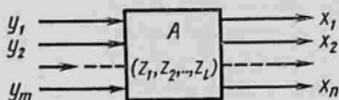


РИС. 35.
Схема автомата

тельности $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots$, а все возможные результаты — в виде последовательности $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j, \dots$. Тогда любой алгоритм A_h , преобразующий исходные данные α_i в результат β_j , можно свести к вычислению функции φ_k , указывающей номер результата j по номеру совокупности исходных данных i : $j = \varphi_h(i)$.

Так как индексы j и i являются целыми числами, то они всегда могут быть заданы в двоичной системе счисления с помощью конечного набора нулей и единиц. При этом функция φ_h может рассматриваться как логическая функция, преобразующая ситуацию i на входе автомата в ситуацию j на его выходе. Следовательно, любая последовательность операций, переводящих исходные данные в искомым результат, может быть реализована с помощью соответствующего дискретного автомата. Английский математик Тьюринг предложил абстрактную схему такого автомата. Этот автомат, получивший название «Машина Тьюринга», является автоматом с бесконечной памятью (рис. 36).

Запоминающим устройством в машине Тьюринга служит лента, разделенная на ячейки 1, 2, ... так, что лента имеет начало (ячейка № 1), но не имеет конца, в принципе она может рассматриваться бесконечной (простирается в бесконечность как последовательность натуральных чисел). В каждой из ячеек может быть записан нуль или единица. Над лентой перемещается головка T , управляемая автоматом L , обладающим конечной памятью. Автомат L работает тактами. На его вход поступает информация о символе (0 или 1), считываемая головкой с ленты. Под влиянием команд, получаемых с автомата L каждый такт, головка может оставаться на месте или передвигаться на одну ячейку вправо или

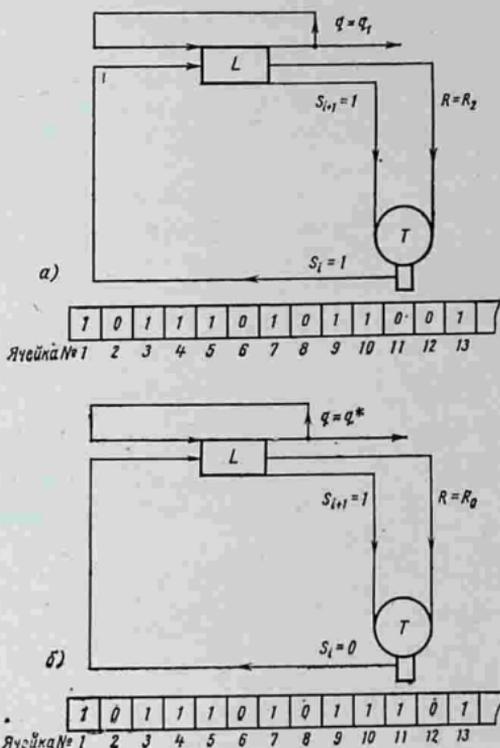


РИС. 36.
Схема работы машины Тьюринга

влево. Одновременно головка получает от автомата команды, под влиянием которых она может заменить символ, записанный в ячейке, над которой она находится.

Действие машины Тьюринга однозначно определяется исходным заполнением ячеек ленты и оператором преобразования управляющего автомата, который может быть задан таблицей переходов. Обозначим через S_i ($S_0=0$, $S_1=1$) символ, считываемый головкой; через R_j (R_0 — стоп, R_1 — влево, R_2 — вправо) — команду на перемещение головки и через q_k ($k=1, 2, \dots, n$) — состояние управляющего автомата. Тогда определенным значениям S_i и q_k соответствует определенная совокупность значений трех величин: S , R и q , обозначающих соответственно, какой символ S запишет головка на ленту, какова будет команда R на перемещение головки и в какое новое состояние q перейдет автомат L . Следует иметь

Таблица 5

Состояние (q) \ Вход (S)	0	1
	q^*	$0, R_0, q^*$
q_1	$1, R_0, q^*$	$1, R_2, q_1$

в виду, что среди состояний q автомата L должно быть по крайней мере одно его состояние q^* такое, при котором головка не изменяет символа S , при этом выполняется команда стоп $R=R_0$ и автомат остается

в состоянии покоя q^* . Таким образом, придя в состояние q^* , машина Тьюринга дальнейшую работу прекращает.

Пусть, например, таблица переходов автомата L имеет следующий вид (табл. 5).

Тогда, если в начальный момент автомат находится в состоянии q_1 , а головка расположена над ячейкой, в которой записан символ 1, то головка будет перемещаться вправо до тех пор, пока не обнаружит ячейку с символом 0, заменит его символом 1 и остановится. Если начальное состояние машины соответствует изображенному на рис. 36, а, то по данным табл. 5 система перейдет в состояние, соответствующее рис. 36, б, и остановится.

Приведенный пример показывает лишь одну из самых простых задач, решаемых машиной Тьюринга (рассмотренный пример можно отнести к редактированию текста). При соответствующем расширении таблицы переходов можно заставить машину Тьюринга решать сколь угодно сложные задачи.

Нам уже известно, что качественная информация, содержащаяся в сложных высказываниях, с помощью Булевой алгебры может быть сведена к двоичной форме. Количественная информация, содержащаяся в математических выкладках, посредством двоичной системы счисления тоже может быть сведена к двоичной форме. Таким образом, пользуясь двоичным счислением (битами), можно всегда выразить любую информацию вполне адекватно. Следовательно, нет ничего удивительного в том, что ки-

бернетическая машина будет работать в битах. Такая машина будет представлять собой физическую систему, а следовательно, будет иметь конечные размеры и конечное число элементов. Она будет характеризоваться способностью находиться в одном из рядов состояний. Этот ряд будет конечным, ибо состояния представляют собой различные комбинации конечного числа элементов. Работа машины будет заключаться в переходе из одного состояния в другое. Машина, предназначенная для выполнения каких-либо полезных функций, должна изменять свое состояние под влиянием каких-то внешних событий. Очевидно, их можно представить в двоичной форме, и любая внешняя обстановка в такой форме может быть закодирована и представлена в машине. Машина должна иметь устройство для чтения ленты.

Внешние события должны определять работу машины, поэтому должно быть предусмотрено, чтобы, считав данный символ, машина изменила свое состояние. Но машина должна также по существу взаимодействовать с окружающей средой, поэтому, считав символ, она должна передвинуть ленту и предпринять сама какое-либо действие. Машина может сдвинуть на одну клетку ленту влево или вправо и затем сама печатать символ. Это означает, что она может подтверждать то, что уже имеется в новой клетке, или печатать единицу там, где ничего нет, или, наконец, стереть единицу, оставляя пустую клетку. Обработанная таким образом лента становится выходом машины. Машина Тьюринга является устройством, которое способно обнаруживать событие, происходящее вне его, изменять свое собственное состояние, изменять свое положение, чтобы обнаружить другое событие, и предпринимать действия, которые влияют на то, что происходит вне события. Она может служить прообразом любой машины, ибо любую машину можно свести к такой схеме.

Понятие о самоизменении и самоорганизации в автоматах.

Понятие дискретного автомата и алгоритма связывается обычно с их неизменностью во времени. Вместе с тем самые совершенные из моделируемых в настоящее время самоорганизующихся систем моделируются с помощью программ, которые являются по существу записями алгоритмов в некоторой специальной форме на универсальных электронных цифровых машинах, представляющих собой не что иное, как дискретные автоматы с жесткой структурой.

Возникающее здесь противоречие в значительной мере кажущееся. Дело в том, что различие между жесткими и самоорганизующимися преобразователями информации в большинстве случаев достаточно условно и определяется не столько конструкцией самого преобразователя, сколько организацией работы с ним.

Один и тот же преобразователь в одних условиях следует рассматривать как жесткий, неизменный, а в других как самоизменяющийся и самоорганизующийся.

При рассмотрении нами произвольного дискретного автомата неявно предполагалось, что при подаче на его вход какого-либо слова y из алфавита (множества) Y и получения соответствующего выходного слова $x[x = \varphi(y)]$ в алфавите X автомат снова возвращался в начальное состояние z_0 . Таким образом, в момент подачи каждого нового входного слова y автомат всегда оказывается в одном и том же исходном состоянии z_0 . Благодаря этому индуцируемое автоматом отображение φ является жестким, неизменным в том смысле, что результат преобразования отображением φ любого входного слова y зависит лишь от самого слова y , а не от того, в какой момент оно было подано на вход автомата.

Назовем каждое из возможных входных слов автомата вопросом, а соответствующее ему выходное слово — ответом. В таком случае жесткость автомата состоит в том, что на один и тот же вопрос он всегда и при всех условиях дает один и тот же ответ. Автомат тем самым лишен какой бы то ни было способности к обучению и совершенствованию ответов.

Однако перевод автомата в начальное состояние перед каждым новым вопросом вовсе не обязателен. Естественно представить функционирование автомата таким образом, что начало каждого следующего вопроса заставляло автомат в том состоянии, в котором он оставался после ответа на предыдущий вопрос. При таком определении автомат, который мы ранее считали жестким, неизменным, будет менять с течением времени свои ответы и может, в частности, оказаться самообучающимся, самосовершенствующимся и самонастраивающимся. Таким образом, автомат, работающий в режиме вопрос — ответ и способный по мере удлинения последовательности, состоящей из таких пар слов, улучшать свои ответы, естественно назвать самосовершенствующимся или самообучающимся.

Понятие самоорганизации является несколько более общим, чем понятие самосовершенствования. При последнем обязательно должно улучшаться качество ответов. При самоорганизации качество ответов может вовсе не определяться. Необходимо лишь, чтобы автомат по мере обучения увеличивал в среднем определенность своих ответов.

Отметим, что в кибернетике любая система, предназначенная для достижения какой-либо цели, может определяться как машина (а не только как система рычагов и колес), но в кибернетике стремятся прежде всего выяснить, насколько полно машины могут выполнять такие присущие живым организмам функции, как, например, обучение или распознавание образов.

Система автоматического регулирования. Системы автоматического регулирования (САР) состоят, по крайней мере, из трех основных элементов: измерительного устройства I , управляющего устройства K , исполнительного устройства, реализующего управляющее воздействие R . Эти элементы, присоединенные

к объекту управления S , образуют систему автоматического регулирования — САР. Принципиальная функциональная схема системы автоматического регулирования изображена на рис. 37.

Назначение измерительного устройства состоит в том, чтобы вырабатывать сигналы Z , отражающие значение регулируемой величины X . В качестве измерительных устройств в САР используются обычно такие преобразователи, которые однозначно преобразуют значение регулируемой величины X в соответствующую ей другую величину Z , удобную для передачи и использования управляющим устройством. Измерительный элемент реализует функциональное преобразование вида $Z=f(X)$, в частности, в линейное преобразование $Z=\lambda X$, где λ — коэффициент передачи измерительного устройства.

Например, молокомер, используемый на ферме, определённому объёму молока ставит в соответствие определенную метку измерительной шкалы, показывающей количество килограммов (литров) молока. Молокомерам разного размера цилиндрической формы соответствуют разные коэффициенты, которые будут, однако, постоянными. Таким образом, независимо от уровня заполнения молокомера объём находящегося в нем молока будет преобразовываться в килограммы с помощью одного и того же линейного коэффициента λ . Если же молокомер будет изготовлен, например, в форме усеченного конуса, то коэффициент преобразования объёма молока в килограммы будет возрастать по мере заполнения молокомера, т. е. в этом случае функция преобразования будет носить не линейный, а более сложный характер.

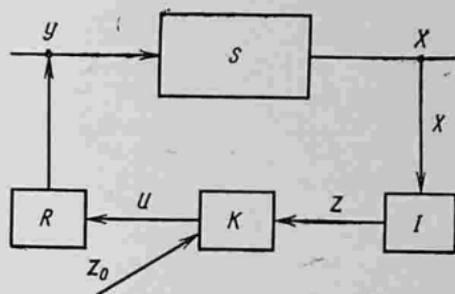


РИС. 37.
Схема системы автоматического регулирования

Простейшее устройство управления представляет собой элемент системы управления, предназначенный для сравнения двух сигналов: сигнала Z , характеризующего значение регулируемой величины, и сигнала Z_0 , характеризующего ее заданное значение. Такой управляющий элемент вырабатывает сигнал управления U , представляющий собой результат сопоставления сигналов Z и Z_0 и определенной функции, посредством которой по разности определяется сигнал управления $U=f(Z - Z_0)$.

В частном случае сигнал управления может быть линейной функцией отклонения регулируемой величины от заданного ее значения: $U=\lambda_u(Z - Z_0)$, где λ_u — коэффициент передачи управляющего элемента.

В том случае, когда мощности сигнала недостаточно для эффективного воздействия на исполнительный орган, тогда в цепь управления вводится усилитель мощности сигнала.

Элементы системы управления, у которых входные величины связаны с выходными функциональной зависимостью, называются статическими элементами. В качестве исполнительных элементов, как правило, используются элементы другого класса

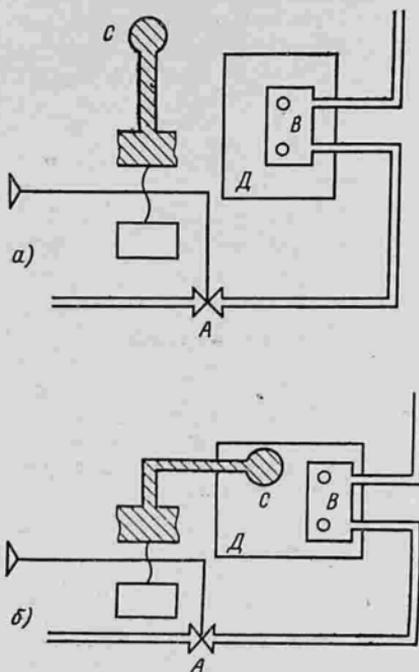


Рис. 38
Система автоматического регулирования

у которых связаны функциональной зависимостью входная величина и скорость изменения выходной величины. Элементы такого свойства называются астатическими.

Характеристики преобразования для наиболее распространенных видов исполнительных устройств имеют вид $v_y = f_y(u)$, где v_y — скорость изменения управляющего воздействия. Для линейного случая $v_y = d_y u$, где d_y — коэффициент передачи. Так, скорость движения автомобиля как управляемая величина в конечном итоге регулируется частотой вращения колес, количество высеваемых семян на гектар посева может регулироваться с помощью оборотов соответствующего валика сеялки, сумма реализации товаров при заданном количестве денег зависит от показателя оборачиваемости денежной единицы и т. п.

Рассмотрим основные принципы автоматического регулирования на примере регулирования температуры в теплице. Отметим, что эта схема носит общий характер, отражая структуру систем автоматического регулирования, применяемых в технике (рис. 38). Отопительное устройство в этой системе обозначим через В. Если известна внешняя температура, то можно установить, например, с помощью специальных таблиц, какая будет температура в теплице при поступлении определенного количества пара, регулируемого с помощью вентиля А. И наоборот, по внешней температуре можно определить, какое количество пара должно поступать в обогревающие элементы В, чтобы температура в теплице поддерживалась на желаемом уровне. Та-

ким образом, как температуру внешней среды, так и количество подаваемого в систему отопления пара можно измерить, а также найти количественные зависимости, в которых эти величины находятся между собой.

Наиболее простой способ регулирования такой системы будет состоять в том, что рабочий в соответствии с внешней температурой и температурой в теплице будет соответственно изменять положение вентиля. При этом он может пользоваться либо соответствующей таблицей, либо действовать по принципу «проб и ошибок». В последнем случае работник, наблюдая температуру в теплице, изменяет (подбирает) положение вентиля таким образом, чтобы температура находилась в пределах заданной нормы.

В общем случае регулирование может осуществляться различными способами. Система может отклоняться от заданного состояния по разным причинам. Но одна из главных причин состоит в воздействии внешней среды — условий, причин того внешнего окружения, в котором функционирует система. Поэтому естественно при регулировании системы искать способы, которые позволили бы каким-то образом видоизменить внешнюю среду, т. е. если не устранить, то, по крайней мере, уменьшить ее нежелательное воздействие на систему. Такой способ регулирования называют методом устранения возмущений. К такому методу можно отнести, например, биологические, химические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.

Регулирование может осуществляться посредством влияния на возмущающие воздействия путем их устранения либо смягчения, т. е. компенсацией воздействий внешней среды, которые мы не изменяем, но на влияние которых мы воздействуем имеющимися в нашем распоряжении способами. Такой метод называют методом компенсации. Устройства, компенсирующие возмущения, носят общее название компенсаторов. Так, неблагоприятное воздействие засушливых условий можно компенсировать системой орошения либо организацией поливов.

И наконец, регулирование может осуществляться по методу выравнивания отклонений, при котором регулирование осуществляется посредством выравнивания отклонений действительного значения управляемой переменной от заданного значения (нормы). Устройства, служащие этим целям, носят название регуляторов. Так, в примере с теплицей регулятором является вентиль.

Устранение воздействий возмущений достигается и тогда, когда обеспечение заданного значения управляемой переменной осуществляется посредством изоляции объекта управления от внешних возмущений. В рассматриваемом примере полная либо частичная изоляция теплиц от внешней температуры может быть достигнута за счет утепления. Устройства такого рода приме-

няются достаточно часто и называются по-разному: щиты, изоляторы, буферы, амортизаторы и т. п. Такого рода приспособления существуют и в живых организмах, например шерстный покров у овец, панцирь у черепахи и т. п. Отметим, что, несмотря на высокую эффективность таких устройств, их применение не всегда возможно. В таких случаях регулирование должно осуществляться методами выравнивания отклонений либо компенсации возмущений. К методам компенсации возмущений относится, в частности, создание искусственных лесополос, защищающих посевы от суховеев, пыльных бурь и т. п. Искусственные лесные насаждения, водоемы и моря благоприятно влияют на изменения климатических условий в нужном для земледельца направлении, компенсируя таким образом неблагоприятные внешние воздействия. Если при этом такие мероприятия приводят к изменению внешних условий, например микроклимата, то они выполняют более высокую роль в процессе регулирования.

Характерной особенностью метода компенсации возмущений при использовании его в системе автоматического регулирования является необходимость знания количественных зависимостей между определенным видом внешнего возмущения, управляемой переменной и управляющим воздействием. В нашем примере необходимо знать зависимость между температурой внешней среды, температурой в теплице и количеством пара, поступающего в обогревающее устройство и регулируемое положением вентиля. Метод компенсации возмущений в принципе требует множества сведений: знания определенных функциональных зависимостей между внешними возмущениями, между управляемой величиной и компенсирующими воздействиями и др. Количество таких сведений и сложность зависимости между величинами особенно возрастают, когда источники возмущений многочисленны и многообразны. Это имеет место, в частности, в сельском хозяйстве. Использование метода выравнивания отклонений, как правило, не требует такой обширной информации, так как в принципе можно воспользоваться даже способом «проб и ошибок». По этой причине в технике, особенно в тех случаях, когда отклонения возникают часто и непредвиденно, а функциональная зависимость между возмущениями и последствиями неизвестна, применяется метод выравнивания отклонений. Процесс выравнивания в настоящее время автоматизирован, т. е. регулирование осуществляется с помощью автоматических устройств. Это, однако, не повлияло на существо самого процесса регулирования.

На рис. 38, *а* представлена схема автоматического регулирования, основанная на использовании метода компенсации возмущений, на рис. 38, *б* — метода выравнивания отклонений. В обоих случаях в системе автоматического регулирования необходимо наличие датчика *С* (рецептора), которым может слу-

жить, например, сосуд, наполненный газом. Датчик соединен соответствующими проводниками с собственно регулирующим устройством. Если окружающая температура повышается, то газ в сосуде (датчике) расширяется и давит на поршень, который сжимает пружину, а последняя посредством рычага и вентили вызывает уменьшение подачи пара. В случае понижения температуры внешней среды газ будет сжиматься, что приведет к расширению пружины и соответственно к увеличению подачи пара. Аналогичным образом сконструирована система автоматического регулирования по методу выравнивания отклонений, только датчик расположен внутри теплицы. Регулирование, основанное на методе выравнивания отклонений, использует обратную связь, характеризуя замкнутую цепь связей элементов данной системы. Другими словами, реализация метода выравнивания отклонений достигается посредством замкнутой цепи воздействий. В регулировании же, основанном на компенсации возмущений, обратной связи нет, цепь связей здесь разомкнута, так как температура в управляемой системе (теплице — элемент Д) не воздействует на датчик С.

Таким образом, как метод компенсации, так и метод выравнивания отклонений могут использоваться для устранения нежелательных воздействий внешней среды. Однако первый реализуется в открытой системе управления, второй — в замкнутой.

К одному из первых регуляторов, использованных человеком в своей практической деятельности, очевидно, следует отнести остроумный регулятор подачи зерна в жернова при размоле на мельнице. Представим себе мельницу, зерно в которой из желоба попадает в размалывающее устройство, состоящее, например, из двух камней. Вал, с помощью которого осуществляется движение верхнего камня, выполним в граненой форме и к нему присоединим желоб. Тогда чем быстрее будет вращаться вал, а следовательно, и камень, тем чаще будет происходить потряхивание желоба и тем больше зерна будет поступать в размалывающее устройство и наоборот. К первым устройствам автоматического типа, которые начали производиться в промышленных масштабах, относится широко описанный в литературе регулятор подачи пара в паровую машину, изобретенный Дж. Уаттом.

Регулирование механизмов может осуществляться двумя и тремя описанными выше способами. Так, укрепляя машину на амортизаторах, устраняют некоторые внешние возмущения, воздействующие на ее работу, реализуя таким образом принцип устранения воздействия возмущений. Если такую машину оборудовать снегоочистителем, то она сможет осуществлять непосредственно изменение внешней среды, прокладывая дорогу в снежных заносах, устраняя таким образом внешние помехи. И наконец, с помощью регуляторов скорости можно осуществить

выравнивание отклонений вибрации машины от нормы. В таких случаях говорят, что применены комплексные методы регулирования. При этом следует отличать от комплексных методов регулирования комплексное регулирование, которое имеет место при регулировании многих параметров данного процесса.

Выбор того или иного метода регулирования должен осуществляться на основе комплексного системного подхода. При этом наряду с экономическим эффектом следует учитывать и воздействие на внешнюю среду, которая требует особо внимательного отношения к себе в условиях бурного научно-технического прогресса, создающего массу возможностей для нежелательного ее изменения, подчас весьма вредного для человека. В качестве примера сошлемся на проблему, возникшую в связи с очень широким применением в свое время ядовитого препарата «ДДТ». Этот препарат обладает свойством накапливаться в живом организме и обнаружен в последнее время даже в рыбах, выловленных в Арктике. Поэтому при регулировании внешней среды, особенно такой удивительно сбалансированной ее системы, как биосфера, необходимо учитывать не только первый эффект, но и второй, третий и последующие, которые могут быть чреватые для человека непредвиденными последствиями. Достаточно сказать, что сейчас биосфера, которая состоит из 1,5 млн. представителей животного и 0,5 млн. представителей растительного мира, уже насчитывает 600 видов, находящихся под угрозой уничтожения.

Основная формула теории регулирования. Методы регулирования основаны на использовании обратной связи. Рассмотрим некоторую регулируемую систему (S) (например, систему отопления теплицы), на которую влияют определенные воздействия (например, подача пара), дающие в итоге требуемый результат (например, повышение температуры до нужного уровня). Примем, что достигаемый таким образом результат воздействует на определенное устройство, которое назовем регулятором (R), а оно в свою очередь воздействует на регулируемую систему. Такого вида обратное воздействие регулятора R на регулируемую систему S составляет обратную связь. *Комплекс регулируемой системы и регулятора составляет систему регулирования.* В такой системе обратное воздействие регулятора накладывается на состояние входа регулируемой системы. Система регулирования графически представлена на рис. 39. Обратное воздействие регулятора на регулируемую систему может быть представлено либо в виде дополнительного входа, либо в форме воздействия выхода регулятора на вход регулируемой системы. Оба способа представления эквивалентны. В общем случае на системы S и R воздействуют внешние влияющие через определенные входы. Входы могут рассматриваться как проявление определенных состояний внешней среды, на которые регулируемая система каким-либо образом реагирует. Те состояния регу-

лируемой системы, посредством которых она воздействует на внешнюю среду, составляют ее выход. Состояние входов и выходов данной системы может быть выражено в определенных числах. Если система имеет только один вход и один выход, то состояние входа будем обозначать символом Y , а выхода — X . Эти состояния чаще всего могут быть отображены с помощью действительных чисел. Если же они имеют качественный характер, т. е. если они определяются наличием либо отсутствием некоторого признака, то для их определения достаточно использовать цифры 0 и 1, первая обозначает отсутствие, а вторая — наличие рассматриваемого признака на входе или выходе.

Система может иметь более одного входа и одного выхода. Состояние каждого конкретного входа и каждого выхода определяется одним числом, поэтому состояние всех n входов и m выходов можно определить посредством соответствующих векторов: $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ и $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. Блочная схема такой системы может быть представлена аналогично изображенной на рис. 39 с той разницей, что в этом случае символы Y и X будут отображать не отдельные числа, а векторы. Такая ситуация может быть отражена с помощью определенного множества линий входов и выходов.

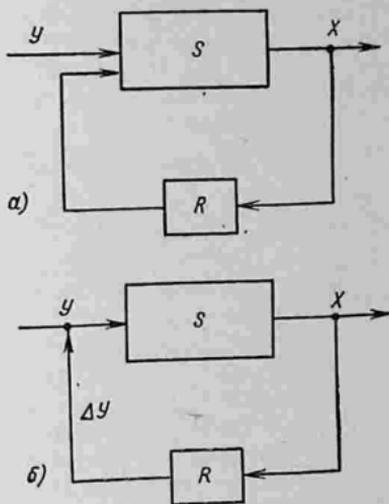


РИС. 39.
Система регулирования

Итак, в систему поступает данное воздействие, отражаемое с помощью действительного числа (скаляра) либо вектора Y , на выходе системы обнаруживается некоторое действие, также описываемое некоторым числом либо вектором X . Следовательно, можно сказать, что в регулируемой системе S происходит преобразование состояния входа Y в состояние выхода X , что формально можно отобразить следующим образом: $X = SY$. Такой способ отображения соответствует разомкнутой системе регулирования. В случае наличия в контуре управления обратной связи процесс регулирования носит более сложный характер. Как видно из рис. 39, б, состояние выхода регулируемой системы передается на вход регулятора R , который преобразует его в состояние своего выхода ΔY . Это состояние выхода регулятора прибавляется к состоянию входа системы S . Таким

образом, состояние входа регулируемой системы примет значение $Y + \Delta y$. Поправка на входе регулируемой системы Δy зависит от состояния ее выхода X , а также от того программного значения, которого эта величина должна достигнуть (обозначим ее через Π). Соответствующее воздействие регулятора R должно состоять в том, чтобы поправка Δy привела к выравниванию всякого отклонения состояния выхода X от заданного его значения Π и привела состояние выхода регулируемой системы к заданной норме: $X = \Pi$.

Допустим, что в регулируемой системе происходит прямое преобразование, состоящее в умножении входа на действительное число S , тогда $X = SY$. Такое преобразование называется пропорциональным. При условии $S > 1$ пропорциональное преобразование называют усилением, а при $S < 1$ — ослаблением. Показатель $S = \frac{X}{Y}$ называют пропуск-

ной способностью регулируемой системы. Пропускная способность системы есть именованное число. Значения X и Y могут измеряться в различных единицах. Например, Y может обозначать количество пара в литрах, а X — величину температуры помещения в градусах. Тогда пропускная способность выражается в количестве градусов (доли градусов) тепла, которое образует данная система теплорегулирования из одного литра пара. Предположим, что в регуляторе также происходит пропорциональное преобразование, причем его пропускная способность равна R . Тогда поправка, вводимая регулятором в состояние входа регулируемой системы, будет $\Delta y = RX$. С учетом этого воздействия по обратной связи состояние выхода регулируемой системы в конечном итоге будет $X = S(Y + \Delta y) = S(Y + RX) = SY + SRX$, отсюда $X = \frac{S}{1 - SR} Y$.

Эта формула является основной формулой теории регулирования. Отметим, что в литературе можно встретить другое выражение этой формулы: $X = \frac{S}{1 + SR} Y$. Объясняется это тем,

что некоторые авторы пропускную способность регулятора обозначают со знаком минус (—) с целью подчеркнуть обратное направление связи с регулируемой системой. Приведенная формула дает возможность рассчитать значение величины на входе (для этого иногда используются такие электротехнические термины, как уровень настройки, питание системы), чтобы при заданных параметрах систем S и R получить на выходе желаемый результат $X = \Pi$. Приняв $X = \Pi$, получим $Y = \frac{1 - SR}{S} \cdot \Pi$.

Если значение входа Y также задано, то можно определить пропускную способность регулятора R для получения заданной величины $R = \frac{\Pi - RY}{SP}$. Исходя из того что $\frac{X}{Y} = \frac{S}{1 - SR}$,

выражение $\frac{S}{1-SR}$ называется пропускной способностью системы регулирования.

Из приведенной основной формулы теории регулирования вытекает специфическая роль регулятора. В случае $R=0$ пропускная способность регулируемой системы равнялась бы S . Наличие регулятора приводит к тому, что правую часть равенства $X=SY$ приходится умножать на величину $\frac{1}{1-SR}$, харак-

теризующую действие регулятора. Таким образом, сомножитель $\frac{1}{1-SR}$ определяет работу регулятора, а сомножитель S — работу регулируемой системы. Сомножитель $\frac{1}{1-SR}$ выражает

обратную связь в системе регулирования и его называют оператором (или мультипликатором) обратной связи.

С точки зрения теории автоматического регулирования представленную ранее математическую модель и ее реализацию в ЭВМ можно рассматривать как систему, посредством которой выражаются связи между ее входом и выходом. В терминологии, принятой для технических целей, реакцией на выходе системы (или ее определенного элемента) в ответ на один или несколько входов называют обычно передаточной функцией. Данная функция определяет, каким образом условия на входе передаются на выход. Следовательно, передаточная функция представляется посредством определенного математического выражения, описывающего воздействие какого-либо звена системы на другие, непосредственно к нему примыкающие. В этом контексте под моделью понимают систему, состоящую из комплекса взаимодействующих элементов и свойственных им передаточных функций.

Для определения характеристик сложной системы необходимо знать характеристики элементарных звеньев, составляющих систему. Характеристика элементарного звена состоит в выражении определенной математической зависимости между его выходной и входной величинами. Уравнение анализируемой системы складывается из отдельных уравнений составляющих ее звеньев. Поэтому предварительно определяются уравнения звеньев, которые затем объединяются в систему.

Как было рассмотрено, в каждом звене системы состояние входа Y преобразовывается в состояние выхода X . Указанное преобразование можно записать так: $X=AY$. Символ A называется оператором преобразования. Знак A символически означает, что следует сделать с состоянием входа Y , чтобы получить состояние X на выходе. Оказывается, что над операторами преобразования можно производить разного рода алгебраические действия. Совокупность правил алгебраических действий над операторами называется операторным исчислением.

Так, например, линейные операторы удовлетворяют следующим двум условиям: $A(cY) = cAY$ и $A(Y+X) = AY+AX$ для всех значений Y и X , принадлежащих определенному множеству, а также для любой постоянной c . Первое из этих условий означает, что преобразование A величины Y (где c — постоянная) равнозначно преобразованию A величины Y с последующим умножением результата на величину c . Иными словами, постоянную c можно вынести за знак оператора.

Другое условие означает, что линейные операторы обладают свойством аддитивности, т. е. преобразование суммы величин Y , X равно сумме того же преобразования величин Y и величины X . Простейший линейный оператор — оператор пропорционального преобразования, который преобразует состояние входа Y в состояние выхода X посредством умножения состояния входа Y на некоторое действительное число. Следовательно, $X=cY$, где c — постоянная (действительное число). Постоянная c называется коэффициентом преобразования. Следует подчеркнуть, что оператор пропорционального преобразования не есть постоянная c . В данном случае оператор — это правило: «умножить Y на c ».

Покажем, что основная формула теории регулирования $X = \frac{S}{1-SR} Y$ верна для любых происходящих в регулируемой системе и регуляторе преобразований, операторы которых линейны. Предположим, что в регулируемой системе происходит преобразование $X=SY$, где оператор преобразования S является линейным.

Включая с помощью обратной связи регулятор, в котором происходит преобразование $\Delta y = RX$, где R также произвольный линейный оператор, получаем систему регулирования, в которой происходит следующее преобразование: $X = S(Y + \Delta y) = S(Y + RX)$. Поскольку операторы S и R линейны, то $X = S(Y + RX) = SY + SRX$, или $X - SRX = SY$, отсюда следует, что $(1 - SR)X = SY$, или $Y = (1 - SR)^{-1}SX$.

Такова основная формула теории регулирования, и она верна для линейных операторов. Современная техника регулирования и управления чаще всего опирается на указанную формулу, которая справедлива при условии линейности операторов преобразований, происходящих в регулируемой системе и регуляторе. Основанное на этой предпосылке регулирование и управление называется линейным регулированием и линейным управлением. Математически значительно сложнее теория нелинейного регулирования, которая здесь не рассматривается.

Рассмотрим случай, когда некоторое состояние Y характеризует общий вход двух систем с линейными операторами A_1 и A_2 , а результатом преобразования Y являются два состояния выхода X_1 и X_2 , которые суммируются и сумму которых обозначим че-

рез X . Такое соединение двух систем называется параллельной связью или параллельным соединением (рис. 40, 1). В данном случае операторные формулы таковы: $X_1 = A_1 Y$; $X_2 = A_2 Y$, откуда: $X = X_1 + X_2 = (A_1 + A_2) Y$.

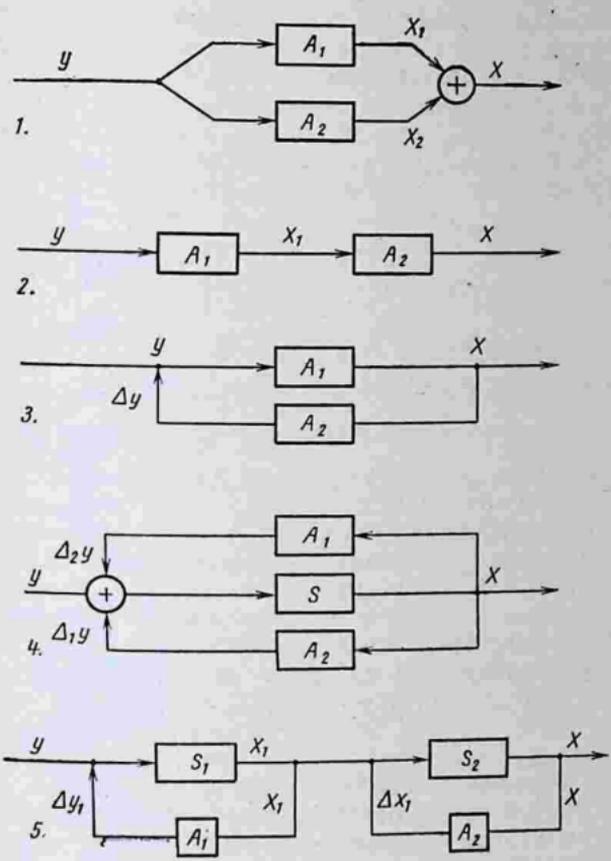


РИС. 40.
Типы соединений операторов:

1 — параллельное соединение; 2 — последовательное соединение; 3 — обратная связь; 4 — параллельная обратная связь; 5 — последовательное соединение систем регулирования

Из этого вытекает утверждение: оператор преобразования, в котором две системы соединены параллельно, равняется сумме операторов отдельных систем. Этот вывод распространяется на любое множество параллельно соединенных систем.

При последовательной связи (последовательном соединении) двух систем с линейными операторами A_1 и A_2

(рис. 40, 2) состояние выхода одной системы оказывается состоянием входа другой системы. Тогда $X_1 = A_1 Y$; $X = A_2 X_1$, или $X = A_2 A_1 Y$. Это равнозначно одному преобразованию, оператор которого $A = A_1 A_2$. Отсюда, оператор, соответствующий последовательному соединению двух систем, равен произведению операторов этих систем. Если отношение выхода к входу оператора охарактеризуем как его пропускную способность, то, исходя из рассмотренного, можем заключить, что совокупная пропускная способность систем, соединенных параллельно, равна сумме пропускных способностей этих систем, а совокупная пропускная способность систем, соединенных последовательно, равна произведению пропускных способностей этих систем. Рассмотрим соединение обратной связи (рис. 40, 3). Обозначив преобразование в двух системах, соединенных обратной связью, через $X = A_1 Y$ и $\Delta y = A_2 X$, получим $X = \frac{A_1}{1 - A_1 A_2} Y$. Это равно-

значно преобразованию $X = AY$, где $A = \frac{A_1}{1 - A_1 A_2}$. Следовательно, соединение двух систем обратной связью приводит к тому, что оператор первой системы A_1 умножается на $\frac{1}{1 - A_1 A_2}$. Этот множитель называется оператором обратной связи.

Рассмотрим более сложный случай. Предположим, что имеется регулируемая система, которой соответствует оператор S и соединенные с ней параллельно две системы обратной связи A_1 и A_2 (рис. 40, 4). Результат расчета по такой системе регулирования можно записать в виде одного преобразования $X = AY$. Обозначив через $\Delta_1 y$ и $\Delta_2 y$ состояния выходов первого и второго регуляторов ($\Delta_1 y = A_1 X$; $\Delta_2 y = A_2 X$), находим $X = S(Y + \Delta_1 y + \Delta_2 y) = S(Y + A_1 X + A_2 X)$, отсюда $X = \frac{S}{1 - S(A_1 + A_2)} Y$.

Указанный результат аналогичен тому, который получился бы, если два параллельно соединенных регулятора заменить одним регулятором с оператором $A = A_1 + A_2$. Таким образом, вместо двух параллельно соединенных регуляторов можно поставить один, пропускная способность которого равна сумме пропускных способностей отдельных регуляторов.

Теперь предположим, что система регулирования состоит из двух регулируемых систем, соединенных между собой последовательно с операторами S_1 и S_2 , причем каждая из этих систем оборудована регулятором обратной связи с операторами A_1 и A_2 (рис. 40, 5).

Состояние входа первой системы обозначим через Y , выхода — через X_1 , состояние выхода второй системы — через X .

Согласно доказанному выше имеем $X_1 = \frac{S_1}{1 - S_1 A_1} Y$ и $X = \frac{S_2}{1 - S_2 A_2} X_1$, в итоге $X = \frac{S_2}{1 - S_2 A_2} \cdot \frac{S_1}{1 - S_1 A_1} Y$.

Таким образом, результирующий оператор рассматриваемой системы регулирования есть

$$A = \frac{S_2}{1 - S_2 A_2} \cdot \frac{S_1}{1 - S_1 A_1}.$$

Подходы, свойственные теории автоматического регулирования, могут быть с успехом использованы при регулировании экономических систем. Воспользуемся этой теорией для кибернетической интерпретации в качестве примера схемы простого воспроизводства К. Маркса.

Валовой продукт X в стоимостном выражении представим как сумму двух слагаемых $X = C + W$, где C — стоимость затрат овеществленного труда, W — стоимость, созданная живым трудом. Введем коэффициенты затрат средств производства и живого труда $b_C = \frac{C}{X}$; $b_W = \frac{W}{X}$, причем $b_C + b_W = 1$. Тогда выражение $X = C + W$ можно записать так: $X = b_C X + W$ или $(1 - b_C X) = W$, отсюда $X = \frac{1}{1 - b_C} W$. Из последней формулы, которая опи-

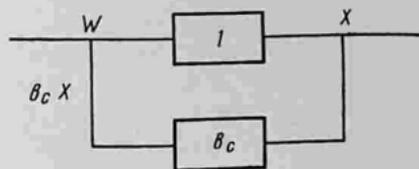


РИС. 41.
Упрощенная модель простого воспроизводства

сывает процесс формирования стоимости, видно, что в этом процессе имеет место некоторая обратная связь, а сама формула представляет разновидность, которая для определенных условий вытекает из основной формулы теории автоматического регулирования, а именно для того случая, когда пропускная способность управляемой системы равна 1 ($S=1$).

Исходя из этого, рассматриваемый процесс можно представить в виде следующей системы управления (рис. 41).

Из системы, изображенной на рис. 41, следует, что живой труд W и величина овеществленного труда b_C , поступающая по обратной связи, преобразуются в продукт X , причем это есть тождественное преобразование, свойственное процессу простого воспроизводства. Таким образом, к регулируемой системе, которой в этом случае является производство стоимости, как бы подключен регулятор с пропорциональным регулятором b_C . Его наличие объясняется тем, что часть стоимости продукта должна пойти на возмещение израсходованных средств производства. Формулой же $(X = \frac{1}{1 - b_C} W)$ определяются преобразования, происходящие в такой системе, а на рис. 41 показана возможность отражения этого процесса с помощью основных положений теории автоматического регулирования.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Любое производство можно рассматривать как систему, состоящую из трех компонентов: ресурсов, процесса производства и продукции. В составе ресурсов можно выделить материальные, энергетические и трудовые ресурсы. Исходя из этого, система производства может быть представлена такой схемой (рис. 42).



РИС. 42.
Схема процесса производства

Такое представление системы производства в литературе имеет ряд названий: трансформации ресурсов в продукцию, затраты — выпуск, ресурсы — продукция и т. п.

Производственный процесс может быть очень сложен. Его можно представить в форме сетевого графика, иногда очень сложной формы, так как в производстве могут использоваться разнообразные ресурсы, а результат может выражаться в самых разных продуктах. Тем не менее идея представления производства как системы, преобразующей ресурсы в продукт, не сложна и носит общий характер.

Под процессом производства, как это отмечалось ранее, мы будем понимать процесс технологического воздействия на предмет труда, который состоит в выполнении работ определенного объема и вида в требуемые сроки и в определенной последовательности. Исходя из этого представления, управление производством в самом общем плане определяет цель производства, которая выражается в составе, объеме и качестве производимой продукции, регулировании ресурсов в отношении темпов их ввода, состава, качества, стоимости и т. п., а также в регулировании технологического процесса, позволяющего при вводимых

ресурсах получить на выходе требуемый продукт. Отметим, что регулирование производства по заданной программе выпуска продукции, состоящее в регулировании ввода ресурсов, а также в выполнении необходимого объема работ, определяет содержание оперативного регулирования (управления). Поэтому система оперативного регулирования производства может быть представлена схемой, изображенной на рис. 43.

Контролирующие и регулирующие органы должны обладать способностью обнаруживать широкий круг внутренних и внешних помех, которые могут повлиять на результаты производственного процесса и быть в состоянии осуществлять нужные воздействия по устранению нежелательного влияния помех.

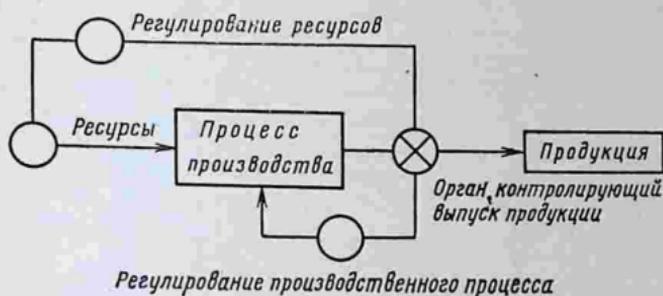


РИС. 43.

Система оперативного регулирования производства

Функция регулирования здесь состоит из двух частей: принятия решения о том, что надо делать на основании информации, и о ходе производства и выполнения принятого решения, которое, как уже отмечалось, может состоять в воздействии на вводимые ресурсы либо на ход выполнения технологических работ.

Итак, для того чтобы система производства действовала эффективно, необходимо, чтобы эта система составляла единое целое, т. е. необходимо учитывать, что все части системы должны взаимодействовать в полном соответствии друг с другом. Все решения, принимаемые для системы, и все мероприятия в ней должны быть подчинены главной общей цели. Этой общей целью — производством продукции производственная система связана с внешним миром и воздействует на него. Поэтому для определения такой цели требуется информация гораздо большая, чем только о состоянии элементов производственной системы.

Производство как кибернетическая система. При рассмотрении производственных систем необходимо иметь в виду их двойственность, состоящую в том, что для произвольной материальной производственной системы (объекта) можно построить отображающую ее информационную систему и, наоборот, информационная система может быть реализована (воплощена)

только в определенной физической системе. Информационная система не равноценна отображаемому ею производственному объекту и не должна отождествляться с ним. Она представляет собой субъективный инструмент исследования. В противоположность физическим системам в кибернетических системах исследуются только информационные связи, и систему здесь образуют информационные связи между ее элементами. *Производство как кибернетическая система — это прежде всего информационная сеть взаимосвязанных элементов, по которой происходит*

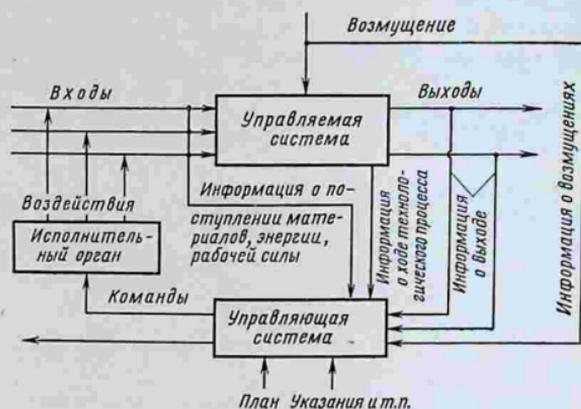


РИС. 44.
 Модель производства как кибернетическая система

передача упорядоченной последовательности сообщений (сигналов), образующих поток информации.

Информация, поступающая в кибернетическую систему, используется для целей управления, чтобы поддерживать параметры управляемой системы в заданных пределах. Это свойство саморегулирования (гомеостазис) присуще и производственным системам. Производственные системы обмениваются информацией с внешней средой. Поэтому такие системы обладают информационными входами и выходами. Производство как кибернетическая система состоит из управляемой и управляющей систем, соединенных между собой каналами передачи информации и образующих вместе систему управления (рис. 44). На информационные входы управляющей системы воздействуют: план реализации продукции государству, указания вышестоящих организаций и сведения, получаемые извне, а также производственная информация, поступающая от управляемой системы. Выходами управляющей системы являются планы низовым подсистемам и команды управления исполнительным органам, а также отчетная информация и сведения, представляемые

вовне. Входы управляемой системы соединены с выходами исполнительных органов, через которые осуществляются необходимые воздействия, влияющие на функционирование этой системы. На входах управляемой системы снимаются также показатели о материальных, трудовых, финансовых и других потоках.

В производственных системах механизм связи действует не только от выходов, но и от входов, а также от управляемой системы. В этом особенность производства как кибернетической системы. Так, управляющей системе передается информация о выпуске продукции, поступающих материальных, финансовых и трудовых ресурсах, а также о ходе выполнения технологического процесса, об организационных и технических неполадках и т. п.

Система производства имеет довольно сложную иерархическую структуру, в каждую производственную систему более высокого уровня входит несколько производственных систем более низкого уровня.

Структура управляемой системы. С точки зрения управления наиболее важным качественным признаком элементов управляемой системы является степень их «подвижности», способности изменяться и подвергаться воздействиям. Поэтому в этой системе выделим основные фонды и оборотные фонды (материалы, предметы труда, готовую продукцию).

Основные фонды относительно неподвижны и, как правило, не подвергаются серьезным изменениям в процессе производства. Эта часть производственной системы отличается наибольшей стабильностью как в пространстве и времени, так и с точки зрения приспособляемости к изменяющейся обстановке. Основные фонды относительно меньше поддаются управляющим воздействиям: возможна большая или меньшая степень их нагрузки и использования, частичная замена и т. д. Иначе говоря, основные фонды имеют большую инерцию и изменять их довольно сложно.

Оборотные фонды, напротив, наиболее подвижная часть производственной системы и вместе с людьми являются основными объектами оперативного управления производством. Они могут менять свое положение в пространстве и во времени, образуя динамический элемент производства.

Отметим, что особенностью сельскохозяйственного производства является наличие динамических свойств и у некоторых видов основных фондов. К ним относятся, например, машинно-тракторный парк, автотранспорт и т. п., которые могут менять свое пространственное расположение и изменять характер своей работы во времени. Это обуславливает высокую управляемость данной частью основных фондов в сельском хозяйстве. Для этой отрасли характерна также и высокая управляемость технологического процесса, который можно менять в зависимости от внеш-

них воздействий. Благодаря этому производственная система обладает определенной способностью адаптироваться по отношению к внешней среде. Структура технологического процесса, как было рассмотрено в главе 3, имеет графическую природу, и можно сказать, что технологический процесс имеет форму графа в координатах времени.

Рассмотрим некоторые особенности сельского хозяйства как производственной системы. Сельское хозяйство как отрасль народного хозяйства является вероятностной динамической большой системой, которая связана материальными, энергетическими и информационными связями с внешней средой, состоящей как из искусственных систем (созданных работниками других отраслей производства и т. п.), так и систем естественных. В системе сельского хозяйства выделяется ряд подсистем, характер образования которых может зависеть от поставленных целей. Это могут быть отрасли, отдельные предприятия и еще более мелкие подразделения сложной системы общественного производства. Сельское хозяйство подчинено общим законам развития общественного производства, но отличается от других отраслей материального производства социально-экономической природой (наличие двух форм собственности), производимой продукцией и условиями производства.

Характерной особенностью этой отрасли является наличие многих естественных процессов, которые либо не поддаются вообще, либо слабо поддаются регулированию. Технологические процессы производства в сельском хозяйстве поэтому переплетаются с естественными процессами. В этой отрасли не совпадают период и время производства.

В сельском хозяйстве земля — важнейшее, постоянное и незаменимое средство производства, которое выступает как предмет и как средство труда и которое не изнашивается, а наоборот, при правильном использовании улучшается и повышает свое плодородие. Такими возможностями не располагают другие отрасли материального производства.

Имеет свои особенности и производственный процесс. В промышленности, как правило, предметы труда заключают в себе всю массу будущего продукта и в результате производственного процесса над исходным веществом природы (сырьем) осуществляются технологические преобразования, придающие последнему полезные качества. В сельском хозяйстве исходным основным материалом являются зародыши растений и животных (семена и яйца), которые не содержат в себе всей массы будущих продуктов. Их масса создается в процессе производства в естественных условиях путем роста растений и животных под воздействием труда, средств производства и внешней среды. Поэтому характер производства в этой отрасли во многом определяется природными свойствами роста и развития сельскохозяйственных растений и животных. Человек лишь постепенно

добивается изменения тех или иных характеристик производства путем применения методов селекции, технических средств и воздействия на внешнюю среду.

Применение машинной техники в сельском хозяйстве имеет существенные особенности. В. И. Ленин отмечал: «...есть особенности земледелия, которые абсолютно неустранимы (если оставить в стороне слишком отдаленную и слишком проблематическую возможность лабораторного приготовления белка и пищи). Вследствие этих особенностей крупная машинная индустрия в земледелии никогда не будет отличаться *всеми* теми чертами, которые она имеет в промышленности»¹. Одна из этих особенностей состоит в том, что в сельском хозяйстве используется много машин, при этом некоторые из них всего лишь по нескольку дней в году. Одним из важных элементов производственной системы в сельском хозяйстве является поле, поэтому при выполнении работ приходится не только подвозить материал к орудиям производства, но и последние перемещать во времени и в пространстве.

Сельскому хозяйству свойственна широкая взаимозаменяемость технологических приемов, производимых продуктов, а также средств производства. Один и тот же продукт может производиться при различном соотношении труда, средств производства и земли, и, наоборот, различные продукты могут быть получены при одинаковом соотношении названных элементов. Это создает возможность выбора более эффективных вариантов ведения производства и играет важную роль в его управлении.

Важнейшей особенностью сельскохозяйственного производства является все еще сильное влияние на него неуправляемых внешних воздействий (осадков, температуры и т. п.), носящих стохастический характер. Природные явления можно предвидеть только с той или иной степенью достоверности. Естественно, что такие важнейшие показатели, как урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животных, размеры затрат на производство продукции, не могут быть определены вполне точно. В силу этого управление сельским хозяйством как производственной системой осуществляется в условиях недостатка информации. Рассмотренные особенности обуславливают специфику и особенности управления этой наиболее сложной системой материального общественного производства.

Структура управляющей системы. Управляющая система производством представляет собой комплекс взаимосвязанных методов управления, реализуемых людьми с помощью технических средств в целях обеспечения эффективного функционирования производственной системы. В материально-вещественном отношении в составе управляющей системы различают три основных структурных подразделения:

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Изд. 5-е, т. 5, с. 137.

1) систему сбора и передачи информации, включающую средства получения первичной информации, каналы связи, средства преобразования, подготовки и хранения информации;

2) вычислительно-решающую систему, включающую вычислительные устройства, выполняющие вычислительные и логические операции, вырабатывающие решения и выдающие команды, а также людей, использующих информацию для отдачи команд либо непосредственно принимающих решения по поступающей к ним информации;

3) систему передачи и вывода информации, включающую преобразующие, передающие выводные механизмы, получающие сигналы непосредственно от устройства автоматической обработки информации и передающие их, например, исполнительным механизмам автоматических линий станков.

Эта система может также представлять собой поток документированных и устных команд, отдаваемых руководителями производства. Иногда в понятии «управляющая система» акцент делается на методы управления, а в понятии «управляющая подсистема» — на наличие технических средств, т. е. материальных элементов управления.

Функции управляющей системы обусловлены структурой управляемой системы. Производство представляет собой сложную систему, единство которой не исключает, а предполагает относительную самостоятельность отдельных его частей. Так, например, управляющая система совхоза строится по функционально-территориальному признаку и может быть представлена следующей схемой (рис. 45).

Каждый из рассмотренных элементов административно-функциональной системы управления обеспечивает нормальное функционирование одной из подсистем управляемой системы, т. е. обслуживает выполнение тех информационных процессов, из которых складывается деятельность по управлению производством. Сюда входит деятельность по разработке цели функционирования производства, осуществление контрольных функций по ее реализации и выработка решений по общему регулированию производства, выработка приказов по регулированию потоков производственных ресурсов, а также технологического процесса и по выполнению работ, реализующих его.

Структура процесса управления. С точки зрения управления производство можно рассматривать как процесс превращения ресурсов в продукцию заданного состава. При этом должно быть обеспечено ее определенное качество при минимальных затратах на изготовление. Такая общность процесса производства независимо от его конкретного содержания порождает определенную типичность в его управлении.

В составе типичных операций управления производством можно выделить следующие: управление подготовкой производства, управление ходом производства, экономическое управление.

Производственный процесс состоит из множества операций, и в соответствии с традиционными взглядами на управление до последнего времени считалось:

1) если каждая операция выполняется настолько производительно, насколько это возможно, то максимально производительной будет и совокупность операций, рассматриваемых как процесс;

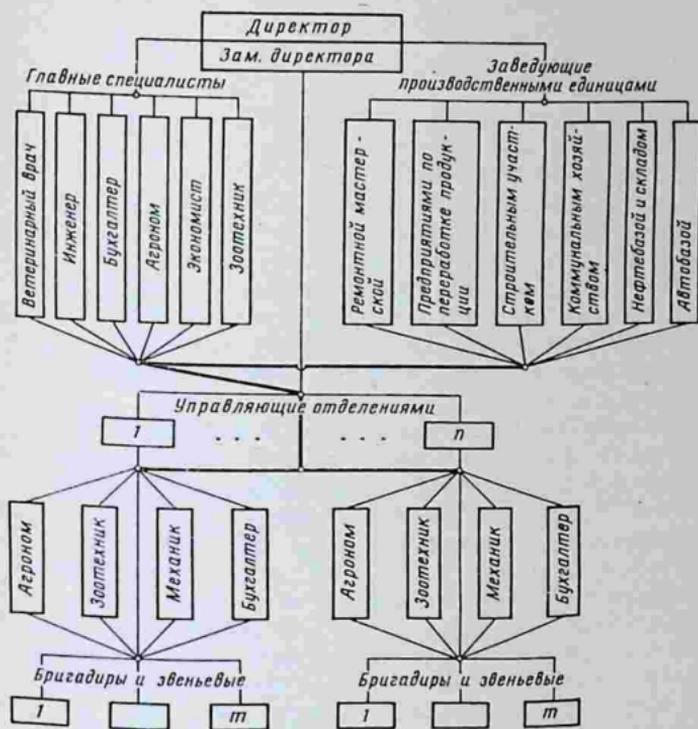


РИС. 45.
Управляющая система совхоза

2) если процесс характеризуется максимальной производительностью, то в некотором смысле экономическая ценность результата будет наибольшей.

В настоящее время признано, что оба эти утверждения могут оказаться ложными. В сфере деятельности руководителя его внимание должно концентрироваться не на отдельных операциях, а на всем процессе производства как системе. Современное управление производством применимо ко всем формам организованного труда, оно может быть распространено как на системы операций, необходимые для создания материальных благ, так и на деятельность по оказанию услуг. Это значит, что учреж-

дения, больницы, библиотеки, энергетические предприятия, транспорт и связь являются сферами приложения методов, свойственных управлению производством. Когда количество повторяющихся либо не повторяющихся операций становится достаточно большим, возникает система, нуждающаяся в компетентном управлении. В последнее время стала очевидной необходимость отказа от жесткого разделения функций между элементами управляющей системы, такого разделения, при котором организационные границы фиксированы и каждый отдел, образно говоря, должен заниматься своим делом. При современных методах управления стремятся достичь интеграции, синтеза, переплетения деятельности и переплетения усилий. Иными словами, реализуются представления, связанные с понятием системы, взамен старых концепций, базировавшихся на строгом размежевании между структурными подразделениями.

Управляющая система будет эффективной в том случае, если при выборе решений принимаются в расчет все обстоятельства, относящиеся к вопросу, независимо от того, сколько структурных подразделений данной организации будет к этому привлечено и когда точки зрения всех подразделений будут приведены в соответствие с общими целями, стоящими перед системой.

Руководители производства имеют дело как с технологией, так и с методологией. Так, нетрудно заметить, что руководители даже достаточно разных производств пользуются одним и тем же методологическим языком, ибо они пытаются разрешить задачи того же вида. Технология же характеризует каждый данный вид производства и в значительной мере определяет их разнообразие. Совершенно так же как руководители могут отстать в области технологии, они могут отстать и в вопросах методологии управления. Область управления производством охватывает вопросы планирования состава, объемов и качества продукции, управление запасами, планирование замены оборудования и ремонта, планирование наиболее производительных технологических процессов, регулирование качества и количества выпускаемой продукции, использование и подготовку рабочей силы и т. п. Состав этих вопросов не зависит от вида производства в отличие от технологических вопросов, для которых решающее значение имеют отраслевые особенности.

В методологии управления можно выделить следующие составные части.

1. Накопление и группировка данных, что применяется, например, для учета наличных запасов, выпуска продукции и т. п.

2. Методы решения вопросов. Сюда относятся методы прогнозирования, планирования, а также методы, используемые для оценки возможных результатов тех или иных действий. В этих методах должны учитываться различия между регулируемыми и нерегулируемыми переменными величинами. Применяемые методы должны учитывать как вероятность наступления того или

ного сочетания таких величин, так и результат, который при этом может быть получен.

3. Выбор решений. Методы, включенные в эту группу, применяются для выбора оптимальной стратегии. Их отличительная особенность состоит в том, что они приводят к оптимальному решению независимо от возможных субъективных суждений по данному поводу. Для этого необходимо правильное использование как регулируемых, так и нерегулируемых переменных, относящихся к вопросу. В некоторых системах такое достижимо, в частности, при решении вопросов текущего регулирования, чем и объясняется возможность их автоматизации. Но во многих случаях при выборе решения, в частности при проектировании производственных систем, такое условие либо заведомо не реализуется, либо его не удастся достаточно доказать. В результате решения, принятые с помощью оптимизационных методов, не рассматриваются как окончательные, а используются при принятии конечных решений, часто на более высоком уровне управления.

Структура процесса управления состоит из ряда укрупненных управленческих операций (макроэлементов), в основном тождественных для различных видов управления. Так, каждая из основных функций управления подготовкой производства, его осуществлением и экономикой складывается из следующих важнейших макроопераций: создание нормативного хозяйства, оперативное планирование, учет и контроль, регулирование. Этапы создания нормативного хозяйства соответствуют предварительные мероприятия, связанные с расчетом технико-экономических коэффициентов, норм выработки, расценок, определением общего объема информации, в том числе хранимой. Одновременно определяются необходимые носители, а также их эффективное использование. Вся нормативная база переносится на определенные носители. Этапу планирования соответствует разработка методик (математических моделей, программ) и использование вычислительной техники для проведения расчетов.

При осуществлении самого процесса производства решается задача слежения, связанная с реализацией принятой программы производства. Для этого снимается информация о ходе производственного процесса и осуществляется целенаправленное воздействие на него.

Экономическое управление сопряжено с регулированием качественных параметров производства, обуславливающих его эффективность. Поэтому оно сопряжено прежде всего с анализом и регулированием количественных соотношений между входом и выходом управляемой системы и определением на этой основе показателей себестоимости, рентабельности производства, производительности труда и т. п.

Таким образом, принятие решения по управлению производством носит двойкий характер: либо пересоставляется оперативный план, либо вырабатываются управляющие решения

(команды), которые исправляют состояние производственной системы или осуществляют ее дальнейшее развитие. Следует отметить, что процесс управления часто инвариантен не только по функциям, но и по способам выполнения, т. е. он не меняется в зависимости от степени механизации и автоматизации управленческого процесса. Обработка информации нередко идет по той же схеме, что и при ручном варианте, с теми же неизбежными последовательными этапами. Таким образом, часто наблюдаемые инвариантности внутри систем управления по различным функциям, при разных уровнях механизации являются важнейшими выводами из структурного анализа процесса управления.

Оптимальное управление. В процессе управления особое место занимает человек как субъект управления. Независимо от специфики объекта и процесса управления управленческая деятельность человека — это сложный интеллектуальный процесс, состоящий из отдельных операций и актов, которые подразделяются на три основные группы. Первую группу составляют акты рефлекторного управления, вторую — акты формально-логического управления, третью — акты творческого управления.

Рефлекторными принято называть акты управления, основанные на предварительном опыте, развитых навыках и не требующие особого мышления. Все акты управления, связанные с активным мышлением, но допускающие формализацию в виде предварительно составленных программ, инструкций, обеспечивающих нахождение правильных решений, относятся к группе формально-логических актов управления. К группе творческих актов управления относятся такие, которые требуют творческого мышления и не могут быть выполнены по заранее разработанной программе. Однако отметим, что развитие кибернетики показало, что и акты творческого мышления поддаются формализации. Так, известны удачные эксперименты написания с помощью ЭВМ музыки, стихов. В последнее время интенсивно развивается эвристическое программирование, разрабатывающее методы формализации и решения задач эвристического свойства. Независимо от того, какой характер имеет процесс управления: рефлекторный, формально-логический или творческий, естественно стремление выполнить его наилучшим, т. е. оптимальным, образом. Оптимум можно расценивать как достижение максимума либо минимума значения такого показателя, с помощью которого можно отразить цель управления. Одной из разновидностей такого способа управления является квазиоптимальное, или субоптимальное, управление. Упростить сложную систему, в отношении которой необходимо принимать решение по управлению, можно, разбив ее на отдельные подсистемы и отыскивая затем оптимум для каждой из них в определенной направленной последовательности. Этот метод получил название метода декомпозиции или разбиения систем. Оптимальное решение можно искать и в целом для всей системы, но с учетом ограни-

ченного числа наиболее существенных переменных. Такой метод определяется как метод разбиения среды.

В управлении производством получило развитие новое научное направление, преследующее разработку методов целенаправленных действий и объективной сравнительной оценки решений для поиска наиболее эффективных из них. С помощью этой теории выделено восемь классов задач: управление запасами; распределение; массовое обслуживание; упорядочение; выбор маршрута; замена; состязательные задачи; поиск. Большинство принимаемых решений, связанных с процессом производства, может быть отнесено к одному из этих классов задач.

В управлении запасами рассматриваются вопросы организации баз снабжения, рационального построения сети различных складов, создания запасов сырья, материалов, полуфабрикатов на различных стадиях производства, минимизации издержек при обеспечении равномерного снабжения производства, оптимизации партий заготавливаемого сырья. Основными методами решения данного класса задач являются линейная алгебра, математический анализ, теория вероятностей, математическая статистика.

В задачах типа транспортной отыскивается лучший вариант перевозок при оптимизации их стоимости, расстояния или времени. К этому типу относятся задачи по распределению ограниченного количества материальных и трудовых ресурсов между различными видами производства или выпускаемой продукции, выбору рациональной номенклатуры выпускаемых изделий, структуры (по типам и количеству) технологического оборудования, схем варьирования различными ресурсами. Эти задачи решаются с помощью методов линейного и динамического программирования.

К задачам массового обслуживания относится большое количество вопросов, решаемых в процессе управления производством. Общим для них является наличие потока требований на различный вид обслуживания (входящий поток), обслуживающая система и исходящий поток (поток, прошедший фазу обслуживания). Решение направлено на определение параметров обслуживающей системы в зависимости от специфики обслуживаемого потока требований, имеющего всегда вероятностный характер. Основу этих математических методов составляет теория вероятностей. К таким задачам относятся, например, задачи организации технического обслуживания, ремонта тракторов, автомобилей.

К задачам комбинаторного типа относятся ситуации управления производством, допускающие различные последовательности выполнения работ в каком-либо технологическом процессе, обработки деталей на нескольких станках. Такие задачи управления предусматривают использование метода критического пути, позволяющего минимизировать, например, время выполне-

ния комплекса работ, изготовления изделий, сооружения объекта. При решении этих задач используются сетевые методы управления.

Задача всякого управления состоит в воздействии на объект в целях улучшения его состояния. Для сравнения различных состояний системы и выделения из них лучших необходимо располагать мерой, пригодной для этой цели. *Величина, с помощью которой измеряется (характеризуется) эффективность управления, называется критерием эффективности.* В зависимости от назначения системы и условий ее функционирования в качестве критерия эффективности могут выступать различные величины. Так, для системы, регулирующей работу транспорта, в качестве такого критерия может выступать время соответствия движения транспорта времени, предусмотренному графиком, и сведения возможных отклонений к минимуму. Для производственных систем таким критерием может выступать выполнение плана по реализации продукции, достижение определенного уровня производительности труда и т. д.

Определенному варианту управления будет соответствовать и определенный критерий эффективности управления. Задача оптимального управления состоит в том, чтобы найти и реализовать такой вариант управления, при котором соответствующий критерий принимает экстремальное значение. При этом необходимо иметь в виду, что на управляющие воздействия как на пространство состояний системы могут быть наложены определенные ограничения, за область значения которых не должны выходить воздействия по управлению. Кроме того, на систему могут быть наложены дополнительные ограничения, связанные с ограниченной управляемостью определенными факторами, с возможной степенью сложности алгоритма управления, с качествами используемой для этого информации и т. п.

Под оптимальным управлением будем понимать такую совокупность управляющих воздействий, совместимую с ограничениями системы, которая обеспечивает достижение наиболее предпочтительного значения критерия эффективности управления.

В общем виде задача оптимального управления может быть представлена в следующем виде. Пусть некоторую систему необходимо перевести из состояния, описываемого с помощью X_n (где X_n может быть вектором и скаляром), в заданное состояние X_0 с помощью управляющих воздействий U . В фазовом пространстве состояниям X_n и X_0 будут соответствовать определенные точки. Тогда развитие (движение) системы будет состоять в переходе из точки X_n в точку X_0 при фиксировании переходных состояний системы (каждое такое фиксированное состояние также может быть отражено точкой в фазовом пространстве). Соединение точки X_n с X_0 по точкам переходных состояний системы даст некоторую траекторию, соединяющую эти точки. Управляющие воздействия могут составлять определенный век-

тор, значения компонент которого изменяются в заданных пределах. Тогда каждому набору управляющих воздействий U будет соответствовать определенное состояние управляемой системы X_f , а каждому из таких вариантов управления будет соответствовать своя траектория перехода из состояний X_n в состояние X_0 . Но по отношению к критерию эффективности управления Z каждая из таких траекторий, как правило, неравноценна, ибо каждой из них соответствует свое значение Z , равное Z_1, Z_2, \dots, Z_n .

Задача оптимального управления состоит в том, чтобы из множества возможных траекторий движения системы в заданном состоянии найти такую, при которой критерий эффективности принял бы наиболее предпочтительное значение.

В исследовании экономических процессов часто возникают задачи выбора оптимальной последовательности решений для каждого многошагового процесса. Задачи такого свойства имеют место, например, при решении вопросов планирования капиталовложений на несколько лет, если стремятся выбрать такие варианты капиталовложений на каждый год, чтобы за определенный период получить максимальный эффект от их использования.

Рассмотрим многошаговый процесс выработки решений на примере нахождения оптимальной стратегии функционирования животноводческой фермы.

Пусть критерием эффективности Z является количество мяса, получаемого от реализованного скота за N лет. Обозначим через Y_i количество голов реализуемого скота в i -й год из общего его поголовья X_i в i -м году; через C — вес реализуемой головы скота. Для упрощения задачи примем, что вес реализуемой головы в каждый год должен быть доведен до установленной нормы, например 300 кг. Тогда задача управления будет состоять в том, чтобы выбрать такую последовательность Y_1, Y_2, \dots, Y_N , при которой критерий эффективности достигнет максимального значения, т. е. $Z = \sum_{i=1}^N CY_i$. При этом возможности реализации скота

ограничены в каждый год, они в самом крайнем случае не могут превышать имеющегося поголовья: $0 \leq Y_i \leq X_i$.

Примем, что коэффициент воспроизводства стада по годам будет равен k . Тогда общее поголовье скота за i -й год составит $X_i = k_i X_i^0 - Y_i$, где X_i^0 — поголовье скота на начало года, а количество поголовья, которое останется к началу следующего года после его реализации, будет равно $X_{i+1}^0 = k_i X_i^0 - Y_i$; $X_i = X_{i+1}^0 + Y_i$.

Существование оптимальной стратегии в этой производственной ситуации вытекает из того факта, что при увеличении продажи скота в i -м году величина реализации мяса (CY_i) будет возрастать, но при этом будет уменьшаться переходящее поголовье на следующий год X_{i+1}^0 , которое будет определять производство стада в $(i+1)$ -м году: $X_{i+1} = kX_{i+1}^0$. При умень-

шении общего поголовья скота в $(i+1)$ -м году будут, естественно, уменьшаться и возможности его реализации. Если же продавать слишком мало скота, то при этом возникнет целый ряд проблем: вклад каждого года в итоговое количество реализованного мяса будет слишком мал, и при этом могут возникать большие затруднения в обеспечении населения мясом. С другой стороны, образуется передержка высоковозрастного скота, что приведет к нерациональному расходованию кормов. Существует, очевидно, какая-то наилучшая, оптимальная стратегия, максимизирующая суммарный выход мяса за N лет, которую и необходимо отыскать.

Воспользуемся для этого методом динамического программирования и начнем рассмотрение с последнего шага, т. е. выбора значения Y_N . Исходя из того, что $Y_N = k_N X_N^0 - X_{N+1}^0$, и принимая, что в N -м году мы достигнем удовлетворения потребности в мясе, можем предположить, что в последующие годы выходное поголовье скота будет сохраняться примерно на одинаковом уровне, т. е. $X_{N+1}^0 = X_N^0$. Обозначим такого содержания величину X_i^0 через X_i^* . Исходя из этого становится очевидным, что максимальный вклад в эффективность будет иметь место, если мы выберем максимально возможное значение Y_N таким образом, чтобы оно соответствовало заданному значению по удовлетворению спроса ($Y_N = S$) и при этом величина выходного поголовья $X_{N+1}^0 \leq X_{N+1}^*$, т. е.

$$X_N^* \geq X_N = kX_N^0 = Y_N + X_{N+1}^0 \text{ при } Y_N = S;$$

$$Z = \sum_{i=1}^N CY_i \rightarrow \max,$$

где S — задаваемая величина производства мяса, обеспечивающая спрос.

Для предыдущего $(N-1)$ -го года находим, что, какое бы ни было значение величины Y_{N-1} , вклад $(N-1)$ -го года составит Ck_{N-1} количества мяса, а уменьшение вклада N -го года (с учетом роста поголовья в k_i раз), вызванное реализацией в предыдущем году Y_{N-1} голов скота, составит $k_i CY_{N-1}$ единиц мяса, что отрицательно скажется на суммарном значении величины эффективности управления Z . Еще раз обратим внимание на то, что для упрощения задачи мы принимаем коэффициент воспроизводства стада k равным как для переходного, так и для реализуемого поголовья, хотя в действительности маточный состав в переходном поголовье будет значительно выше, чем в реализуемом. Но учет всех подобных моментов слишком бы усложнил задачу и увел бы нас от рассмотрения главного вопроса в этом случае — оптимизации траектории движения системы.

Проведя такие рассуждения для предыдущих лет, мы пришли к выводу, что не следует реализовывать скот во все годы, за исклю-

чением последнего. Тогда оптимальная стратегия при таком одностороннем подходе имела бы примерно следующий вид: $Y_1=0, Y_2=0, \dots, Y_{N-1}=0, Y_N=X_N-X_N$. Ясно, что при этом значение величины N , т. е. количество лет, необходимое для полного удовлетворения спроса на мясо, было бы минимальным. Но ясно также и то, что в этом направлении система не может развиваться, так как на нее накладывается ряд ограничений.

Для простоты примем одно условие: пусть поголовье скота по ряду причин (ограниченность кормов, помещений, рабочей силы и т. п.) не может превышать заданной величины \bar{X}_i голов: $X_i \leq \bar{X}_i$. Очевидно, что значение критерия эффективности управления Z достигло бы своего максимального значения в том случае, если бы во все годы величины Y_i достигали бы своего предельного значения, т. е. $Y_i=S$. Траектория движения системы в этом случае (рис. 46) описывалась бы прямой, параллельной временной оси с ординатой $Y = \frac{S}{C}$. Тогда, про-

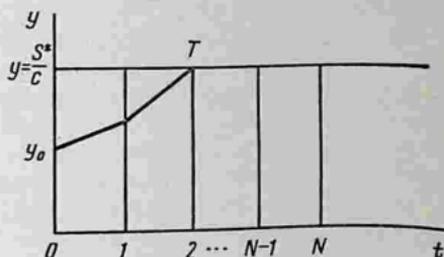


РИС. 46
Траектория движения системы

водя аналогичные рассуждения и двигаясь от конца процесса к его началу, несложно прийти к выводу о том, что оптимальная стратегия состоит в доведении поголовья до предельного значения $\bar{X}_N = Y_N + X_{N+1}^*$ при $Y_N=S$ в кратчайший срок и последующем удержании на этом уровне до последнего года, рассматриваемого в программе управления. Такая стратегия управления формально может быть выражена так:

$$\begin{aligned}
 k_n X_n^0 &= X_n; & X_1^0 &= k_n X_n^0 - Y_n \\
 k_1 X_1^0 &= X_1; & X_2^0 &= k_1 X_1 - Y_1; & X_1 &\leq \bar{X}_1; & Y_1 &\geq Y_n \\
 k_2 X_2^0 &= X_2; & X_3^0 &= k_2 X_2 - Y_2; & X_2 &\leq \bar{X}_2; & Y_2 &\geq Y_n \\
 &\dots & & & & & & \\
 &\dots & & & & & & \\
 k_{N-1} X_{N-1}^0 &= X_{N-1}; & X_N^0 &= k_{N-1} X_{N-1} - Y_{N-1}; \\
 & & X_{N-1} &\leq \bar{X}_{N-1}; & Y_{N-1} &\geq Y_n \\
 k_n X_n^0 &= X_n; & X_N &= k_n X_N - Y_N; & X_N &= X^*; & Y_N &= S,
 \end{aligned}$$

где X_n^0 — начальное выходное поголовье.

При этом должно быть достигнуто максимальное значение критерия оптимизации:

$$\sum_{i=1}^N CY \rightarrow \max.$$

Из рассмотренного примера можно сделать вывод о том, что одна из характерных особенностей оптимального управления состоит в том, что в любой момент оптимального процесса управляемая система должна находиться на пределе ограничений.

Кривая Y_0T на рис. 4б, характеризующая выход системы на предел ограничений, отражает оптимальную ее траекторию.

Об участии человека в процессах управления. Наряду с ростом и развитием производства возрастает и количество экономической информации, требующей переработки. В связи с этим возникает необходимость роста числа работников в сфере управления. До недавнего прошлого увеличение мощности любого учреждения по обработке информации достигалось за счет его расширения — увеличения штатов. Но даже значительное увеличение численности конторских работников уже никак не может решить эту проблему. Это обусловлено тем, что каждый работник, преобразовывающий информацию по управлению производством, и сам порождает дополнительную информацию, так как его действия также требуют управления. Поэтому имеется некоторый критический предел численности работников учреждения, после превышения которого полезная мощность учреждения по обработке информации уже не увеличивается — учреждение начинает работать само на себя. Несвоевременная и неполная обработка и передача информации ведут к тому, что до высших уровней управления производством по многим вопросам доходит неполная и недостаточно своевременная информация. А это приводит к необходимости принятия решений в условиях недостаточности информации. Такие решения, как известно, носят приближенный, интуитивный характер.

С появлением ЭВМ стало возможным с помощью машин выполнять многие работы, относящиеся к области умственной деятельности. Хотя следует отметить, что для самых сложных видов деятельности ни человек, ни машина в отдельности не являются идеальными исполнителями. В этих случаях целесообразна хорошо скоординированная совместная работа человека и машины. Способ координации их действий называется взаимодействием человека и машины. Такие человеко-машинные системы необходимы, например, там, где надо видеть или слышать. Не создана полностью автоматизированная система, способная узнавать написанный текст и живую речь, хотя работы в этих направлениях ведутся довольно успешно.

В системах, где требуется простая грубая физическая сила, человек редко может играть существенную роль. Что касается умственных задач, то здесь, как и в сенсорной области, обычно оправдывает себя координированная работа человека и машины. Для выполнения одних работ идеально пригоден человек, для других явное преимущество имеет ЭВМ. Поэтому проблема взаимодействия человека и машины заключается в том, чтобы найти сочетание обоих элементов человеко-машинной системы.

Для этого сопоставим вкратце возможности человека и ЭВМ. Объем человеческой памяти примерно в 10^{14} раз превосходит объем памяти самой большой из существующих ЭВМ. Это громадное различие. Заметим, что мозг с точки зрения кибернетики может рассматриваться как машина с большим числом входов, состоящих, допустим, из десяти миллионов двоичных каналов, и несколько меньшим числом выходов, состоящих, допустим, из миллиона двоичных каналов. Исходя из этого, существует огромное число возможных состояний мозга. Если найти перестановки входов, соответствующие всем перестановкам выходов, то число различных комбинаций поистине фантастично: оно составляет $2^{10^7} \cdot 2^{10^7}$. Это число является самым большим целым числом, имеющим подлинно научный смысл.

Важной особенностью человеческой памяти является ее высокая избирательная способность. Человек отбрасывает повторяющиеся данные и умеет легко забывать. Вероятно, наиболее существенным недостатком человеческой памяти, помимо способности забывать, является тот факт, что она может очень легко исказить информацию, даже не сознавая этого.

Когда требуются непрерывные длительные усилия, человек не может соперничать с ЭВМ. Выполняя повторяющиеся механические операции, мозг быстро утомляется. Для ЭВМ количество повторений безразлично. Если воспользоваться термином энергетики, то «установленная мощность» человека по переработке информации составляет примерно десять простых арифметических либо логических операций в секунду. За счет фактора утомляемости она должна быть снижена по крайней мере в 4 раза. Вспомним, что быстроедействие современных электронновычислительных машин составляет около миллиона операций в секунду.

Мы уже отмечали, что осуществление управления системами, в той или иной мере функционирующими в интересах человека, без участия человека невозможно. Это прежде всего связано с определением целей функционирования производства, так как машинные системы способны выполнять только заданные цели, а не разрабатывать их для себя. По мере развития техники управления участие человека в этом процессе становится все менее непосредственным. Вначале человек освободил себя от непосредственного воздействия на органы управления, передав осуществление этого процесса техническим исполнительным устройствам, оставив за собой выработку сигналов управления. Последние реализовались техническими органами управления. Так, с помощью различных видов рулевого управления осуществляется регулирование движения трактора, автомобиля, парохода, самолета и т. д.

Впоследствии человек в управлении рядом систем уже смог освободиться и от выработки сигналов управления, передав эти функции техническим исполнительным устройствам. Так, уже сейчас существуют птицефабрики, где в помещениях-птичниках

человек заходит не каждый день, а температурный режим в таких помещениях соблюдается с помощью автоматического регулирования. Управление полетом самолета может осуществляться автопилотом. Программное устройство обеспечивает управление работой станка без участия человека. Однако в таких системах человек задает параметры процесса управления, например значения показателей температуры, в пределах которых последняя может колебаться в птичнике, и т. п.

В последующем появилась возможность освободить человека и от задания полной программы управления, оставив за ним формирование цели управления и условий, в которых оно должно осуществляться. Исходя из последних, технические устройства могут выработать программу управления. К таким техническим устройствам относятся, например, ЭВМ, с помощью которых можно определить оптимальную программу развития предприятия. Таким образом, степень участия человека в управлении системами постепенно видоизменяется.

Экономическая кибернетика рассматривает в системе производства связи человека, выступающего в роли универсального преобразователя информации в системах управления. Кибернетические системы призваны уменьшить усилия человека в управлении производством, в особенности в выполнении рутинной работы по поиску и элементарной обработке информации, они много повышают его социальное значение в управлении.

Рефлекторные, формально-логические и творческие акты действий составляют сущность управления как процесса, осуществляемого человеком — универсальным преобразователем информации.

В процессе производства труд человека объединяет предмет и средство труда, в результате чего и осуществляется производство. Но при этом человек выполняет не только объединяющую функцию, он осуществляет и направленное регулирование хода этого процесса, причем последняя функция все более возрастает.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Глава 11

СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Всякая система управления призвана решать три основные задачи: сбор и передачу информации об управляемом объекте, преобразование этой первичной информации в требуемом для управления направлении, выдачу решений (либо преобразованной информации, облегчающей принятие решений человеком), используемых в целенаправленном воздействии на объект управления. В современных системах управления все чаще применяются ЭВМ. При этом технические средства часто используются только на отдельных этапах решения локальных задач, таких, например, как проведение различных группировок обрабатываемого числового материала, осуществление определенных расчетов и т. п. Остальные процессы: получение первичных данных, их передача, поиск правильного решения задачи и т. д. — осуществляются без применения технических средств.

При обработке данных с помощью технических средств требуется определенная техническая база, наличие методов обработки информации, а в случае использования ЭВМ либо СПМ — их машинная реализация. Совокупность технических средств, методов и их техническое воплощение, а также наличие соответствующего технологического и организационного порядка можно рассматривать как систему обработки данных (СОД). Системы обработки данных, включающие ЭВМ, называются системами электронной обработки данных (СЭОД). Системы обработки данных являются системами обработки информации с помощью технических средств, которые осуществляют в основном переработку информации. В автоматизированных системах управления (АСУ) автоматизируются все процессы обработки информации и все операции ее преобразований, осуществляемые в процессе

управления, от сбора информации до формирования управляющих воздействий.

Структурное различие электронной системы обработки данных и автоматизированной системы управления с использованием ЭВМ показано на рис. 47.

Отметим, что появлению АСУ предшествовало внедрение в управление счетно-перфорационной техники, на которую еще, кстати, и сейчас ориентируются в механизации учетных работ в колхозах и совхозах. Это понятно, так как процесс создания автоматизированной системы управления сельским хозяйством не может быть выполнен за короткое время во всем его комплексе. Сначала потребуется создание отдельных региональных систем управления, а также систем обработки данных опреде-



РИС. 47.
Структурная схема:
а — СЭОД; б — АСУ

ленного функционального содержания. Так, для этой цели создается, например, автоматизированная система электронной обработки данных, отражающих движение запасных частей на базах «Сельхозтехники», и т. п.

Разработка системы обработки данных. Прежде всего остановимся на определении некоторых понятий.

Д а н н ы е — это способ представления фактов и идей в формализованном виде, позволяющем передавать или обрабатывать их с помощью некоторого процесса. Указанное представление может быть более приспособлено или для восприятия человеком, например печатный текст, или же для интерпретации оборудованием, например перфокарты, электрические сигналы.

Обработка данных — выполнение систематической последовательности операций, производимых над данными, например: вычисление, объединение, сортировка в целях анализа первичной информации и синтеза из нее информационных совокупностей, обладающих требуемыми свойствами.

Совокупная обработка данных — обработка данных координированным образом, т. е. общее рассмотрение данных о ранее не связанных процессах в целях более эффективного их использования.

Обработка данных обычно выполняется по заранее заданным правилам. Простейшие операции обработки данных включают

запоминание и накопление информации, сортировку (упорядочение, формирование массивов), нормализацию данных, логические и арифметические операции.

Основу обработки экономической информации составляют следующие процессы.

1. Операции, изменяющие значение (содержание) единиц информации. Это — кодирование, декодирование, логические и арифметические операции, преобразующие одни значения в другие, а также операции замены, присвоения, подстановки, изъятия с уничтожением, аннулирующие определенные значения.

2. Операции упорядочения и сортировки массивов, изменяющие расположение данных.

3. Операции уменьшения и увеличения числа составляющих информационных совокупностей. Это — расчленение, выборка, объединение, подбор, пересечение.

4. Операции, увеличивающие качество информационных совокупностей за счет перезаписи, копирования, размножения.

Обработка экономической информации с помощью ЭВМ нуждается в предварительном проектировании, под которым понимается совокупность организационных и технических мероприятий по созданию и последующему внедрению проекта механизированной (автоматизированной) обработки данных.

Проектирование машинной обработки информации ведется поэтапно. Основные этапы проектирования таковы.

1. Изучение информационной системы.
2. Формулирование новой информационной системы.
3. Алгоритмизация.
4. Разработка основных положений новой техники обработки данных.
5. Программирование.
6. Подготовка к внедрению проекта.
7. Внедрение проекта.

Цель изучения информационной системы объекта состоит в подготовке материала к разработке проекта. В процессе изучения информационной системы фиксируются все единицы информации, формулы и техника их выводов, формы их регистрации, основные потоки информации, документообороты, периодичность получения сведений, необходимость в тех или иных сведениях, объемы информации, трудоемкость обработки и т. п.

Сам процесс изучения информационной системы складывается из двух стадий: сбора материала и его анализа. Собирая материал, изучают общую организацию объекта, основные моменты, влияющие на информационную систему, формы первичных и сводных документов, перечни учетно-плановых номенклатур и их шифры, макеты, табуляграммы, графики, инструкции и т. п., фиксируют данные изучения в специально разработанных формах обследования, составляют общие блок-схемы существующей техники обработки данных.

На второй стадии изучения информационной системы при анализе собранного материала подробно рассматривается существующая информационная система, отмечаются ее недостатки, намечаются предполагаемые варианты изменений, определяются общие объемы информации и критерии, предопределяющие выбор технических средств и вариантов обработки.

В результате анализа вырабатывается техническое задание на проектирование. Другими словами, устанавливается, какая часть информационной системы и процесса обработки данных остается неизменной, в какой части этой системы нужны некоторые незначительные изменения, какая часть системы требует коренного преобразования, использования математических методов, изменения методологии, внедрения новых методов и средств обработки. На основе изучения параметров информационной системы (объемных данных и условий) определяются также масштабы, срок, формы и методы реорганизации системы.

От качества выполнения работ на этом этапе изучения информационной системы зависит успех дальнейшего проектирования, базирующегося на материалах обследования и выводах по анализу данных.

На этапе формирования новой информационной системы создается ее экономико-математическая модель: определяется круг исходных и получаемых в процессе обработки информационных совокупностей, устанавливается общая связь между единицами информации, ее потоками, фиксируется общая последовательность и техника получения, передачи и обработки данных. Формулы вывода всех единиц информации — важнейший продукт этого этапа проектирования. Именно на этом этапе неформализованные процессы описываются в виде системы уравнений и неравенств, показывающей основные математические зависимости, выбираются критерии оптимальности, эффективности, приоритета, допустимости, четко определяющие цель данной задачи, выявляются и оцениваются факторы, от которых зависит решение задачи, строится, испытывается и решается модель. Для построения моделей может быть использован различный математический аппарат. Одна и та же задача зачастую может быть решена различными способами, и выбор математического метода — одна из проблем этого этапа. Выбор численного метода зависит от точности вычислений, их объема, сложности программы и затрат времени. Заметим, что для многих экономических расчетов, например для учетных задач, потребность в выборе численных методов не возникает.

Чтобы окончательно подготовить общее математическое описание новой информационной системы к программированию, необходимо выполнить алгоритмизацию процессов обработки информации.

Алгоритмизация есть процесс формулирования математического описания (разработки математической модели) поведения системы с той или иной степенью полноты и уровнем формализации, соответствующим заданной цели. Этот процесс включает:

получение и обобщение экспериментальных фактов и другой информации, поступающей от объекта исследования; формулирование и анализ целей исследования; рациональное планирование исследований и экспериментов; учет экономической эффективности различных исследований, способов и средств реализации как алгоритмов исследования, так и полученных алгоритмических описаний (моделей);

идентификацию и содержательную интерпретацию формальных описаний; кодирование и декодирование информации, отсеивание неценной информации;

преобразование алгоритмических описаний, их реализацию вычислительными системами;

анализ описаний, получение рекомендаций по изменению, дополнению, синтезу улучшенного объекта и т. д.

Теоретическое обоснование большинства из перечисленных этапов алгоритмизации еще только намечается, и современная теория алгоритмизации представляет лишь некоторую совокупность методов и приемов, применяемых на практике. Теория алгоритмизации аналогична и во многих отношениях пересекается с исследованием операций — совокупностью методов выполнения эффективных действий в сложных условиях, а также связана с системотехникой — совокупностью методов эффективного проектирования «больших» систем.

Язык алгоритмического описания систем. Применение вычислительной техники вызвало появление целого ряда искусственных машинных языков, описывающих алгоритмы вычислений. Быстрое увеличение типов вычислительных машин и конкретных машинных языков потребовало обобщений, унификации последних и привело к созданию алгоритмических языков, пригодных для описания алгоритмов, не связанных с конструкцией определенных машин. Наиболее удачным из универсальных алгоритмических языков и в настоящее время наиболее распространенным в мире является алгоритмический язык АЛГОЛ. Однако и этот язык, хорошо зарекомендовавший себя в области вычислительных алгоритмов, становится неудобным в целом ряде «неарифметических» применений вычислительной техники. Поэтому создано и создается большое количество новых языков, ориентированных на определенные классы задач, а также языков, являющихся расширениями и модификациями АЛГОЛА.

Например, для экономических расчетов разработан язык КОБОЛ, на основе которого построены многие современные

языки для экономических задач. Язык КОБОЛ предназначен для задач обработки данных экономического характера. Запись на этом языке по внешнему виду ближе к естественному языку, чем запись на языке АЛГОЛ. Описание алгоритма на языке КОБОЛ состоит из четырех частей: опознающей, которая содержит заголовок, фамилию автора и т. д., информационной, массивов и констант записи собственно алгоритма в виде операторных выражений и вспомогательных данных по обработке алгоритма на конкретной машине.

На основе идей языка КОБОЛ-61 и сокращенного варианта АЛГОЛ-60 построен язык АЛГЭК (алгоритмический язык для экономических расчетов). Упрощенным вариантом языка КОБОЛ является язык РЕПИДРАЙТ, в котором применяется табличное задание массивов.

Табличная запись составляет основу языка ТАБСОЛ, также предназначенного для обработки экономической информации. Чтобы практически использовать тот или иной алгоритмический язык, нужно обратиться к руководству, содержащему подробное описание языка. Таким образом, под алгоритмом понимается точное предписание выполнять строго в определенном порядке некоторую систему операций для решения задач определенного класса в целях преобразования исходной информации в производную, результативную информацию. Алгоритм должен удовлетворять трем требованиям: определенности, массовости, результативности.

Важнейшее требование, предъявляемое к алгоритму, — его определенность, т. е. однозначность толкования, исключающая возможность получения разными лицами различных ответов по одним и тем же исходным данным задачи, для которой составлен алгоритм. Это свойство обеспечивает общепонятность алгоритма для лиц, знакомых с методикой его составления.

Алгоритм, разработанный для определенной задачи (расчета), должен быть применим к любой совокупности значений ее исходных данных. Другими словами, алгоритм должен быть массовым. Если, например, алгоритм составлен для расчета определения суммы начисления сдельной заработной платы рабочему, то он должен быть в одинаковой мере применим для любого работника, любого вида работы, любой даты работы и т. д., т. е. при любых значениях сообщений о выработке, являющихся исходными для обработки.

Правильно составленный алгоритм при наличии верных исходных данных должен приводить к точному результату, т. е. должен быть результативным. Алгоритм обычно состоит из ряда последовательных дискретных шагов, на каждом из которых выполняется сравнительно простая операция преобразования информации. Структура алгоритма может быть довольно сложной, но в конечном итоге она раскладывается на элементарные операции, связанные друг с другом и образующие в со-

вокупности более укрупненные части и этапы алгоритма. Для задач обработки экспериментальных данных, данных статистики, учета и т. п. характерны относительная простота структуры алгоритма, малое количество операций на единицу информации, но большие объемы обрабатываемых массивов. Типичные алгоритмы обработки данных — алгоритмы упорядочения, сортировки, перегруппировки массивов, поиска, выбора элементов по заданным признакам и т. п. имеют логический характер, их структура сходна со структурой алгоритмов выбора.

Алгоритмизацией заканчивается полная математическая формулировка информационной системы и всех процедур обработки информации. Теперь требуется воплотить это математическое описание в конкретный проект разработки, по которому информация могла бы фигурировать в совершенно определенных формах ее носителей (документах, перфокартах, перфолентах, магнитных лентах и т. п.) и обрабатываться с помощью конкретных вычислительных машин и других средств получения, передачи и преобразования информации.

Следующий этап проектирования — разработка основных положений новой техники обработки данных. На этом этапе шифруются учетно-плановые номенклатуры, разрабатываются формы первичных и сводных документов, составляются макеты перфорации, макетируются перфоленты и магнитные ленты, разрабатываются технологические процессы обработки данных, проектируется контроль обработки. Рассмотрим в общих чертах содержание каждого из перечисленных положений проекта машинной обработки данных.

Отдельные свойства процессов и явлений описываются с помощью единиц информации, называемых признаками. К признакам относятся, например, дата, наименование изделия, номер бригады, название технологической операции, номер трактора и др. У каждого из признаков есть определенный для данной информационной системы относительно постоянный состав значений (к примеру, перечень бригад, список работающих и т. д.). Такие полные перечни значений определенного признака принято называть номенклатурой.

В номенклатуре признака каждое конкретное значение имеет свою позицию. Значение признака может фигурировать в виде его полного наименования или условного сокращенного шифра. Применение шифров существенно облегчает механизированную (автоматизированную) обработку данных. Шифры быстрее и компактнее записываются, их введение позволяет более строго систематизировать и классифицировать объекты планирования, учета и управления, устранить путаницу; при шифровке облегчается группировка информации в необходимых для сводки разрезах, упрощается поиск определенных позиций в больших и сложных номенклатурах. Поэтому правильная зашифровка номенклатур имеет большое значение. При разработке шифров

определяется перечень всех шифруемых номенклатур, устанавливается список позиций каждой номенклатуры, эти позиции систематизируются в соответствии с принятой в работе, планировании или учете классификацией. Причем предусматриваются резервы на случай появления новых позиций, выбирается определенная система шифровки (известны, например, такие системы, как порядковая, серийная, десятичная, шахматная, комбинированная, алфавитно-цифровая поразрядная, алфавитно-цифровая смешанная и др.), каждой позиции номенклатуры присваивается определенный шифр, все спроектированные шифры оформляются в виде специальных справочников или альбомов.

Состояние экономических систем отражается с помощью информации, носителями которой чаще всего являются документы. Такое информационное сообщение имеет определенное содержание и структуру. Сообщение может быть простым и сложным. В составе сообщения выделим такую элементарную единицу, которая не поддается либо которую для данных целей целесообразно подвергать дальнейшему расчленению. Эту единицу назовем *ре к в и з и т о м*. Так, с помощью информации характеризуется, например, партия товаров, где в качестве единиц информации (реквизитов) будут выступать: наименование (шифр), сорт, вес, цена и т. п. Каждый реквизит обладает известной самостоятельностью. Они подразделяются на *о с н о в а н и я*, характеризующие количественные свойства, и *п р и з н а к и*, характеризующие, как правило, качественные свойства, отражаемые информацией. Признак и основание образуют информационную совокупность особого типа — *п о к а з а т е л ь*, достаточную для образования документа. Информационную совокупность любой сложности можно свести в конечном итоге к определенной группе различных показателей. Таким образом, показатели представляют, с одной стороны, простейшую информационную совокупность, пригодную для документообразования, а с другой стороны, сложные образования информации, охватывающие описания многообразных качественных свойств и количественной характеристики объектов и процессов. Полный объем показателей, содержащихся в документе, образует определенную информационную совокупность, которая во множестве документов может рассматриваться как информационная единица. Так, пусть информацию, отражающую операцию отпуска товара, его отгрузку и реализацию, обозначим через И11. Тогда информационная совокупность И11, отражающая эту хозяйственную операцию, будет состоять из ряда первичных промежуточных и сводных документов. Приказам-накладным на отпуск изделий, допустим, присвоим индекс И21, счетам-фактурам — И22, платежным требованиям — И23 и т. д. В приведенных индексах значение первого цифрового разряда показывает *у р о в е н ь* информационной совокупности по первому признаку (например, по вертикали), второго — *у р о в е н ь* инфор-

мационной совокупности по второму признаку, например по горизонтальному членению информации. Такое расчленение информации может быть произведено и в документе, когда показателям можно присвоить индекс уровня и порядкового номера элемента среди всех элементов этого уровня. Такого типа индекс называется идентификатором единицы информации. Таким образом, под идентификатором понимается условное сокращенное наименование единицы информации, а этот процесс называется идентификацией.

Возможно несколько вариантов идентификации. Системная идентификация основана на составлении номенклатур (полных перечней) всех составных информационной совокупности и на шифровке (обычно порядковой) всех позиций этих номенклатур. При этом каждое значение признака представлено в номенклатуре всех значений отдельной строкой — позицией номенклатуры. Позиции в номенклатуре располагаются в определенном порядке и пронумеровываются натуральными числами. Благодаря этому можно сослаться на любое значение реквизитов, пользуясь формулой $P[П]$, где P — данный реквизит, а $П$ — позиция искомого значения реквизита в его полной номенклатуре. Так, если рассматриваемым реквизитом будет месяц, то номенклатура его будет состоять из 12 позиций. Тогда ссылка на месяц может быть задана так: март — $M[3]$, август — $M[8]$, на III квартал $M[7-9]$ и т. д.

В идентификации могут использоваться структурные особенности информационных совокупностей, что применяется в методе структурной идентификации, при которой в качестве идентификатора единицы информации берутся координаты этой единицы в структуре составной информационной совокупности. Как уже отмечалось, при идентификации по уровням идентификатор каждой единицы информации по этой схеме содержит указание на номер уровня и порядковый номер данной единицы информации в пределах вышестоящей по уровню составной единицы информации. В пределах определенной локальной информационной совокупности может использоваться локальная идентификация, которая будет точно определять адресность информационной единицы и не содержать избыточной информации о более высоких информационных совокупностях. Так, при адресации письма в пределах одной страны нет необходимости указывать ее наименование, а при адресации документа в пределах одного учреждения нет необходимости указывать улицу, на которой оно находится.

Применение глобальных идентификаторов, уникальных для всей информационной системы, часто загромождает и усложняет алгоритмическое описание и обработку информации. С этой целью используется процедурная идентификация, когда идентификаторы единиц информации могут локализоваться в масштабах отдельных процедур (программ, подпро-

грамм, блоков) ее обработки. Этот метод позволяет для одной и той же информационной совокупности менять при необходимости идентификатор единицы информации от расчета к расчету. Например, площадь посевов пшеницы может иметь в одном расчете (задаче) идентификатор 1, а в другом — 6.

В качестве примера рассмотрим идентификацию такой информационной совокупности, как книга. Представим, что отдельные разделы, главы и параграфы книги есть информационные совокупности разного уровня. Информационной совокупностью наиболее высокого уровня в этом случае будем рассматривать саму книгу. Тогда, в пределах этой совокупности нет необходимости присваивать идентификатор самой книге. Отметим, что если бы мы рассматривали библиографию книг, относящихся, например, к экономической кибернетике, тогда каждую книгу необходимо было бы также идентифицировать. Таким образом, в рассматриваемом случае в общем плане мы уже пользуемся локальной идентификацией. Предположим, что иллюстративный материал (схемы, рисунки, графики, формулы и т. п.) будут единицами информации. Возможна сплошная нумерация рисунков вне зависимости от строения книги — это сплошная идентификация; возможна нумерация в пределах глав, параграфов — это структурная идентификация.

Таким образом, идентификация позволяет классифицировать информацию по определенным ее признакам и выделить информационные единицы из их совокупностей.

В условиях обработки экономической информации на ЭВМ в значительной мере меняются формы и содержание первичных и сводных документов, приспособленных к требованиям машинной обработки. По сравнению с обычными формами первичных документов вновь разработанные формы не содержат всей той информации, которая может быть получена в процессе обработки. В ней должны отсутствовать, например, все постоянные данные, многие восстанавливаемые обработкой признаки, производные показатели. Построение форм должно быть приспособлено к перезаписи данных в накопители, отвечающие требованиям автоматического ввода информации (например, в перфокарты). В условиях применения ЭВМ следует стремиться по возможности к уменьшению объема информации первичных документов, не приспособленных к прямому вводу данных в машины, минуя ручную перезапись (перфорацию), шире используя перфокарты с графическими отметками (дуалькарты), ввод данных непосредственно с датчиков, получение входящей информации с помощью телетайпов с пробивкой на перфолентах и др.

К построению и содержанию форм документации должны быть предъявлены следующие основные требования.

1. Каждый документ должен содержать минимальное, но достаточное количество информации для полного отражения

того процесса или события, которое им оформляют. Первичный документ должен отражать следующее минимальное количество обязательных сведений: наименование документа, дату его составления, содержание операции, шифр товара, единицу измерения, измерение операции в количественном и стоимостном выражении.

2. Информация по возможности не должна дублироваться в других документах. Сейчас же, например, при оформлении отпуска товара покупателю обычно выписывают счет-фактуру, товарно-транспортную накладную, пропуск на вывоз товара. В этих документах около 50—60% реквизитов дублируется. Дублируется информация также при составлении и заполнении нарядов, разнарядок и других документов.

3. Соответствующие показатели в документе должны располагаться в логической последовательности и обеспечивать удобство обработки и передачи информации. Немаловажным моментом в построении форм первичных документов является расположение реквизитов. При заполнении, например, счета-фактуры вручную графу обычно размещают так: номенклатурный номер и номер товара по прейскуранту, наименование товара, единица измерения, цена за единицу, количество и сумма.

Заполнение же счета-фактуры в такой последовательности на фактурной машине нерационально. Счетный механизм фактурной машины смонтирован вместе с пишущим. При заполнении и обработке первичных показателей сначала будет загружено печатающее устройство, а затем счетное. Поэтому форму документа необходимо приспособить к обработке его на фактурной машине. Реквизиты обычно размещают в такой последовательности: номенклатурный номер, шифр товара, единица измерения, количество, цена за единицу, наименование товара, сумма.

4. Формы документов должны быть компактны по формату бумаги, удобны для применения средств механизированной обработки необходимой информации. Чем компактнее форма документа, чем рациональнее расположены в нем показатели, тем меньшее количество бумаги требуется для первичной документации, а это имеет немаловажное народнохозяйственное значение.

5. Порядок оформления и прохождения документов в процессе их составления, заполнения и оформления должен быть максимально простым. Рациональная организация документооборота позволяет обеспечить полное и своевременное отражение хозяйственных операций по движению и хранению материально-технических ценностей на торговой базе. От скорости продвижения документов зависит своевременность поступления материально-технических средств. Задержка продвижения документов отрицательно сказывается на передаче и обработке

экономической информации, на осуществлении функций по управлению материально-техническим снабжением.

В сводных документах регистрируется информация, получаемая механизированным (автоматизированным) способом. В каждом таком документе должны быть все необходимые сведения, расположенные в наиболее удобной для чтения последовательности. Сводные документы должны составляться своевременно и быть максимально законченными. Данные в таких документах должны быть правильно сгруппированы и подсчитаны с обусловленной точностью. В процессе проектирования устанавливается информационный состав каждого сводного документа, расположение в нем данных, число его экземпляров, периодичность составления, редакция текста и др.

При проектировании макетов перфорации (плана размещения информации на перфокарте) экономическая информация подразделяется на постоянную и переменную. Первая составляет содержание так называемых постоянных перфокарт, применение которых позволяет существенно упростить первичную документацию и в значительной мере сократить объем текущей ручной перфорации. Одна из задач проектирования макетов перфорации — всемерное внедрение дуаль-карт, позволяющих автоматизировать процесс перфорации. При разработке макетов перфокарт необходимо максимально сокращать объем ручной перфорации — наиболее трудоемкой операции технологического процесса машиносчетной обработки данных.

Спроектированные макеты перфорации согласовываются между собой и унифицируются для удобства обработки данных разных массивов. При распределении информации по магнитным лентам массивы данных индексируются, к каждому из них присписывается одна или несколько бобин (катушек) лент в зависимости от размера массива. Возможно и размещение нескольких небольших массивов в одной бобине. Для каждого массива подробно планируется его размещение в заданных зонах ленты по определенному макету для каждой составной единицы информации (записи). Разумеется, такое распределение основывается на возможности считывания с магнитных лент и записи на них, обусловленных ЭВМ.

Проектируя технологию обработки данных, выбирают наиболее рациональную последовательность операций для каждой работы в отдельности. В вычислительных центрах со смешанным оборудованием (счетно-клавишным, счетно-перфорационным и электронным) возможна следующая номенклатура операций машиносчетного процесса: прием и контроль исходной информации, таксировка на клавишных вычислительных машинах, контроль таксировки, перфорация (карт и перфолент), контроль перфорации, сортировально-подборочные операции на счетно-перфорационном оборудовании, репродукция перфокарт и перфолент, итоговая перфорация, перезапись с перфорацион-

ного материала на магнитные ленты, таксировка на счетно-перфорационном оборудовании, табуляция, обработка данных на ЭВМ, перезапись с магнитных лент на перфокарты, печать с магнитных лент и перфокарт, контроль и выпуск изготовленных сводных документов. В вычислительных центрах, оснащенных только ЭВМ, отсутствует клавишная таксировка, таксировка на счетно-перфорационных машинах, табуляция.

Отдельные модели ЭВМ позволяют воспринимать исходные данные непосредственно от датчиков или через промежуточные накопители (периферийные устройства), из различных каналов связи, с микрофильмов, с первичных документов, закодированных особым образом (например, чеком с записью токопроводящими чернилами специальным шрифтом).

Особое внимание при разработке технологии следует уделять контролю всех операций машиносчетного процесса. Разработанная технология фиксируется в технологической документации.

Один из наиболее трудоемких и кропотливых этапов проектирования — программирование, под которым понимается процесс доведения алгоритма до готовой рабочей программы для ЭВМ. В процессе программирования укрупненные операции алгоритмов, выполненных в виде блок-схем или линейных записей, переводят в команды данной ЭВМ: в программу включают некоторые стандартные подпрограммы или команды обращения к ним; производят распределение внутренней памяти машины; вместо условных адресов присваивают действительные; собирают отдельные части программы; проверяют и отлаживают программу. Разработанная и отлаженная программа записывается в специальные бланки, а затем перезаписывается на носитель, приспособленный к автоматическому вводу данных в ЭВМ (перфокарты, перфоленты, магнитные ленты). В последнее время уделяется все большее внимание вопросам автоматизации программирования.

Настройка счетно-перфорационных машин есть частная форма программирования, в которой наиболее трудоемко составление схем коммутации.

Внедрение созданного проекта механизированной обработки информации требует определенной подготовительной работы, в процессе которой печатаются формы новых документов, перезаписываются на запроектированные носители информации номенклатуры постоянных данных по разработанным макетам, внедряются новые шифры, проводятся эксперименты. С проектом механизированной обработки должен ознакомиться персонал объекта (участка учетно-плановых работ) и вычислительного центра.

Заключительный этап проектирования — внедрение проекта механизированной (автоматизированной) обработки, в результате которого осуществляется переход от старой инфор-

мационной системы к новой. Чаще всего некоторое время ведется параллельная обработка данных по старой и новой системе, в процессе которой обрабатывается и усваивается новая система.

Продолжительность проектирования зависит от размеров объекта, сложности информационной системы, глубины преобразований, количества работников, привлекаемых к проектированию, их квалификации и других факторов.

Интегрированная система обработки данных (ИСОД). Это такая система, которая позволяет на основе однократного (в каждый период времени) сбора минимума исходных данных получить все результирующие данные (показатели, документы), необходимые для принятия решений либо процесса управления. ИСОД, таким образом, позволяет ликвидировать автономные, во многом дублирующие друг друга системы сбора и переработки данных, организуемые каждым функциональным подразделением органа управления. Возникновение концепции ИСОД в первую очередь связано с широким внедрением в область экономического управления ЭВМ.

Внедрение ИСОД предполагает:

отделение творческих процедур (процедур принятия решений) от рутинных (повторяющихся, стандартных) процедур обработки данных;

формализацию рутинных процедур в виде алгоритмов и машинных программ;

централизацию оборота данных в специально выделенном структурном звене управления, что позволяет наиболее рационально использовать средства вычислительной и организационной техники, а также внедрить наиболее прогрессивные формы организации труда;

централизацию нормативно-справочного хозяйства, что устраняет разнохарактерность, а зачастую и противоречивость нормативных данных, которыми пользуются различные функциональные службы управления. Единое нормативное хозяйство может также стать базой для организации развитой системы памяти для хранения базовых и справочных данных;

реализацию принципа однократного ввода данных в ИСОД с их последующим многоцелевым использованием при проведении различных расчетов;

рационализацию и упорядочение документооборота, что включает выпрямление маршрутов движения документов и упрощение документальных форм, в частности освобождение их от нормативно-справочных показателей, а первичных документов — от расчетных показателей.

Основные различия в организации традиционных систем обработки данных и ИСОД связаны с изменением направленности потоков информации и централизацией технических процедур обработки данных. Осуществление таких изменений

в действующих системах управления и практический переход к ИСОД предполагает проведение ряда подготовительных мероприятий, в том числе установление четких должностных инструкций для каждого сотрудника аппарата управления, унификацию форм документов и правил их заполнения, введение единого графика работы аппарата управления, и целого ряда других организационных мероприятий.

Реализация комплекса мероприятий по построению ИСОД обеспечивает большую оперативность и четкость в обработке данных, так как внедрение этой системы служит важным организующим фактором для систем экономического управления. Кроме того, ИСОД создает необходимые предпосылки для эффективного внедрения современной вычислительной техники, позволяет освободить квалифицированных специалистов аппарата управления от механической работы.

Информационные потоки системы и их структура. Высококачественное и своевременное решение задач по управлению народным хозяйством требует приема, обработки и передачи больших потоков информации. Поэтому необходимым этапом при построении СОД является изучение системы документов и процедуры их обработки, а также структуры информационных потоков.

На торговых базах системы «Сельхозтехника», например, массовые потоки экономической информации возникают при планировании и распределении большой номенклатуры материально-технических средств, при поступлении материалов на склады и реализации их покупателям, в финансовой деятельности, отчетности и во многих других хозяйственных операциях. Изучение информационных потоков включает ознакомление с формированием всех видов исходных данных, формами их регистрации, документооборотом, периодичностью получения сведений, определением объема информации, расчетом технических средств первичной обработки документов, вопросы переноса данных на технические носители, разработкой схем дистанционной передачи информации в центр обработки и т. п.

Информационная деятельность товаропроводящей сети «Сельхозтехники» протекает по определенной иерархической структуре, состоящей из пяти звеньев управления: союзного, республиканского, областных, межрайонных, районных.

Районное объединение. Информационную систему районного звена рассмотрим на примере Пирятинского районного объединения «Сельхозтехника» Полтавской области, торговая база которого имеет два склада, специализированных по видам материально-технических средств.

Цикл прохождения и доставки материально-технических средств от заводов-поставщиков до потребителей осуществляется либо через торговые склады, либо транзитом. Поставщик адресует запасные части или другие материалы на склады

республиканской торговой базы. С республиканской базы они поступают на областные торговые склады, где после распределения часть их идет либо на межрайонную торговую базу, либо в специализированные магазины «Сельхозтехники», откуда их отгружают районным торговым базам.

Носителями информации на районных торговых базах системы «Сельхозтехника» являются следующие документы: первичные, представляющие собой полное и достоверное письменное свидетельство о совершенной операции; накопительные, в которых однородные операции отражаются путем постепенного накопления необходимой информации за смену, день, пя-

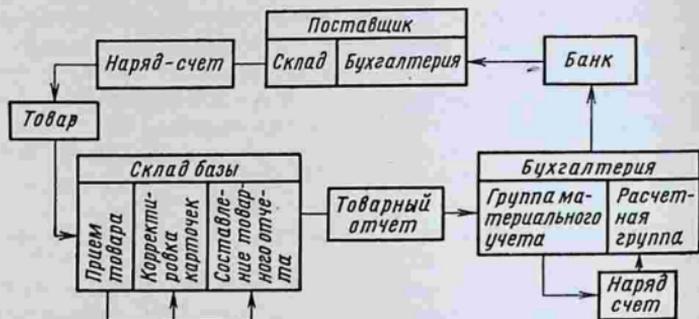


РИС. 48.
Схема операций по оприходованию товаров

тидневу, месяц; плановые документы, содержащие распоряжение или поручение на совершение хозяйственных операций; расчетные документы, включающие счет-платежные требования, аккредитивы, чековые книжки и другие документы, по которым осуществляются различные расчетные банковские операции. Для проверки правильности цен используют прейскурант оптовых цен, разработанный Государственным комитетом цен при Госплане СССР.

Накопление различной информации на торговых базах системы «Сельхозтехника» связано с хозяйственными операциями торговых баз, которые отражены в различных первичных, промежуточных и сводных документах. Полный объем информационных данных каждого из таких документов образует информационную совокупность, которая является одним из составных элементов общей информационной системы. Документирование является основным методом регистрации и оформления всех процессов в сфере производственной и административно-хозяйственной деятельности торговой базы. Поэтому системе документации и ее оформлению должно быть уделено большое внимание, особенно при создании системы обработки экономиче-

ской информации на ЭВМ. Схематично операции по оприходованию товаров на торговую базу показаны на рис. 48.

Осуществив оценку материалов, заведующий складом производит корректировку карточек складского учета по каждой номенклатурной единице, в которых он ведет количественный учет движения материалов, а также регистрирует все приходные документы в реестре приходных документов и каждую декаду сдает их в бухгалтерию.

Из данных табл. 6 видно, что на торговую базу Пирятинского районного объединения «Сельхозтехника» в месяц поступает около 40 входящих документов. Они сигнализируют о поступлении и оприходовании материально-технических средств на склады торговой базы.

Таблица 6
ОБЪЕМ ИНФОРМАЦИИ НА ТОРГОВЫХ БАЗАХ СИСТЕМЫ «СЕЛЬХОЗТЕХНИКА»

Показатели	Торговая база Пирятинского районного объединения «Сельхозтехника»		Кременчугская межрайонная торговая база «Сельхозтехники»		Полтавская областная база «Сельхозтехники»		Республиканская база «Укрсельхозтехники»	
	документы		документы		документы		документы	
	входящие	исходящие	входящие	исходящие	входящие	исходящие	входящие	исходящие
Количество документов за месяц	40	350	95	290	700	2000	1000	2000
Среднее количество строк в документе	10	15	30	25	8	5	6	5
Среднее количество знаков в строке	30	30	28	25	34	35	30	30
Среднее количество знаков в документе	300	450	840	625	264	175	180	150
Среднее количество знаков за месяц	12 000	157 500	79 000	181 250	184 800	350 000	180 000	360 000
Среднее количество знаков за день	570	7500	3780	8550	8760	16 625	8530	14 220
Среднее количество строк за день	19	250	135	342	365	475	284	474
Среднее количество документов за день	1,9	16,5	4,5	13,7	33,2	95	47,4	94,8

В соответствии с расчетом объема информации по торговой базе Пирятинского районного объединения «Сельхозтехника» необходимо передать 169 500 знаков в месяц, или около 8000 в день. При первичной обработке и передаче данных будут появляться ошибки, а это равносильно увеличению передаваемой информации. Если в общей сложности будет допущено до 5% ошибок в день, то необходимо будет передать повторно около 400 знаков в день.

Таким образом, задача передачи данных на расстояние сводится к тому, чтобы переданная информация была получена без ошибок, возможные ошибки было легко обнаружить и

исправить. Ежедневно необходимо обрабатывать, перфори́ровать и передавать информацию примерно из 19 документов по приходу и расходу материалов. С учетом производительности фактурной машины модели ВА-345П, которая обрабатывает и осуществляет перфорацию данных на перфоленту до 115 документострок в час, и в соответствии с количеством знаков в строке, которых насчитывается около 30, машина за один час может обработать и выдать на перфоленту информацию в 3500 символов. Для этого необходимо затратить 2 ч чистого времени работы одной машины.

Дистанционная передача информации из пункта ее получения в центр обработки будет осуществляться телеграфным аппаратом (телетайпом) типа СТА-2М, скорость передачи которого равна 50 бод (бод — единица скорости телеграфирования, равна обратному значению длительности элементарного импульса).

В отечественных телетайпах используют пятизначный код. Каждый знак состоит из комбинаций пяти элементарных импульсов или пяти двоичных цифр. Кроме того, каждый знак следует за «стандартным» импульсом, длительность которого эквивалентна элементарному импульсу (20 мксек), за которым следует импульс «стоп» длительностью в 1,5 длительности элементарного импульса. Таким образом, полное время, необходимое для передачи одного символа, равно 150 мксек: $20 \text{ мксек} + (5 \cdot 20 \text{ мксек}) + 30 \text{ мксек}$. Следовательно, за секунду можно передать 6,66 (1000 : 150) телеграфных знаков, или 400 знаков в минуту.

Для того чтобы передать дневной объем информации по торговой базе в размере 8000 знаков, понадобится примерно 20 мин работы на аппарате. Исходя из этого, оператор фактурной машины помимо обработки документов может осуществлять передачу информации по телетайпу в вычислительный центр.

Областное объединение «Сельхозтехника». Областное объединение «Сельхозтехника» через систему складского хозяйства обеспечивает материально-техническими средствами районные, межрайонные торговые базы, специализированные магазины и ремонтные предприятия. Информационные потоки на этом уровне исследованы на примере Полтавской областной торговой базы, которая непосредственно подчинена областному объединению «Сельхозтехника». Поставка материальных ценностей производится на основании заключенных договоров между предприятиями-поставщиками и предприятиями-потребителями.

Расчет количества символов, которые необходимо передать на ЭВМ за день, месяц, а также количество документострок, которые необходимо обработать, показаны в табл. 6.

По областной торговой базе требуется обработать примерно 33,2 приходных и 95 расходных документов, или 840 документострок в день. Фактурная машина при составлении счетов-фак-

тур может обрабатывать до 115 строк в час. Следовательно, для обработки 840 документострок потребуется 7,3 ч чистого времени работы оператора. При постоянном потоке документов указанное количество информации может быть обработано за 8-часовой рабочий день одной фактурной машиной. При этом принимается коэффициент использования рабочего времени 0,9. Из-за неравномерной загрузки машин, а также частых ее поломок областной торговой базе «Сельхозтехники» необходимы две фактурные машины. Для осуществления дистанционной передачи информации в объеме 25 400 знаков в день понадобится один час работы телетайпа.

Передачу информации по телетайпу могут посменно осуществлять операторы фактурных машин.

Республиканская торговая база. Из табл. 5 видно, что за день по республиканской торговой базе необходимо обработать около 142 документов. Одновременно с этим ежедневно должно быть отперфорировано фактурной машиной с ленточными перфорирующими устройствами 22 750 знаков. Такой объем документов должен быть обработан двумя фактурными машинами, а для дистанционной передачи данных потребуется один телеграфный аппарат. Кроме того, на каждой торговой базе необходимо иметь одну машину в резерве для различных аварийных случаев. В соответствии с этим для своевременной перфорации данных и передачи их в центр обработки необходимо иметь две фактурные машины на районной и межрайонной торговых базах и три фактурные машины на областной и республиканской торговых базах.

Изучение и измерение информационных потоков является основой для качественной оценки и разработки организационной структуры системы обработки данных.

Опыт электронной обработки данных. В разработке и внедрении систем обработки данных в сельскохозяйственном производстве приобретает первый опыт. Одно из первых практических применений ЭВМ в обработке информации, используемой в управлении материально-техническим снабжением сельского хозяйства, было осуществлено на республиканской базе «Укрсельхозтехники».

При переходе на автоматизированную обработку информации нельзя сразу отказываться от прежних способов ее обработки. Некоторое время следует производить параллельную обработку информации новым и прежним способами. Это необходимо для того, чтобы не нарушить нормальный цикл документопотока, а следовательно, и нормальную работу.

Опыт практического внедрения СОД в управление снабжением показывает, что этот процесс очень сложный.

Первые трудности возникают при освоении новых способов и требований формирования информации кладовщиками, операторами фактурных машин, телетайпистами, работниками

учета. Допускавшиеся ранее ими неточности либо никем не обнаруживались, либо поддавались простому исправлению в тех документах, которые находились рядом. При автоматизированной обработке информации все поступившие в систему сообщения с помощью специальных программ в электронно-вычислительной машине подвергаются тщательной проверке на достоверность полученной информации. Так, ЭВМ, распознавая вид поступившего сообщения, может обнаружить 19 разновидностей ошибок, допускаемых при оформлении показателей.

К таким ошибкам относятся, например, возможные ошибки при записи шифра товара, его цены или количества, суммы и т. п. Целый ряд ошибок возможен при перфорировании необходимых показателей на перфоленту. Сообщение, в котором содержится ошибка, не должно приниматься к машинной обработке, и ЭВМ исключает его из поступившего массива сообщений. Ошибку, содержащуюся в сообщении, нужно исправить, что вызывает необходимость снова обращаться к периферийному объекту, это порождает дополнительную информацию. При первом освоении системы таких ошибок возникает очень много, что создает большие трудности и задержки в обработке информации.

Освоение СЭОД в практике обработки информации начинается с внедрения в производство форм документов, приспособленных к механизированной обработке и содержащих ряд дополнительных реквизитов, связанных с особенностями обработки данных в ЭВМ. Используемые в системе снабжения основные документы (по приему товаров — приемный акт, а по отпуску товаров — наряд-счет) от обычно используемых документов отличаются тем, что имеют адресную часть, содержащую признак начала документа: шифры базы, склада, вида движения товара — приход, расход, внутрисистемное перемещение и т. п., номера и даты документа, шифр покупателя или поставщика. В этой строке проставляется сумма всех чисел, выражающих адресную часть документа, которая является контрольным элементом при последующей передаче или переносе этой информации на другие носители. Так, если при передаче или переносе данных на перфоленту, например, вместо 3 будет значиться 8, то при сложении всех чисел адресной части документа в ЭВМ обнаружится несоответствие суммы, полученной в ЭВМ, с тем числом, которое отражает сумму заголовка. Признак этой ошибки будет выдан печатающим устройством машины, а документ с содержащейся в нем информацией будет исключен из обрабатываемого массива. После исправления ошибки документ снова перфорируется и вводится в машину для обработки. Исправление ошибок или редактирование сообщений — процесс сложный, так как часто для установления ошибки и ее исправления приходится обращаться к службам учета базы, возвращая документ.

Результативная информация по учету движения товаров на складах базы выдавалась ЭВМ «Урал-14» ежемесячно в форме бухгалтерского документа, так называемой оборотной ведомости, а по контролю за выполнением обязательств поставщиками в форме, соответствующей ведомости, каждый квартал. Табуляграмма контроля за ходом поставок товаров дает возможность работникам торговых баз осуществлять оперативный контроль за тем, как поставщики выполняют свои договорные обязательства. Это позволяет повысить своевременность обеспечения потребителей необходимыми товарами, а также выполнение планов по товарообороту. Так, в одном квартале было установлено, что при плане поставок республиканской базе роликовых конических однорядных подшипников 31 200 шт. было поставлено всего 3588 шт., или недопоставлено 27 612 подшипников на сумму 36 723 руб. Такая информация выдается ЭВМ по всем поставщикам и по всем видам поставок. Это дает возможность руководству базы своевременно принимать необходимые меры. Такие информационные ведомости выдаются ЭВМ отдельно по недопоставленным товарам, отдельно по товарам, поставки которых превышают плановые задания, а также по тем товарам, поставки которых не предусматривались планом.

Использование ЭВМ для обработки информации, отражающей движение товаров, позволяет получать оборотную ведомость, которая содержит такие показатели: наименование базы, по которой ведется обработка данных, номер склада, шифр товара, наименование товара, единицу измерения, цену товара, количество поступившего товара и на какую сумму (оборот по приходу), количество выданных товаров и на какую сумму (оборот по расходу), показатели остатка на начало и конец периода обработки данных по каждой номенклатуре товара в натуральном и стоимостном выражении, суммарного оборота товаров по приходу, расходу, а также показатели остатков товаров по каждой группе и по складу. При этом в табуляграмме отражаются показатели об остатках товаров на начало и конец периода обработки по каждой группе товара и по каждому складу. Обработка информации и выдача оборотной ведомости по одному складу, в котором хранится 10 тыс. наименований товаров, на ЭВМ «Урал-14» осуществляется примерно за 2 ч работы машины. Выдаваемая форма оборотной ведомости очень удобна в практическом использовании, так как содержит не только шифры, но и полные наименования товара с расположением всех показателей, удобным для сверки оборотной ведомости с карточками складского учета.

Высокая оперативность обработки информации при обеспечении всестороннего контроля за качеством вводимых и получаемых показателей подтвердила эффективность применения ЭВМ в автоматизации учета — аналитических операций, выполняемых при управлении снабжением.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

66. Значение АСУ в совершенствовании управления производством. XXIV съезд КПСС наметил на девятую пятилетку большие задачи в области совершенствования управления. Совершенствование системы методов управления и планирования, говорится в Директивах XXIV съезда КПСС, должно быть направлено прежде всего на обеспечение всесторонней интенсификации общественного производства и повышения его эффективности. В этих целях необходимо обеспечить широкое применение экономико-математических методов, использование электронно-вычислительной и организационной техники и средств связи. Намечено также в качестве организационной базы развернуть работы по созданию и внедрению автоматизированных систем планирования и управления отраслями — АСУ. Имеется в виду в дальнейшем создать общегосударственную систему сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС) на базе единой автоматизированной сети связи страны (ЕАСС) и государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ).

В Директивах XXIV съезда КПСС также указано, что должно быть достигнуто в течение текущего пятилетия всемерное развитие и дальнейшая проработка проблем теоретической и прикладной математики и кибернетики как основы для применения в народном хозяйстве математических методов и электронно-вычислительной техники, автоматизации процессов производства и совершенствования управления.

В основе разработки автоматизированных систем управления должно быть проведение с самого начала принципов организационного, методологического, информационного и технического единства.

Эти принципы означают, что при разработке АСУ по отдельным отраслям народного хозяйства, отдельным уровням и объектам управления необходимо учитывать возможность их дальнейшего объединения в единую ОГАС.

При разработке АСУ в сельском хозяйстве учитываются особенности сельского хозяйства как специфической сферы производства, которые налагают особые черты на функции и структуру органов управления сельским хозяйством.

В сельском хозяйстве страны сложилась схема управления, которая в вертикальном разрезе состоит из уровней управления: отрасль в целом, республика, регионы (область, край, автономная республика, район), объединения, хозяйства, а в горизонтальном разрезе представлена рядом министерств и ведомств, осуществляющих реализацию соответствующих функций управления сельским хозяйством.

В период осуществления экономической реформы резко повышаются требования к управлению. Управление экономикой на всех уровнях должно не только обеспечить достижение намеченного уровня, но и свести к минимуму затраты, добиться улучшения количественных и качественных характеристик производства.

Схематичное представление об автоматизированной системе управления можно получить из следующего примера. Управление реализуется рядом управленческих воздействий, осуществляемых человеком. Для этого руководитель должен хорошо знать объект управления, быть подготовленным к управлению им. Ему необходимо четко представлять цель, которую в итоге должна достичь управляемая система. Это — важнейшие предпосылки для того, чтобы человек мог принимать управленческие решения. Выполнение порученных ему обязанностей по управлению производством он может реализовать только в том случае, если будет постоянно, в нужном количестве и в необходимые сроки получать достоверную информацию о течении производственного процесса, причем информацию, подработанную и представленную в виде, удобном для восприятия. Кроме того, человек должен иметь возможность своевременно передавать информацию управляющих воздействий управляемому объекту. Таким образом, возникает определенный взаимосвязанный комплекс, состоящий из трех элементов: человек с присущим ему опытом и знаниями, информация и техника ее переработки и передачи (по прямой и обратной связи).

При создании системы «человек — информационно-вычислительный комплекс» прежде всего совершенно четко устанавливаются для конкретного управляющего лица его функции и определяется информация, которая должна быть ему представлена для реализации этих функций (сформирован выходной документ, поступающий к управляющему лицу). Управляющее лицо может освоить за известный промежуток времени для выработки информации управляющих воздействий без снижения производительности труда строго определенное количество информации. Разрабатываются методы и техника съема (получения) информации, ее передачи по соответствующим каналам связи, переработки и сжатия до такого количества и представления в таком виде, которые позволили бы без затруднений ее переработать и принять необходимые решения по ведению производства в удовлетворяющие производство сроки. На современном

этапе, учитывая всевозрастающие объемы информации, при ее переработке применяются специальные экономико-математические модели и быстродействующие электронно-вычислительные машины. Моделирование процесса управления и переработка по этой модели информации с помощью ЭВМ позволяют из многих допустимых вариантов управленческих решений отобрать наиболее приемлемые и эффективные, из числа которых нетрудно окончательно избрать тот, по которому будет развиваться производство. Затем принятое решение передается на нижестоящий уровень в качестве информации управляющих воздействий. Так схематично представлен весь этот процесс.

Объединение подобных процессов на всех уровнях управления сельским хозяйством будет происходить в автоматизированных системах управления.

Участие человека в АСУ заключается в том, что он предстает в качестве органа, воспринимающего входную информацию, и принимает управляющее воздействие. При совместной работе человека с машиной используются преимущества каждого из них. Человек по своим психическим качествам — звено интегральное и универсальное; машина же превосходит его в операционной и исполнительской части по точности и скорости выполнения операций и стабильности работы в течение длительного промежутка времени. Степень участия человека зависит от степени формализации и разработанности задач, для выполнения которых предназначена система. Кроме того, человек принимает участие при функционировании всей системы в качестве технолога по переработке информации (разработка методов, последовательности и правил), а также оператора по обслуживанию техники. На отдельных этапах технология переработки информации может предусматривать участие человека, выполняющего функции советчика (т. е. подготовку определенных материалов для окончательной оценки управляющим лицом).

Вся совокупность знаний, используемых в качестве теоретической основы для разработки и создания АСУ, имеет в своей основе социально-экономические и философские, экономические, технологические, кибернетические, математические, технические и другие науки.

Проблема разработки и внедрения автоматизированных систем управления в сельском хозяйстве требует методологического единства на основе теории оптимального функционирования социалистической экономики, некоторые положения которой должны быть конкретизированы применительно к сельскому хозяйству.

Выработка на этой основе методологической концепции создания АСУ в сельском хозяйстве обеспечит правильный подход к решению многих практических вопросов, связанных с совершенствованием управления и организацией научных разработок в этой области.

Под оптимальным функционированием отрасли сельского хозяйства понимается целенаправленное взаимодействие социальных, экономических, производственно-технологических, биологических процессов, протекающих в оптимальном режиме, определяемом с помощью АСУ.

При социализме оптимальным вариантом функционирования отрасли следует считать тот вариант, который обеспечивает наилучшую реализацию объективной цели развития социалистического общества.

В основу разработки вопросов оптимального функционирования отрасли сельского хозяйства могут быть положены следующие принципы.

1. Научной основой оптимального планирования и управления на общегосударственном уровне и уровне предприятий является правильное и сознательное использование объективных экономических законов для достижения максимального удовлетворения материальных и духовных потребностей членов социалистического общества.

2. Сельское хозяйство как отрасль народного хозяйства должна развиваться в темпах и пропорциях, соответствующих объективным тенденциям экономического развития. Оптимальный план развития социалистического сельского хозяйства должен быть увязан с планом всего народного хозяйства и определяться единым народнохозяйственным критерием.

3. Оптимальный план развития социалистического сельского хозяйства должен исходить из наличных материальных, энергетических, трудовых и природных ресурсов, а также уровня научно-технических знаний, т. е. из уровня производительных сил общества, соответствующих каждому моменту процесса воспроизводства. Задача состоит в том, чтобы с максимальной эффективностью использовать эти ограниченные ресурсы.

4. Сельскохозяйственное производство, как и все народное хозяйство, является сложной системой, характеризующейся соподчиненностью процессов планирования и управления. Поэтому управление и планирование в сельском хозяйстве должны строиться на основе органического сочетания централизованного руководства с оперативно-хозяйственной самостоятельностью и инициативой колхозов, совхозов, объединений в решении оперативных вопросов производства и сбыта продукции.

5. Критерии оптимизации планов развития производства на каждом уровне иерархии должны быть согласованы с целями общего развития сельскохозяйственного производства как отрасли народного хозяйства.

6. Центральным звеном системы оптимального планирования является комплекс экономико-математических моделей, увязанных между собой информационными потоками в разработке планов как по иерархическим ступеням, так и по временным характеристикам на каждом иерархическом уровне.

7. Оптимальное функционирование отрасли должно базироваться на согласованной системе экономических регуляторов (цены, хозрасчет, плата за фонды и ограниченные ресурсы, стимулирование производства). Экономические решения на всех уровнях управления сельским хозяйством должны основываться на сопоставлении дополнительных затрат на увеличение данного ресурса с дополнительным эффектом, полученным в результате его использования. Экономический эффект является хозрасчетным ориентиром для принятия решений, соответствующих народнохозяйственным интересам.

Все это позволяет утверждать, что радикальное решение проблемы совершенствования системы управления сельским хозяйством возможно только на основе создания автоматизированной системы управления.

Такая система должна позволять решать задачи прогнозирования, планирования, учета, анализа и обеспечивать выработку управляющих воздействий для осуществления оптимального функционирования отрасли с помощью управления на базе новейших технических кибернетических средств.

Принципы построения и функционирования автоматизированных систем управления ведомствами, обслуживающих сельское хозяйство, в основном одинаковы. Рассмотрим их на примере автоматизированной системы управления сельским хозяйством, создаваемой для Министерства сельского хозяйства СССР, его организаций и предприятий (ОАСУ-сельхоз).

ОАСУ-сельхоз. Основные задачи ОАСУ-сельхоз:

обеспечение оптимального функционирования отрасли в целях наилучшего использования трудовых, энергетических, земельных и материальных ресурсов для дальнейшего подъема сельскохозяйственного производства;

накопление комплексной информации о производстве в отрасли и анализ ее в целях выявления тенденций развития;

упорядочение движения документированной и недокументированной информации, повышение ее достоверности;

разработка проектов оптимальных планов развития производства отрасли по всем уровням управления, временным интервалам и с учетом развития смежных отраслей;

осуществление необходимой корректировки в процессе выполнения планов развития производства и заготовок сельскохозяйственных продуктов;

выработка оптимальных решений по управлению производством в складывающихся ситуациях;

обеспечение учетных и контрольных функций за деятельностью всех элементов системы;

обеспечение устойчивой обратной связи по уровням управления;

организация взаимодействия с информационно-вычислительными системами вышестоящих органов;

тщательная координация действий всех организаций и ведомств, участвующих в процессе производства, обслуживания и реализации продукции сельского хозяйства (по вертикальным и горизонтальным связям);

обеспечение административно-управленческого аппарата сельского хозяйства всеми сведениями (в форме рабочей документации в соответствии с установленным порядком и графиком), которые необходимы его персоналу при осуществлении планирования, контроля и оперативного регулирования.

Вся система ОАСУ-сельхоз рассматривается как сложная кибернетическая система, состоящая из отдельных подсистем. Эти подсистемы выделены по следующим признакам: организационному (в соответствии с уровнями управления), по элементам системы управления, функциональному (в соответствии с функциями системы управления) и обеспечивающему (реализующему технологическую схему переработки информации).

По организационному признаку вся система может рассматриваться по уровням управления, что оказывает прямое влияние на построение ОАСУ-сельхоз.

Так, ведомственная система Министерства сельского хозяйства СССР объединяет системы управлений различных уровней: АСУ-Минсельхоз СССР, АСУ-министерств сельского хозяйства республик, АСУ-министерств совхозов республик, АСУ-область (край, автономная республика), АСУ-объединение, АСУ-предприятие, ДСУ (диспетчерские системы управления) сельскохозяйственными предприятиями.

Отдельные организационно выделенные подсистемы ОАСУ-сельхоз в процессе функционирования взаимодействуют на различных уровнях в зависимости от общности решаемых задач планирования, учета, отчетности и оперативного управления.

В общем комплексе система ОАСУ-сельхоз должна строиться с учетом таких условий.

1. Все производственные и административные ячейки каждого уровня управления должны иметь внутреннюю систему сбора и обработки информации для осуществления присущих данной ячейке функций управления. Эти внутренние системы управления в зависимости от объемов циркулирующей в них информации должны быть оснащены соответствующими средствами информационного, математического и технического обеспечения. Кроме того, эти системы должны подавать нужные объемы информации по горизонтали и вертикали.

2. Производственные и административные ячейки Министерства сельского хозяйства СССР должны быть объединены в единую ведомственную информационно-вычислительную систему, обеспечивающую учет, отчетность, оптимальное планирование и управление производством своего ведомства. Для этого в каждой такой системе должны быть выделены функциональные подсистемы, обеспечивающие выполнение задач ведомства.

Организационное единство в техническом аспекте начинается с Главного вычислительного центра отрасли (ГВЦ ОАСУ). Он связан информационными каналами с вычислительными центрами Госплана СССР, ЦСУ СССР и других директивных органов. ГВЦ должен быть связан также с автоматизированными информационно-диспетчерскими пунктами (АИДП) ведомств, осуществляющих управление сельским хозяйством.

По элементам системы управления можно выделить три подсистемы, а именно: коллективы людей, информация, технические средства ее переработки.

К основным подсистемам ОАСУ-сельхоз, выделенным по функциональному признаку, относятся подсистемы, обеспечивающие выполнение важнейших функций управления. К их числу относятся прогнозирование и планирование, учет и отчетность, экономический анализ, оперативное управление и др. Каждая из функциональных подсистем налагает требования на другие подсистемы.

При этом задачами функционирования этих подсистем являются:

- совершенствование методов планирования производства отрасли на основе разработки оптимальных планов;

- совершенствование учета производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятий, ведомств и отрасли в целом;

- расширение, углубление и своевременный анализ экономических показателей работы отрасли;

- улучшение системы оперативного управления деятельностью предприятий отрасли;

- совершенствование организации управленческого труда.

В соответствии с приведенной классификацией подсистем рассмотрим требования к основным из них.

1. *Подсистема прогнозирования и оптимального планирования.* Эта подсистема является одной из основных функциональных подсистем ОАСУ-сельхоз. Она позволяет ответить на вопросы: что, где, когда и как производить. В процессе функционирования подсистемы решаются задачи выбора структуры (выбор объема и структуры производства продукции), технологии (выбор способов производства), территориального распределения (выбор размещения производства), развития во времени (выбор наилучших закономерностей развития во времени).

К данной подсистеме относятся только долгосрочные прогнозы. Прогнозирование выполнения намеченных планов относится к подсистеме оперативного управления.

Подсистема прогнозирования и оптимального планирования обеспечивает разработку всего комплекса долгосрочных прогнозов развития сельского хозяйства страны и крупных регионов; перспективных и текущих планов развития сельского хозяйства в целом, его отдельных отраслей; планов развития сельскохо-

зяйственного производства в республиках, областях и районах; наконец, всей системы плановых расчетов на сельскохозяйственных предприятиях.

Содержание и структуру подсистемы прогнозирования и оптимального планирования следует рассматривать в двух аспектах: организационном и поэлементном.

В организационном отношении подсистема является обязательной составной частью ОАСУ на каждом уровне управления сельским хозяйством (союзном, республиканском, областном, районном, хозяйственном). Подсистема представляет единое целое, объединяя все расчеты в единую систему, т. е. подсистемы на всех уровнях органически взаимоувязаны. В основе взаимоувязки лежит итеративный процесс прогнозирования и планирования, предполагающий вертикальную информационную связь как сверху вниз, так и снизу вверх и включающий элементы моделирования горизонтальных связей.

В поэлементном строении подсистемы прогнозирования и оптимального планирования можно выделить следующие составные части.

1. Плановые показатели. При разработке прогнозов и планов по сельскому хозяйству на всех уровнях управления намечаются мероприятия, обеспечивающие рациональное использование сельскохозяйственных угодий, т. е. выполнение определенных работ по освоению новых земель, орошению, осушению, закладке многолетних насаждений, а также определяется наиболее эффективная система севооборотов, обработки почвы, внесения удобрений и т. д. Намечаются способы содержания животных, уровень продуктивности, темпы воспроизводства стада, улучшение породного состава. Планируется рациональное использование рабочей силы на базе внедрения новой современной техники и передовой технологии производства с учетом достижений научно-технического прогресса.

Результаты осуществления этих мероприятий находят отражение в конкретных экономических показателях. Таким образом, разработка того или иного прогноза и плана всегда предполагает количественное определение тех или иных заданных экономических показателей или тенденций их изменения. Поэтому для построения подсистемы прогнозирования и оптимального планирования необходимо определить круг плановых показателей, на которые даст выход подсистема.

2. Экономико-математические модели. Разработка экономико-математических моделей, с помощью которых производится наиболее существенная переработка информации, является важнейшим элементом подсистемы. Экономико-математические модели дают возможность более четко представить закономерности развития процессов, происходящих в управляемой системе; выявить ее взаимосвязи с другими системами; улучшить характеристики задаваемых входов и желаемых выходов;

избрать наилучший, оптимальный при заданных условиях вариант развития системы.

Выделяются экономико-математические модели для прогнозирования развития отрасли и отдельных параметров и оптимального планирования развития системы «сельское хозяйство» и всех соподчиненных систем.

Эти группы представлены системой экономико-математических моделей, составляющей совместно с группой оперативного управления производством на всех уровнях единую систему. Определение экономических условий функционирования такой системы осуществляется на основе положений, вытекающих из особенностей расширенного воспроизводства социалистического сельского хозяйства и специфики управления этой отраслью как кибернетической системой.

3. Методические приемы экономико-математического анализа результатов решения задач. Необходимость этого элемента подсистемы вызвана тем, что полученное решение экономико-математической задачи должно быть проанализировано с позиций приемлемости и устойчивости.

Анализ приемлемости полученного решения для практического использования необходим в силу того, что в экономико-математической модели находят отражение лишь наиболее существенные условия, обуславливающие моделируемый процесс. Анализ позволяет корректировать оценку роли тех или иных ограничений в данном процессе, тем самым совершенствовать модель и добиваться получения наиболее приемлемых результатов. Кроме того, такой анализ дает возможность уточнять зависимость между затратами и выпуском продукции и значения коэффициентов и ограничений по использованию ресурсов, так как они рассчитывались приближенно.

Анализ устойчивости осуществляется для исследования поведения всей системы при возможных колебаниях значений правых частей неравенств и технико-экономических коэффициентов. Он проводится как путем многовариантного решения задачи, так и с помощью экономико-математических оценок оптимального плана, которые позволяют не только проверить устойчивость плана, но и найти пути повышения эффективности функционирования моделируемой системы.

4. Плановые документы. Наличие этого элемента подсистемы обуславливается необходимостью оформления и представления результатов решения в виде конкретных таблиц, специализированных для каждого вида прогноза или плана в соответствии с целями и теми показателями, которые определяются решением данной экономико-математической задачи.

Все перечисленные четыре элемента подсистемы прогнозирования и оптимального планирования являются неотъемлемой частью всех уровней управления.

По своему содержанию подсистема прогнозирования и оптимального планирования представляет собой *совокупность профилированных автоматизированных подсистем плановых расчетов АСПР*, которые позволяют осуществить весь комплекс вычислительных работ, связанных с прогнозированием и планированием в сельском хозяйстве.

Профилированной АСПР считается такая автоматизированная подсистема плановых расчетов, которая включает постановку и разработку модели экономико-математической задачи; определение перечня необходимой исходной информации и разработку входных документов; алгоритм расчета технико-экономических коэффициентов матрицы задачи; порядок формирования матрицы экономико-математической задачи; схемы матриц; комплекс программ для обработки информации, формирования матрицы и решения задачи, анализа результатов решения, заполнения разработанных форм представления результативной информации; весь необходимый инструктивный материал. Вся совокупность этих документов, одинаковая по перечню и разная по содержанию, присуща каждой отдельной задаче, т. е. точно очерченному кругу плановых расчетов, и в этом смысле является профилированной. При этом каждая профилированная АСПР включает элементы других подсистем.

Подсистема прогнозирования и оптимального планирования взаимодействует со всеми подсистемами ОАСУ, а также с другими автоматизированными системами управления народным хозяйством, и прежде всего с АСУ-«Сельхозтехника», АСУ-Минводхоз и др.

Достоверность, своевременность и полнота исходной информации об объекте прогнозирования или планирования — необходимое условие разработки научно обоснованных прогнозов и планов. Это условие выполняется подсистемами учета и отчетности и информационного обеспечения. Связь между этими подсистемами проявляется также и в том, что они должны обеспечить идентичность и преемственность отчетных и плановых показателей. Правильно и хорошо налаженное функционирование подсистемы учета и отчетности обеспечивает своевременную корректировку прогнозов планов и дает возможность судить о степени выполнения планов. Таким образом, подсистема учета и отчетности способствует нормальному функционированию подсистемы прогнозирования и оптимального планирования.

Всесторонний анализ объекта или процесса необходим для разработки экономико-математической модели.

Экономический анализ вскрывает характер взаимосвязей различных факторов, определяющих действие того или иного процесса (объекта), дает количественное выражение этих взаимосвязей, что очень важно при прогнозировании и планировании отдельных параметров экономико-математических задач. Методы экономического анализа позволяют вскрывать причины, обуслов-

ливающие невыполнение по определенным разделам плана, и тем самым своевременно устранять их.

Необходимым условием функционирования автоматизированной подсистемы прогнозирования и оптимального планирования является наличие разработанных математических методов и машинных программ, а также наличие ЭВМ, обеспечивающих проведение прогнозных и плановых расчетов. В этом проявляется неразрывная связь данной подсистемы с подсистемами математического и технического обеспечения ОАСУ.

Связь подсистемы прогнозирования и оптимального планирования с подсистемой оперативного управления проявляется в том, что решение системы экономико-математических задач обеспечивает административно-управленческий аппарат на всех иерархических уровнях оперативной информацией, позволяющей разрабатывать конкретные мероприятия, связанные с управлением.

Все перечисленные взаимосвязи подсистем носят прямой и обратный характер, т. е. каждая из них не только зависит от другой, но и оказывает влияние на ее развитие.

В некоторых случаях, что не противоречит принципам экономической кибернетики, подсистема прогнозирования и оптимального планирования может распадаться на самостоятельные подсистемы. Это связано с характером деятельности объекта управления, а также с преобладанием тех или иных задач. В качестве примера приведем один из наиболее часто встречающихся случаев подобного разбиения.

Выделяется подсистема прогнозирования развития сельского хозяйства. Важнейшие задачи, решаемые данной подсистемой, — прогнозирование земельных, трудовых и других материальных ресурсов сельского хозяйства; прогнозирование натуральных (урожайность, продуктивность) и стоимостных (платежи, цены и др.) показателей; наконец, прогнозирование развития, размещения и специализации сельскохозяйственного производства на отдаленную перспективу.

Подсистема планирования внутриотраслевых показателей сельского хозяйства объединяет многие задачи текущего и среднесрочного планирования. В их числе планирование натуральных (урожайность, продуктивность) и стоимостных (себестоимость и др.) показателей; планирование размещения объемов производства и закупок сельскохозяйственной продукции; планирование проектных работ и капитального строительства и др.

В ряде случаев выделяют подсистему расчета потребностей сельского хозяйства в продукции смежных отраслей, в том числе расчет потребностей в технике и запасных частях; расчет потребности в химической продукции сельскохозяйственного назначения; расчет потребности в строительных материалах, и т. п. задачи.

II. *Подсистема учета и отчетности.* Подсистема характеризуется системой бухгалтерских счетов (производство, материальные и денежные средства и т. п.), документации финансовой деятельности; расчетами с поставщиками и потребителями; анализом итогов работы производства.

Подсистема учета и отчетности должна коренным образом улучшить учет и отчетность в хозяйствах, освободив административно-управленческий персонал от большого объема расчетов.

К подсистеме предъявляются следующие требования: должна быть применена (новая) форма счетоводства, основанная на использовании ЭВМ; информация должна регистрироваться однократно; должна действовать разработанная взаимоувязанная система номенклатур и шифров; схемы документооборота следует полностью унифицировать.

При сложившейся организации сбора и передачи учетной информации руководители испытывают информационную перегрузку, которая в некоторых случаях в несколько раз превышает возможности восприятия ее человеком. Это отвлекает руководителей от выполнения функций, непосредственно связанных с организацией производства.

Подсистема учета и отчетности может взять на себя часть функций, выполняемых в настоящее время руководителями и специалистами обеспечивающих служб, освободив их от функций, не свойственных высококвалифицированным специалистам.

Съем первичной информации будет происходить с использованием технических средств, что позволит фиксировать информацию в момент ее зарождения, т. е. в период совершения производственного процесса. Учетные данные для последующей обработки и представления их всем иерархическим уровням управления должны поступать непосредственно от первоисточника. Занесение отчетных данных на технические носители — перфокарты, перфоленты, магнитные ленты, диски — обеспечит возможность хранения и накопления информации, не допускающая ее искажения. При этом автоматизируется поиск нужного массива информации. Подсистема учета должна обеспечивать все подразделения органа управления, технические и технологические службы. Первичная учетная информация используется для оперативного управления, бухгалтерского учета, статистического учета, планирования и анализа производства. Вся информация должна сортироваться по видам и способам ее использования. Централизация переработки первичных документов в машиносчетных бюро и вычислительных центрах даст возможность при небольшом объеме исходных показателей производить расчет разветвленной системы производных показателей.

III. *Подсистема экономического анализа.* Эта подсистема связана с получением аналитической информации, которая позволила бы осуществлять детальный экономический анализ ре-

зультатов сельскохозяйственного производства. В настоящее время аналитическая информация не получила должного распространения. Поэтому основной целью создания ОАСУ-сельхоз является разработка и внедрение этой подсистемы в сельскохозяйственное производство.

Ценность результатов анализа имеет два измерителя: качество анализа, определяемое степенью соответствия результатов анализа действительному состоянию анализируемого объекта, и сроки — затраченное время на проведение анализа.

Повышение ценности результатов анализа может быть обеспечено разработкой системы экономического анализа, базирующейся на экономико-математических методах с использованием вычислительной техники. В этом случае достигается практическое преодоление противоречий между измерителями ценности результатов анализа.

Получение практически полезных результатов в процессе анализа возможно с помощью системы моделей анализируемых процессов, объектов. В этом случае процесс анализа будет целенаправленным и не будет представлять собой случайную сумму случайных видов анализа отдельных сторон анализируемого явления. Методологической основой построения системы экономико-математических методов анализа является процесс воспроизводства в сельском хозяйстве, многогранность, сложность которого предопределяет и сложность системы экономико-математических моделей анализа.

Анализ проводится как во времени (оперативный, текущий за ряд лет), так и на различном уровне управления (хозяйство, район, страна). При анализе по временному интервалу применяются следующие виды анализа.

Оперативный анализ проводится за короткий промежуток времени. Для хозяйства анализ проводится ежедневно, за пятидневные и десятидневные периоды с нарастанием итогов в течение рабочего периода — месяца.

Для отраслевого уровня управления наименьшей единицей времени для проведения оперативного анализа является декада.

Основное назначение оперативного анализа состоит в обеспечении информацией руководителей и исполнителей для повсеместного управления производством, для оценки эффективности оперативного управления.

Текущий анализ позволяет контролировать ход производства за месяц и квартал.

На основании данных текущего анализа можно производить оценку управления производством и принимать решения на длительные отрезки времени (месяц, квартал, рабочий период).

Годовой анализ оценивает результаты работы за год, выявляет стабильные причины, положительно или отрицательно влиявшие на результаты производства.

Данный вид анализа занимает ведущее место в системе анализа, осуществляемого органами управления на областном, республиканском и общепромышленном уровнях.

Анализ тенденций (анализ за ряд лет) позволяет оценить уровень управления. На основе результатов данного вида анализа появляется база для оценки действующей экономической системы производства и принятия кардинальных мер по ее совершенствованию.

При интерпретации результатов определенного вида анализа учитывают полученные результаты по другим видам анализа, так как все они составляют единую систему анализа.

Одним из основных требований, предъявляемых к экономическому анализу, является его оперативность, так как ценность результатов анализа зависит от сроков его проведения.

Очень важно, чтобы анализ на любом уровне управления был составной частью системы управления. В этом случае будет обеспечиваться второе требование — систематичность.

Процесс производства постоянно находится в движении, в развитии. Соответственно и анализ должен отражать эти процессы, т. е. должен быть динамичным.

Так, при подборе информации, построении модели анализа, проведении самого процесса анализа и интерпретации его результатов необходима объективность данных анализа.

Эффективность результатов анализа зависит от учета многообразия факторов, определивших поведение анализируемого явления, события. Следовательно, необходима определенная полнота охвата анализируемого события.

Полнота охвата события в свою очередь зависит от знания существа анализируемого явления, что достигается только на базе его изучения. Сельскохозяйственное производство как объект анализа является сложной динамической системой, деятельность которой обусловлена действием сложного, взаимосвязанного комплекса законов естественных и общественных наук. Практическая значимость результатов экономического анализа, основанного на кибернетических принципах, определяется полнотой познания и учета действия в анализируемом объекте законов естественных и общественных наук.

Все это вызывает необходимость познания закономерностей развития анализируемого объекта, и это требование к анализу можно охарактеризовать как полноту познания объекта.

Анализируемый объект представляет собой целостный организм, и в силу этого все процессы, протекающие в нем, взаимосвязаны. Отсюда следует необходимость всестороннего анализа. Это обеспечивает комплексность проводимого анализа.

Совокупность вышеуказанных требований обеспечивает научность проводимого анализа, на базе которого возможно получение качественных результатов для формирования объективных выводов и предложений.

Подсистема экономического анализа должна обеспечивать органы управления аналитической информацией двух видов:

а) «диагностической» информацией, которая характеризует производственную ситуацию и определяет причины отклонения фактического развития от предусмотренного планом. Разработка такого рода данных при ручных методах расчета сопряжена с большой трудностью. Множественность факторов, влияющих на конечные результаты, стохастический характер сельскохозяйственного производства требуют использования сложного математического аппарата. Подсистема анализа будет вырабатывать «диагностическую» информацию на основе следующих исходных данных: многолетних наблюдений за данной производственной системой; статистических и отчетных данных аналогичных производственных систем; специально поставленных опытов научных учреждений;

б) информацией «предвидения», т. е. информацией о будущем состоянии производственной системы, об ожидаемом выполнении плана. При существующих методах анализа руководство сельскохозяйственного производства недостаточно осведомлено об ожидаемых результатах деятельности производства. В целом по сельскому хозяйству отсутствие указанных видов информации приводит к тому, что отрицательные тенденции в развитии производства своевременно не вскрываются. Отставание в той или иной отрасли обнаруживается лишь по истечении планового периода.

Одной из основных задач по созданию подсистемы экономического анализа должна быть разработка имитационных моделей экономических и производственных процессов. Для функционирования подсистемы в нее должна поступать информация о фактическом выполнении плана за определенный период времени и об изменениях ресурсов. На основе поступившей информации рассчитывается система показателей, характеризующая ожидаемое выполнение производственной программы. Для анализа текущих (годовых) планов должны быть разработаны модели текущего прогноза по месяцам, кварталам. Эти модели будут прогнозировать выполнение производственной программы в зависимости от сложившихся погодных условий, сроков выполнения работ, обеспеченности хозяйств техникой, рабочей силой, материалами.

IV. *Подсистема оперативного управления.* Основной задачей подсистемы является обеспечение административно-управленческого аппарата управления, находящегося на различных иерархических уровнях, оперативной информацией, которая позволяла бы принимать решения по доведению плановых заданий конкретным исполнителям и устранять те или иные недостатки, отрицательно влияющие на ход производства.

Главные задачи подсистемы: организация осуществления плановых решений; контроль за ходом производства и выполнением

планов реализации продукции; контроль выполнения решений по управлению производством; оперативное перераспределение ресурсов; оперативное управление отдельными процессами; принятие оперативных решений в сложных ситуациях; организация управленческого труда и др.

Кроме перечисленных основных функциональных подсистем в ОАСУ-сельхоз, присутствие которых обязательно для систем управления каждого из выделенных уровней, объектов, постепенно будут развиваться и другие функциональные подсистемы.

Подсистема учета труда и кадров имеет задачи определения численности, состава и контроля за численностью управленческого персонала; определения потребности в трудовых ресурсах и контроля за их использованием; внедрения научной организации труда и др.

В задачи подсистемы управления химизацией сельскохозяйственного производства входят определение потребности в средствах химизации (прежде всего в минеральных удобрениях); разработка оптимальных планов их использования в растениеводстве и животноводстве; учет химических средств в производстве и контроль за их использованием и другие задачи.

Подсистема научно-технической информации имеет большое значение для совершенствования управления и развития научно-технического прогресса. Она содержит справочно-библиографические фонды документов, фонды научной литературы.

Подсистема планирования научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ обеспечивает планирование и контроль за ходом научно-исследовательских работ, анализ и контроль финансовых отчетов, расчет эффективности научно-исследовательских работ.

Со временем в зависимости от специфики отдельных производственных систем будут выделяться и другие функциональные подсистемы. Но во всех случаях задачи, которые возникают в производстве и будут требовать автоматизации или механизации переработки связанной с ними информации, могут быть отнесены к важнейшим функциональным подсистемам — прогнозирования и планирования, оперативного управления, экономического анализа, учета и отчетности.

Функциональные подсистемы обуславливают реализацию целевых задач системы в соответствии с принятым критерием эффективности развития отрасли и ее иерархических уровней производства, учет хода производства и анализ выполнения командно-распорядительных и плановых предписаний, накопление статистической и нормативно-справочной информации, контроль за надежностью работы отдельных поэлементных подсистем и всего контура обработки информации и т. п. Группируются функциональные подсистемы по признакам близости и однородности выполняемых ими функций управления, имеющих одинаковую направленность. Функциональные подсистемы отвечают на во-

прос: какие задачи по обработке информации они выполняют, для чего они предназначены?

Выделение функциональных и поэлементных подсистем достаточно для того, чтобы осуществить анализ свойств системы управления. Однако для синтеза этих подсистем в единый контур ОАСУ-сельхоз необходимо провести изучение структурных особенностей пространственного и временного воздействия элементов системы, объединяемых в локальные организационные подразделения, взаимодействие которых определяется схемой функционирования всей системы в целом.

Выделение организационных подсистем позволяет получить ответ на вопрос: где и в каком виде реализуются задачи системы управления? Организационные подсистемы выражают наличие в системе локальных объектов (республика, область, район, хозяйство и т. п.), обладающих определенной степенью автономности. Они выделяются согласно иерархической структуре организации отрасли (иерархия подсистем в ОАСУ-сельхоз рассматривалась выше).

Основные принципы, учитываемые при разработке ОАСУ-сельхоз. Теория больших систем, к которым относится ОАСУ-сельхоз, и имеющийся опыт их разработки показывают, что существуют общие принципы создания системы управления для экономических объектов. Наиболее существенными в методологическом отношении являются принципы развития, единства, автономности, адаптации и ряд других.

Принцип развития состоит в том, что невозможно сразу проработать всю систему в целом до мельчайших подробностей. Тщательная проработка возможна только после создания и начала функционирования первой очереди системы, достаточно простой, допускающей ее совершенствование и постепенный переход ко второй, а потом и к третьей очереди. Принцип развития заключается в поэтапном внедрении и постепенном наращивании отдельных подсистем, в преемственности методов управления, экспериментировании новых методов.

Этот принцип требует разработки эластичной, динамически изменяющейся системы, в которой возможны структурные сдвиги, расширение и углубление связей элементов. Принцип развития должен учитываться не только при разработке, но и при внедрении системы.

Принцип развития реализуется при построении и функционировании ОАСУ-сельхоз в территориальном, временном и иерархическом (по уровням управления) аспектах. Он означает, что будет происходить систематическая подстройка новых элементов системы, качественное и количественное ее обновление.

При этом на первоначальном этапе в основу создания кладется сложившийся принцип управления на всех уровнях с установившимися функциональными и информационными связями.

Принцип единства означает, что разработка каждой подсистемы должна осуществляться таким образом, чтобы обеспечить ее гибкую, но надежную связь с другими подсистемами. Этот принцип должен обеспечить синтез (интеграцию) отдельных автономных элементов и подсистем в единую систему ОАСУ-сельхоз.

Необходимо учитывать также, что ОАСУ-сельхоз является одним из звеньев общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС).

Принцип автономности означает возможность разделения системы на основно-автономные подсистемы. Анализ системы управления экономическим объектом, изучение ее свойств, а также синтез ее невозможно осуществить, если не рассматривать ее как систему, состоящую из отдельных подсистем. Подсистема — это выделенная по какому-либо признаку часть системы. Ее в свою очередь можно рассматривать как систему. Выделение подсистемы зависит от принципа, положенного в его основу. При разделении системы на подсистемы необходимо обеспечить:

конструктивность разбиения;

максимальную автономность выделяемых частей с точки зрения сформировавшегося коллектива разработчиков, организации его управления и информационных связей между ними;

практическую реализацию системы, т. е. возможность построения информационных массивов, использования математических методов и технических средств;

установление порядка разработок и этапов внедрения проекта системы с учетом специфики проектирования и внедрения отдельных типов подсистем.

Принцип адаптации по отношению к ОАСУ-сельхоз и ее подсистемам означает возможность изменения ее функциональных, организационных и обеспечивающих подсистем при изменении общеэкономической ситуации или системы экономических регуляторов производства, а также при изменении некоторых общих принципов управления сельскохозяйственным производством. Адаптация функциональных подсистем также означает возможность приспособления к изменяющимся производственным ситуациям. Адаптация должна быть активной, т. е. сама система определенным образом должна влиять на характер происходящих изменений.

Применительно к ОАСУ-сельхоз принцип адаптации означает также и то, что ее внедрение не ведет к механическому переложению работ, которые выполняют экономисты и административные работники, на вычислительную технику. Оснащение ОАСУ быстродействующими вычислительными машинами с большой памятью обеспечивает решение нового класса экономических и управленческих задач, что позволяет сделать качественный скачок в совершенствовании управления экономикой народного хо-

зьяйства. Однако при создании ОАСУ не отбрасывается опыт существующей системы управления, а изучается и используется.

В ОАСУ-сельхоз одним из объектов автоматизации является подготовка и передача документов, которые являются основными носителями информации. Переложение содержания документов, их цифровых и алфавитных знаков на язык символов и использование технических носителей позволяют формализовать и автоматизировать документооборот. Принцип автоматизации документооборота должен обязательно учитываться при создании ОАСУ-сельхоз. При разработке ОАСУ-сельхоз необходимо предусматривать соблюдение принципа однократной фиксации информации. Это означает, что объем первичной информации должен быть минимальным, а фиксация ее производится один раз. Особенность экономических задач такова, что для решения их требуется большой объем первичной информации. В массивах памяти должны сохраниться все показатели, которые в дальнейшем понадобятся для расчета, т. е. первичная и промежуточная информация, обеспечивающая составление экономико-математических задач.

При создании и внедрении ОАСУ-сельхоз необходимо соблюдать принцип совмещения подготовки входных данных с изготовлением первичного документа.

В начале разработки ОАСУ, исходя из целей и задач системы, формируются требования к входным документам. В этом выражается принцип ориентации на выходные документы. Ориентироваться на входные документы нельзя, так как опыт показывает, что в существующем объеме первичной информации имеется большая избыточность. Причем это в большей мере проявляется на высших уровнях управления. Один из результатов накопления опыта в использовании ЭВМ показал, что не все сведения, которые считались мало полезной информацией, оказались действительно такими. Только в процессе обработки сведения превращаются в полезную информацию, способную оказать помощь в выборе того или иного решения. После внедрения системы, при разработке которой учтен принцип фиксации выходных документов, избыточность первичной информации ликвидируется.

Система ОАСУ-сельхоз разрабатывается и функционирует при использовании всех перечисленных выше принципов.

Деятельность ОАСУ-сельхоз возможна благодаря обеспечивающим подсистемам. Обеспечивающие подсистемы выделяются в зависимости от того, какое участие в реализации намеченной технологии переработки информации принимает данная подсистема.

С этих позиций в ОАСУ-сельхоз могут быть выделены три важнейшие обеспечивающие подсистемы: информационная, математическая (программная) и техническая. Возможно выделение также подсистемы кадрового обеспечения, которая выпол-

няет задачи по обеспечению работы всех технических средств ОАСУ.

Подсистема информационного обеспечения является одной из основных обслуживающих подсистем ОАСУ, поскольку функционирование системы неразрывно связано с накоплением, хранением и предварительной обработкой большого объема экономической, научно-технической, справочно-нормативной и других видов информации. Она включает классификаторы, кодификаторы информации; справочно-нормативные фонды; подсистемы накопления учетных данных, статистической информации; всевозможные каталоги и альбомы документов; инструктивную и юридическую документацию и т. п.

Подсистему характеризуют: перечень одноименных показателей, используемых затем другими подсистемами; массивы информации и методы внесения изменений и корректировок в нее; методы контроля хранения, поиска, обновления, регистрации входной и выходной информации, необходимой для решения задач; перечень показателей, выдаваемых по запросу органов управления.

Основными требованиями, предъявляемыми к данной подсистеме, являются: единство документооборота; лаконичность записи и четкость форм; увязка конструкторской и технологической документации (стандарты, единство маршрутов и т. д.); отсутствие дублирования показателей в различных документах; исключение дублирующих потоков информации; использование действующей документации, пригодной для обработки средствами вычислительной техники; унификация части документов и внедрение единых форм первичной информации; использование машинных носителей в качестве первичной документации.

Подсистема информационного обеспечения систематизирует информационный материал, обеспечивает внедрение и анализ норм, разрабатываемых службами науки, обеспечивая при этом единство методической основы разработки потоков информации.

Нормативное хозяйство в ОАСУ-сельхоз должно быть организовано с учетом:

максимальной централизации всех имеющихся справочно-нормативных данных;

фиксирования нормативной информации на носителях, обеспечивающих использование ее непосредственно на вычислительной технике без дополнительных преобразований;

создания эффективной системы поиска нужной части нормативной информации без больших сортировок;

обеспечения своевременного и качественного проведения изменений и дополнений;

максимальной механизации и автоматизации занесения нормативной информации в экономико-математическую модель и плановые документы.

Существующая система формирования нормативов в сельском хозяйстве может быть охарактеризована как разомкнутая, т. е. отсутствует постоянное уточнение и доработка системы нормативов при изменении условий и средств производства. Одна из основных задач совершенствования нормативной информации в сельском хозяйстве — это создание обратной связи от производства к службам науки, разработчикам информации и к органам управления.

Формирование информации в ОАСУ-сельхоз должно производиться по двум направлениям: от научных учреждений и от производственных объектов.

Для подготовки информационной базы и выявления существующих потоков информации между подразделениями одного уровня управления и между подразделениями различных уровней, для определения объемов справочно-нормативной информации, документооборота и перечня решаемых задач необходимо изучить эти вопросы в звеньях существующей системы управления.

Эти материалы являются исходными для разработки принципиальной схемы построения автоматизированного банка данных (АБД) автоматизированной системы управления в сельском хозяйстве и выбора технических средств для оснащения системы.

На основании анализа полученного материала выбирается информационный язык системы и разрабатываются принципы формирования массивов. Выбор размерности и объема массива существенно влияет на сложность поиска информации, на заполнение и обновление массива.

Информационно-поисковая система (ИПС) ОАСУ относится в основном к классу фактографических систем, поскольку на запрос она должна выдать отдельный факт, т. е. отдельный показатель или массив.

В отличие от документографических ИПС ей присущи некоторые особенности, которые следует учесть при выборе наилучшего способа представления наименования, способа машинного распознавания наименований и способа поиска показателей.

Особенности информационно-поисковой системы ОАСУ-сельхоз таковы.

1. Число наименований сельскохозяйственной информации ограничено и не превышает 10 000. Это может упростить распознавание наименований.

2. Многоаспектный поиск отсутствует. Запрос (предписание) может быть сформулирован только на наименования, введенные в память.

3. Ответом на любой запрос может быть только одно наименование и, следовательно, один массив или показатель.

4. Точность поиска показателя по его наименованию должна быть очень высокой. Это объясняется тем, что найденный пока-

затель используется в расчетах и ошибка в поиске может обесценить проведенные расчеты.

5. Информационная система рассчитана на массового потребителя и на высокую интенсивность запросов. Это означает, что помимо высокой производительности необходимо упрощение процедуры составления запросов либо ее автоматизация.

Наряду с фактами система должна в определенных случаях выдавать и документы. Следовательно, наряду с элементами фактографической системы сохраняются некоторые свойства документографических систем.

На первом этапе ИПС может работать в режиме «запрос-выдача». Дальнейшее развитие системы предполагает выдачу информации не только по запросам, но и ее сбор и своевременное информирование работников органов управления о происшедших и возможных отклонениях: невыполнение планов, снижение темпов роста, снижение продуктивности и т. п. При формировании этой информации вырабатывается для каждого показателя допустимый предел, при достижении которого предупредительная информация должна передаваться соответствующим подразделениям.

Информационно-поисковая система помимо обслуживания информацией из своего фонда может обеспечить соответствующие органы так называемой транзитной информацией. Например, по заявке соответствующего отдела Министерства сельского хозяйства через ИПС запрашивается информация в вычислительном центре ЦСУ, Госплана, в республиканских и областных вычислительных центрах.

Общая схема функционирования ИПС такова: от отделов министерства (или подразделений другого уровня управления) поступают запросы в ИПС, где хранятся сведения о всей информации, интересующей министерство. Для этого в каталоге содержится описание как регламентированных, так и нерегламентированных документов. Запрос анализируется на информационном языке, и в системном каталоге производится поиск сведений о документах, способных удовлетворить этот запрос.

Наиболее трудным вопросом построения информационно-поисковых систем любого класса является выбор информационного языка системы.

Так как информационный язык системы является языком общения потребителя с ЭВМ, наиболее целесообразно использовать его в сочетании с шифрами естественного профессионального языка, главной особенностью которого является профессионально точное наименование сельскохозяйственного показателя в соответствии с существующей в русском языке грамматикой и словарем. Используя логические средства, можно составить поисковый образ наименования, заложив в него возможные варианты запросов. Язык наименований сельскохозяйственных показателей, принятый для данной ин-

формационно-поисковой системы, должен являться также языком задания переменных в программах расчета. Всякие отступления от принятого информационного языка будут приводить к неполной выдаче исходной информации системой.

Создание справочно-нормативного фонда на технических носителях является необходимым условием интегрированной автоматизированной обработки данных. Работы по созданию автоматизированной системы нормативов выполняются в двух направлениях: организация исходных массивов информации и формирование нормативов в целях обеспечения конкретных планово-экономических задач.

Исходная информация для формирования нормативов образует следующие потоки:

научно-технические данные (свойства удобрений, потребность животных в питательных веществах, характеристики параметров тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин);

данные, обусловленные соответствующими постановлениями государственных органов и вышестоящих организаций (расценки, нормы выработки, нормы отчислений на амортизацию, ремонт и т. п.);

данные, представляемые подсистемой учета и характеризующие состояние производственных ресурсов и процессов (состав земельных угодий, состав машинно-тракторного парка, состав работающих, поголовье животных и их продуктивность и т. п.).

Из различных видов исходной информации вытекают различные требования к разработке и организации информационных массивов. В отличие от нормативов, рассчитываемых в автоматизированной системе нормативов (АСН), исходная справочно-нормативная информация разрабатывается отраслевыми и зональными научно-исследовательскими организациями или соответствующими государственными органами. Справочно-нормативные данные определяются в расчете на единичные нормообразующие факторы и являются первичными (одиночными) нормативами. Нормативы, формируемые в АСН, характеризуют конкретные хозяйственные объекты и рассчитываются на агрегированные условия, поэтому они являются производными (агрегированными).

Стабильность первичной справочно-нормативной информации делает возможным и целесообразным централизовать создание справочно-нормативного фонда для сельского хозяйства. В ОАСУ образовывается единый справочно-нормативный фонд отрасли. В систему картотек справочно-нормативного фонда могут входить справочники норм высева семян, норм использования удобрений, норм содержания питательных веществ в кормах, норм кормления животных, технических характеристик тракторов, машин и оборудования, норм выработки,

тарифных разрядов и тарифных ставок, норм расхода горючего и различных материалов, цен на продукцию сельского хозяйства, удобрения, семена, корма, горючее, материалы, запасные части, технику, оборудование и другие справочники.

Справочно-нормативный фонд ОАСУ-сельхоз формируется в зональных вычислительных центрах, где образуется нормативное хозяйство, которое будет представлено картотекой основных первичных нормативов (относящихся к условиям зоны деятельности данного вычислительного центра) и совокупностью операционных программ поиска, сортировки и корректирования данных. Картотеки данных представляются на технических носителях—перфокартах, перфолентах, что позволяет резко сократить затраты труда на их формирование. По каждой картотеке составляется табуляграмма-опись вошедших в ее состав документов. Табуляграммы-описи позволяют осуществить комплектование и выбор нужного массива данных из общего массива справочно-нормативной информации. Кроме того, с помощью табуляграмм осуществляется контроль правильности ведения картотеки информации. Они являются основными документами для доведения сведений предприятиям и соответствующим организациям о действующих справочно-нормативных и других постоянных производственных данных.

На каждом уровне управления к массивам справочно-нормативных данных формируются дополнительные массивы постоянной информации. Состав этих массивов определяется характером решаемых задач. Например, для внутривладельческого планирования необходимы данные о поголовье животных, составе тракторного парка, комбайнов, автомобилей и т. п.

Формирование нормативов для конкретных плановых задач по уровням управления должно быть построено с учетом обеспечения единства и взаимоувязки всех видов плановых расчетов. Это единство и сбалансированность должны быть предусмотрены при образовании автоматизированной системы нормативов. Методологической основой единства явятся: общая база в виде первичных справочно-нормативных данных; идентичность массивов производных нормативов на различных уровнях.

Взаимоувязка нормативных показателей достигается тем, что показатели данного уровня соответствуют нормативным показателям нижестоящего уровня. Для решения планово-управленческих задач каждый уровень управления должен располагать сводными данными по системе в целом и иметь информацию о подведомственных ему объектах.

Важнейшим элементом подсистемы информационного обеспечения является система классификации, стандартизации и кодирования информации.

Главные задачи, решаемые этой системой,— создание номенклатуры показателей для разных уровней управления и порядка агрегирования и дезагрегирования показателей в терри-

ториальном, ведомственном, отраслевом и других разрезах; унификация обозначения отдельных видов информации; установление единой системы шифров и кодов; установление совокупности унифицированных форм носителей информации; единое руководство процессом разработки совершенствования информационной подсистемы.

Создание единых классификаторов и кодификаторов информации по отрасли сельского хозяйства должно обеспечить взаимосвязку отраслевой информации с народнохозяйственной.

Унификация показателей и документов в отрасли явится условием автоматизации сбора и обработки данных на всех уровнях управления, начиная с предприятия. Классификаторы информации являются своего рода формализованным языком, обеспечивающим возможность обработки экономической информации на всех уровнях планирования и управления с применением вычислительной техники.

Разработка классификаторов, кодификаторов и справочников информации для ОАСУ-сельхоз должна основываться на общесоюзных классификаторах промышленной и сельскохозяйственной продукции.

Общесоюзный классификатор продукции состоит из высших классификационных группировок (ВКГ) укрупненной номенклатуры продукции, которые служат целям общегосударственного планирования, учета и управления на уровне Госплана СССР, ЦСУ, министерств и ведомств, госпланов союзных республик. Высшие классификационные группировки имеют шестиразрядные шифры.

В отраслевых частях классификатора для обозначения полной ассортиментной номенклатуры шестиразрядный шифр разбивается до десятиразрядного. Отраслевые части в полной ассортиментной номенклатуре разрабатываются для использования в планировании, учете, управлении на хозяйственном и региональном уровнях.

Классификатор предприятий, учреждений и организаций будет представлять собой систематизированный свод их наименований, классифицированных и закодированных по определенной системе. В классификаторе предприятий и учреждений сельского хозяйства должна быть отражена существующая иерархия административно-хозяйственного подчинения. При этом необходимо обеспечить возможность получения всей цепочки взаимосвязей от производственных объектов до министерства, включая все промежуточные звенья управления. Такая схема явится основой агрегирования экономической информации, поэтапного укрупнения данных в системах управления.

Для функционирования ОАСУ-сельхоз разрабатываются следующие основные классификаторы: предприятий и учреждений, состава работающих по видам труда и заработной плате,

видов производимой продукции, сельскохозяйственных культур, сельскохозяйственных животных, производственных операций, земельных фондов, зданий, сооружений и оборудования, материалов, документов и др.

Конкретное экономическое содержание группировок должно быть увязано с потребностями в них каждого звена управления, планирования и учета. При построении классификаторов должна быть обеспечена такая последовательность взаимного расположения классификационных группировок, которая отражала бы закономерные взаимосвязи, существующие между этими группами.

Дополнительно к названным отраслевым классификаторам на вычислительных центрах, обслуживающих непосредственно сельскохозяйственные предприятия, будут разрабатываться свои классификаторы полей и участков, для работников бригад и ферм и т. п.

Для ведения классификаторов информации в составе ОАСУ должна быть предусмотрена специальная служба. Основной задачей этой службы является систематическое дополнение классификаторов новыми позициями, исключение возможности присвоения двух различных наименований и шифров одной и той же группировке.

Подсистема математического (программного) обеспечения включает совокупность алгоритмических языков и трансляторов, операционные подсистемы, содержащие комплексы программ для автоматизации и механизации обработки информации, необходимой для работы функциональных подсистем. Эта обеспечивающая подсистема тесно увязана с другими.

Подсистему характеризуют методы решения задач; методы организации присущих ей массивов информации в системе машинной обработки; системы программирования; программы-диспетчеры, устанавливающие порядок работы с массивами информации; перечень стандартных блоков программ и способы их организации; методы контроля обработки информации на ЭВМ; проблемно ориентированные языки, трансляторы, типовые математические структуры для моделей и алгоритмы их решения.

Математическое обеспечение подразделяется на общее и специальное.

Общее математическое обеспечение — это комплекс программ, не связанных с решением конкретных задач, а только обеспечивающих организацию работы технических средств АСУ. В него входят: библиотека стандартных программ, трансляторы, машинная программа-диспетчер, система программирования на ЭВМ, тесты, система отладки, макроасемблер.

Специальное математическое обеспечение определяется экономической сущностью задач и предусматривает получение ра-

циональных решений и своевременную выдачу необходимой информации.

Специальное математическое обеспечение включает операционную систему, типовые алгоритмы, проблемно ориентированный язык, специальные языки, библиотеку типовых, специальных программ и программных систем, транслятор с проблемно ориентированного языка, трансляторы специальных языков.

Необходимо дать некоторые пояснения к элементам (блокам) специального математического обеспечения.

Первым элементом названа операционная система.

Операционная система организует работу специальных программ и прохождение задач в соответствии с установленным приоритетом в масштабе всей автоматизированной системы управления. При специализированной системе обработки информации значительная роль отводится системе-диспетчеру, с помощью которой достигается информационное согласование всего диапазона задач, решаемых в ОАСУ-сельхоз, с основными массивами данных.

Система разделения времени (СРВ) в операционной системе ориентирована на информационное обслуживание органов управления и решение задач управления, которые можно разделить на две группы:

а) задачи, решение которых целесообразно производить в оперативном режиме (стандартные расчеты, информационно-справочный поиск, анализ нормативной и учетной информации, накопление информации о ходе производственного процесса и т. п.);

б) задачи, решение которых целесообразно в обычном режиме или в режиме пакетной обработки информации (задачи технико-экономического оптимального планирования, многовариантных расчетов и т. д.).

Система имеет фиксированный перечень услуг. Услугами этой системы являются готовые программы. Системой согласно введенному параметру определяется приоритет клиента, допуск информации и др.

Типовые алгоритмы предназначаются для решения задач оптимизации, информационно-справочных, логических, эвристических, балансовых, задач прогнозирования, учета и статистики, прямых расчетов. К этому элементу специального математического обеспечения следует отнести алгоритмы поиска и обработки больших информационных массивов, решения многовариантных имитационных задач. Особенно важны алгоритмы, созданные по конкретным экономико-математическим моделям, а также алгоритмы типовых схем расчетов.

Составными частями библиотеки программ и программных систем должны быть программы, реализующие типовые алгоритмы для решения конкретных задач, а также обслуживающие программы оформления выходных документов,

программы справочно-информационной и обрабатывающей частей системы. Программные системы, состоящие из универсальных или специальных программ и комплексов сервис-программ,— важные звенья библиотеки специального математического обеспечения.

Перечислить все программы, необходимые для решения задач в ОАСУ-сельхоз, в настоящее время невозможно. В первую очередь для построения библиотеки нужны такие программы, как программы прямого алгоритма симплекс-метода и модифицированного мультипликативного алгоритма симплекс-метода с повторениями и двусторонними ограничениями.

Необходимо иметь программы параметрического программирования, которые также реализуют алгоритмы симплекс-метода. Как и предыдущие программы, они носят универсальный характер, потому что с их помощью можно решать общую задачу линейного программирования. К универсальным следует отнести и программы целочисленного, динамического и нелинейного программирования; а также программу решения задачи с сепарабельными функциями методом кусочно-линейной аппроксимации.

Программы, связанные с решением задач бухгалтерского учета, с расчетами производственно-финансового плана, оргхоз-плана и межотраслевого баланса, следует считать специальными программами. Программы экономического анализа производственной деятельности отраслей сельского хозяйства — важнейшие среди них.

Особое место должны занять в библиотеке математического обеспечения ЭВМ программы для обработки информации с помощью методов математической статистики (например, программы для обработки массовых данных, для корреляционного и регрессионного анализов).

К другим специальным программам следует отнести прежде всего группу программ для формирования матрицы исходных данных в задачах линейного программирования. Несомненно, важны вспомогательные программы, с помощью которых результаты решения выводятся в удобной форме на широкоформатное устройство печати (АЦПУ).

Опыт работы на ЭВМ, накопленный в ряде организаций, показывает, что необходимо иметь специальные программы, с помощью которых можно было бы проверять исходные данные, поступающие в оперативную память машины.

До настоящего времени не существует эффективной системы контроля при решении экономико-математических задач. Составляя какую-нибудь программу, автор-программист предполагает безупречность исходных данных. Правда, отдельные узловые моменты вычислительного алгоритма автор особо проверяет и отмечает в своей программе. Но все же основная предпосылка в работе программиста заключается в том, что он считает вве-

денный в оперативную память машины числовой материал безошибочным. Эта предпосылка основана на естественном порядке подготовки числового материала для решения задачи. Человек визуально проверяет правильность чисел. При малых объемах исходных данных есть уверенность в правильности чисел, тем более, что в таких случаях возможен многократный контроль вручную, визуально. При наличии громоздкого материала у исполнителя всегда появляется беспокойство за возможные в нем ошибки. Это и вызывает необходимость создания программ контроля, которые заменили бы человека при многократной проверке исходных данных.

К специальному математическому обеспечению относятся проблемноориентированный и специальные языки и набор транслирующих программ для них.

К специальным языкам относятся такие языки, как язык описания документов, информационно-справочный язык, язык вопросов, язык ответов, операционный язык, язык обработки массивов. Необходимо наличие транслятора машинно-ориентированных языков других типов машин, оснащенных эффективным математическим обеспечением, на автокод конкретно применяемой машины.

Подсистема технического обеспечения ОАСУ-сельхоз является одной из основных обеспечивающих подсистем информационно-вычислительной системы планирования, учета и управления в сельском хозяйстве. Она находится в тесном взаимодействии как с функциональными подсистемами, так и с подсистемами информационного и математического обеспечения. С помощью подсистемы технического обеспечения осуществляется алгоритм функционирования системы управления, начиная со сбора и формирования первичной информации и заканчивая выдачей управляющих воздействий непосредственно в контур управления или выдачей данных в систему отображения информации для последующего принятия решений. Для разработки программ используются системы программирования (машинные, процедурные, проблемные, вспомогательные), среди которых такие процедурные системы, как АЛГОЛ-60, ФОРТРАН, КОБОЛ.

Все функциональные подсистемы имеют единую информационную базу (справочно-нормативная и первичная информация) и единый комплекс технических средств. Технические средства ОАСУ предназначаются для механизации процессов сбора первичной информации, ее передачи и обработки в соответствии с принятыми алгоритмами. Выбор типов и количества технических средств для оснащения конкретной системы определяется набором и объемом задач, решаемых системой, и рациональным уровнем механизации и автоматизации процессов управления.

Весь технический цикл обработки информации может быть разделен на три этапа.

1. Подготовка информации — от регистрации информации, возникающей на производстве, до записи ее на машинный носитель, используемый для ввода информации в вычислительный комплекс.

2. Обработка информации в соответствии с заданным алгоритмом или по заданной программе.

3. Вывод результатов вычислений в контур управления или в систему отображения информации.

Технический комплекс системы включает:

а) средства сбора, формирования и концентрации первичных данных;

б) средства связи и передачи данных;

в) средства обработки информации;

г) средства отображения результатов вычислений (цифробуквопечатающая аппаратура, световое табло, установка телевидения для оперативной передачи информации руководству).

При разработке требований к подсистеме исходят из основных положений по обработке экономической информации.

Экономические задачи, равнозначные по объему работ научно-техническим задачам, характеризуются следующими признаками: большим количеством исходных данных, циклическим характером обработки, значительным количеством выходных данных.

Характерным для экономической информации при решении ряда задач является увеличение объема выходной информации сравнительно с объемом входной информации. Отношение объема выходной информации к объему входной может меняться в широких пределах. Так, среднее значение этого отношения для плановых расчетов на предприятиях машиностроения составляет 1,9. Для обработки оперативной информации, по данным НИИ ЦСУ СССР, оно равно 4,5. Для задач текущей статистической отчетности значение этого отношения значительно ниже.

Особенностью процесса обработки экономической информации является его периодичность, т. е. информация обрабатывается по одному и тому же алгоритму через периодические промежутки времени. Наряду с простыми вычислениями, присутствующими в основном в задачах учета и отчетности, производится большое число сложных расчетов (задачи оптимального планирования с применением линейного и динамического программирования, итерационных и других методов).

По срокам периодичности обработку информации можно подразделить на разовую и периодическую. Необходимо при определении времени обработки учитывать возрастание нагрузки на средства обработки информации при совпадении сроков выполнения периодических работ. Именно рассмотрение экономической информации с точки зрения количества исходных и выходных данных, сложности обработки, периодичности и сроков об-

работки является одним из подходов для определения требований к средствам оснащения ОАСУ.

Следует также учитывать количество операций на один показатель либо на десятичный знак, которое может изменяться в очень широких пределах (200—12 000 операций на один показатель).

В настоящее время задачи и алгоритмы их решения усложняются, все больше учитываются экономические факторы, увеличивается количество рассматриваемых систем. Поэтому растет и количество операций на один показатель.

Исходя из специфики и характера задач, решаемых системой, и объемов информации выбирается структура и состав технического обеспечения различных уровней ОАСУ-сельхоз. Однако при этом должны учитываться некоторые требования к технической подсистеме.

1. В ОАСУ-сельхоз необходимо применять унифицированные технические средства, что позволит создавать типовые проекты технической подсистемы для различных уровней АСУ. Здесь должен соблюдаться принцип технической совместимости всего комплекса средств как на различных уровнях, так и между этими уровнями.

2. При разработке технических средств и оснащения технической подсистемы ОАСУ должно соблюдаться информационное и программное единство. Подсистема должна работать на всех наиболее распространенных и перспективных языках для экономических и научно-технических работ.

3. Техническая подсистема должна обеспечивать высокую надежность всех технических средств и высокую достоверность информации на всех участках ее формирования, обработки и анализа.

4. Все технические средства подсистемы должны обеспечивать удобство, быструю готовность к эксплуатации, в том числе и высокую ремонтоспособность.

5. Форма представления исходной информации должна быть наглядной и удобной для восприятия. Выходные материалы для принятия решений и информация (документы и пр.) должны выдаваться в готовом виде, без необходимости последующей доработки.

6. Учитывая массовое производство технических средств для оснащения различных уровней ОАСУ-сельхоз, стоимость их изготовления и эксплуатации должна быть достаточно низкой, чтобы их можно было реально воплотить в жизнь.

В настоящее время в стране разрабатываются и внедряются диспетчерские системы управления. Причем в первую очередь, и это правильно, ставятся вопросы оснащения хозяйств средствами связи. Однако разработку и построение структуры и функционирования диспетчерских систем управления необходимо вести с учетом требований ближайшего будущего: с учетом их

работы в отраслевой системе в качестве низового звена, а также с учетом не только ручной, но и автоматизированной, а в ряде случаев машинной обработки информации.

Принципы построения комплекса технических средств формирования, сбора и передачи информации заключаются в следующем.

1. Весь комплекс технических средств должен представлять не произвольный, а взаимозависимый набор устройств, т. е. все устройства должны составлять систему.

2. Устройства располагаются по этапам технологии преобразования информации. Информационный результат, выдаваемый предшествующим устройствам, является исходной информацией для последующего устройства.

3. Устройства должны быть согласованы по носителю информации.

4. Комплекс технических средств формирования и передачи информации ОАСУ-сельхоз на уровне выше районного (межрайонного) не имеет принципиального отличия от комплекса технических средств, разработанных и разрабатываемых для обмена информацией.

Используемые ЭВМ в ОАСУ-сельхоз должны обладать большой производительностью, иметь разнообразные устройства, обеспечивающие возможность приема, обработки, хранения и выдачи большого объема информации.

Это объясняется значительной неравномерностью распределения потоков информации по времени (для большинства функциональных подсистем процессы обработки информации по времени носят пиковый характер), сложностью решаемых задач и необходимостью их решения в сжатые сроки.

Территориальная разобщенность и наличие большого числа объектов управления различного уровня предъявляют особые требования к системе сбора и дистанционной передачи информации.

Система ОАСУ-сельхоз как на стадии построения, так и в ходе эксплуатации обуславливает необходимость проведения научно-исследовательских и опытных работ, основанных на принципах системного подхода.

Основные направления разработки критериев оптимального функционирования отрасли с учетом действия ОАСУ-сельхоз определяются следующим. Сложные внутри- и межотраслевые связи сельского хозяйства, взаимозаменяемость его ресурсов и продуктов, органическая связь колхозов и совхозов со всей системой народного хозяйства определяют многовариантную возможность развития сельскохозяйственного производства. Поэтому процесс управления социалистическим сельским хозяйством на всех его уровнях должен предусматривать возможность и необходимость выбора наилучших хозяйственных решений. Выбор наилучшего из альтернативных вариантов раз-

вития сельскохозяйственного производства предполагает наличие показателей экономической оценки этих вариантов, установление признака, по которому они должны оцениваться (соизмеряться). Конкретным мерилom качественной оценки управленческих решений служит критерий качества управления, который должен включить оценку степени выполнения плановых заданий вышестоящих органов управления, окупаемость затрат и оценку стабильности развития сельского хозяйства. Критерий выступает как количественный показатель, по которому сравниваются варианты, оцениваются результаты функционирования сельского хозяйства.

Важнейшим в установлении системы критериев оптимальности является разработка критериев для выработки наиболее эффективных планово-экономических решений; разработка критериев для оптимального построения и функционирования ОАСУ-сельхоз.

Первая группа критериев связана с развитием сельского хозяйства как единого целого. Влияние технического прогресса в сельском хозяйстве и другие факторы видоизменяют условия функционирования отрасли. Поэтому необходимо рассматривать процесс выбора оптимальных решений как процесс перехода с одного оптимального режима на другой. Такой переход должен осуществляться при четкой координации всех уровней управления сельским хозяйством.

Вторая группа критериев связана с вопросами окупаемости и надежности работы всех подсистем ОАСУ-сельхоз.

Организационное построение ОАСУ-сельхоз будет осуществляться по уровням управления: отрасль, министерство (ведомство), республика, область (край, автономная республика), район, предприятие, внутрипроизводственные подсистемы. Низшие звенья системы представлены АСУ межрайонного значения, АСУ-предприятие. Это наиболее распространенные и важные звенья всей системы, так как здесь в основном совершаются процессы производства продукции, зарождается информация. Деятельность АСУ межрайонного значения на предприятиях сможет принести наибольший экономический эффект. Но на их долю из-за многочисленности приходится наиболее значительная часть затрат, необходимых для создания ОАСУ-сельхоз. Поэтому решение задачи создания отраслевой автоматизированной системы управления на этих уровнях требует тщательно обоснованных экономических решений. А это возможно только на основе хорошо поставленного эксперимента в производственных условиях.

В ходе научного эксперимента должны быть отработаны: методы получения и формирования массивов исходной нормативной и справочной информации, необходимой для решения плановых задач и задач оперативного управления;

методы решения задач планирования и оперативного управления в сельскохозяйственных предприятиях;

методы анализа хозяйственной и производственной деятельности в колхозах, совхозах, районах, трестах;
система полной механизации бухгалтерского учета;
методы кодирования информации и фиксации данных на технических носителях;
информационно-поисковые системы для уровня района;
техническая схема обработки информации;
принципы выбора технических средств вычислительного центра и диспетчерской системы управления, формирования эксплуатационно-технических требований к аппаратуре для информационно-вычислительной системы управления сельским хозяйством;

оценка эксплуатационно-технических характеристик существующей аппаратуры при работе в условиях сельскохозяйственного производства;

методы оценки экономической эффективности ОАСУ-сельхоз.

Экономическая эффективность информационно-вычислительной системы управления будет складываться за счет многочисленных факторов, как связанных непосредственно с совершенствованием управления сельскохозяйственным производством, так и косвенно зависящих от этого.

Прямой экономический эффект, несомненно, будет получен за счет увеличения продукции, сокращения затрат, уменьшения потерь (сокращения ошибки управления).

ОАСУ-сельхоз окажет непосредственно положительное влияние на увеличение производства продукции благодаря более рациональному распределению и использованию трудовых земельных и материальных ресурсов, на сокращение допускаемых потерь в сельскохозяйственном производстве, которые порождаются несвоевременным принятием решений; малоэффективными действиями по управлению производством, особенно в сложных ситуациях; на уменьшение потерь в процессе заготовок, переработки, хранения сельскохозяйственных продуктов; на более интенсивное использование основных фондов, повышение производительности труда; на совершенствование структуры управления, научную организацию управленческого труда.

Участие в проектировании ОАСУ-сельхоз значительного числа разработчиков разных специальностей требует строгой координации работ и эффективного руководства.

Наиболее приемлемым методом планирования и руководства работками является система сетевого планирования и управления.

Основными этапами проектирования являются: техническое задание, техническое проектирование, разработка рабочего проекта.

Техническое задание предьявляет основные требования к разрабатываемым подсистемам ОАСУ-сельхоз. Им определяется предварительная структура подсистем, предваритель-

ный перечень решаемых задач, их информационное обеспечение, требования к математическому обеспечению и пожелания по техническому оснащению. Техническому заданию предшествует тщательное предпроектное обследование объекта.

Дальнейшее проектирование ОАСУ-сельхоз может осуществляться в две стадии — технический проект и рабочий проект и в одну стадию — технорабочий проект (технический и рабочий проекты могут совмещаться).

Одностадийное проектирование ОАСУ применяется при повторном применении основных проектных решений.

Технический проект разрабатывается в целях определения основных проектных решений по созданию ОАСУ, определения затрат на создание системы и основных технико-экономических показателей системы, что обеспечивает оценку экономической эффективности системы.

Основанием для разработки технического проекта является утверждение технического задания на проектирование ОАСУ.

Рабочий проект является завершающей стадией проектирования ОАСУ и представляет собой комплекс документов (чертежей, схем, таблиц, текстовых материалов и т. д.), предназначенных для непосредственного использования при монтаже, настройке (отладке) и внедрении в эксплуатацию системы.

Внедрение ОАСУ представляет собой процесс постепенного перехода от существующей системы управления к новой и проводится параллельно с разработкой проектной документации (рабочего проекта) ОАСУ последующих очередей.

Основными этапами внедрения отдельных задач, подсистем и всей ОАСУ являются: подготовка министерств, ведомств, предприятий и учреждений к внедрению ОАСУ; опытная эксплуатация задач (или подсистем) и сдача их в промышленную эксплуатацию: сдача ОАСУ государственной комиссии.

Приемка всей ОАСУ производится только после сдачи в промышленную эксплуатацию всех задач, технических средств и подсистем, предусмотренных в задании на проектирование ОАСУ для соответствующих отраслей.

Отдельные задачи или подсистемы вместе с соответствующими техническими средствами (при наличии таковых) внедряются независимо от других (при условии возможности сохранения нормального функционирования производства).

В случаях когда задачи или подсистемы взаимосвязаны и внедрение одной из них может нарушить нормальный ход производства, вначале внедряют те задачи или подсистемы, выходные параметры которых являются исходной информацией для решения других задач или функционирования других подсистем.

Сдача в эксплуатацию какой-либо подсистемы завершается сдачей в промышленную эксплуатацию последней задачи, решаемой в данной подсистеме с использованием технических

средств и в объеме, предусмотренном в задании на проектирование.

Сдача АСУ в эксплуатацию производится после завершения и сдачи заказчику рабочего проекта АСУ и окончания опытной эксплуатации всех задач и подсистем АСУ, предусмотренных в задании на проектирование. Заключение государственной приемочной комиссии о приемке в эксплуатацию АСУ (или первой очереди АСУ) утверждается в установленном порядке.

Об экономической эффективности применения ЭВМ в управлении. Использование электронно-вычислительных машин в известном смысле можно рассматривать как высокоэффективный путь механизированной обработки информации, используемой в управлении производством. Однако специфика электронной обработки данных и ее качественные отличия от обычной механизированной обработки данных настолько велики, что их эффективность невозможно измерять одинаковыми показателями, пользуясь одной и той же методикой.

Экономическую эффективность обычной механизации учетных и других вычислительных работ определяют прежде всего по снижению трудоемкости таких работ и экономии, достигаемой от высвобождения ручного труда. При этом различают прямую экономию (сокращение работников, занятых на учетно-вычислительных работах), относительную экономию (возрастание объемов вычислительных работ при том же количестве учетных работников) и, наконец, косвенную экономию (высвобождение специалистов и производственного персонала от учетно-вычислительных работ и использование их для выполнения непосредственных обязанностей по квалифицированному воздействию на производство).

Другой показатель, которым определяется эффективность механизации обработки данных,— снижение финансовых затрат на выполнение учетных и других вычислительных работ, выражаемое в определенных суммах условной годовой экономии.

Если попытаться применить к электронной обработке данных только эти общепринятые показатели экономической эффективности, то внедрение ЭВМ может показаться экономически невыгодным, неэффективным.

В самом деле, при внедрении ЭВМ не происходит ни прямого, ни относительного высвобождения счетного персонала. Наоборот, возникает необходимость в значительном увеличении численности лиц, занятых как эксплуатацией ЭВМ, так и подготовкой специальных машинных программ, исходной информации, переносом ее на промежуточные носители. При всем этом себестоимость электронной обработки тех видов учетных и других вычислительных работ, которые ранее обычно механизировались, снижается не настолько существенно, чтобы покрыть величину капитальных затрат на приобретение основного и вспомогательного оборудования.

Тем не менее внедрение ЭВМ исключительно эффективно. Разберем, в чем состоит сущность и особенности экономической эффективности электронной обработки данных.

Прежде всего с применением ЭВМ значительно возрастает косвенная экономия труда. Это относится не только к специалистам (агрономам, зоотехникам, экономистам, бригадиры, управляющие отделений, руководители предприятий), но и к работникам, занятым на учетно-вычислительных работах. Высвобожденное время используется ими на дальнейшее совершенствование производства, улучшение анализа, учета, планирования, оперативного управления. Все это сказывается на увеличении производства сельскохозяйственной продукции и на сокращении затрат.

Внедрение ЭВМ позволяет реализовать при управлении производством, в процессе прогнозирования, планирования, оперативного управления, а также в учете и анализе принципиально новые алгоритмы, основывающиеся на современных экономико-математических, математико-статистических, логических, эвристических методах, что обеспечивает гораздо более обоснованные и оптимальные решения, чем те, которые базировались только на средствах механизированной обработки данных.

Электронная обработка дает особо значительный эффект там, где переработка больших объемов информации для принятия решений должна быть осуществлена в краткие сроки. Наконец, при больших массивах информации и сложных алгоритмах вычислений внедрение ЭВМ обеспечивает также относительное снижение трудоемкости и затрат на обработку данных. Подсчитано, например, что вычислительные работы, осуществляемые с помощью ЭВМ средней мощности по такому процессу, как составление оптимального производственно-финансового плана, займут около получаса машинного времени и два—четыре дня работ на подготовку материала. В то же время опытный вычислитель, вооруженный клавишной машиной, делающей за смену до 1000 расчетных действий, затратил бы на эту же работу более трех лет непрерывного труда.

К числу наиболее важных преимуществ внедрения ЭВМ следует отнести то, что с их помощью становится возможным решение учетных и планово-экономических задач, которые ранее невозможно было вообще разрешить.

Возьмем, к примеру, проблему оптимизации плана размещения сельскохозяйственного производства. Эта задача решалась всегда, но только не в оптимальном варианте. Одна из причин тому — сложность и объемы вычислений. Так, один вариант оптимального плана развития и размещения сельскохозяйственного производства в разрезе 27 зон страны потребовал бы работы вычислителей в количестве 30 тыс. человеко-лет (для ЭВМ средней мощности на это требуется до 10 ч). Есть немало и других аналогичных задач, которые раньше просто не ставились

ввиду боязни столкнуться с непреодолимыми массивами информации.

Как правило, оптимизация производственно-финансовых планов предприятий, осуществляемая с помощью ЭВМ, оптимизация грузоперевозок, развития производства по стране и по почвенно-климатическим и административным зонам страны и т. п. обеспечивает более рациональное распределение ресурсов, увеличение за счет этого валовой продукции на 15—25%, сокращение затрат на 7—15%.

Возможности повышения экономической эффективности внедрения ЭВМ реализуются в производстве не всегда и не везде в одинаковой степени. Это зависит в первую очередь от того, насколько полно и максимально используется машинное время для решения учетных и других задач (разумеется, не в ущерб профилактическому техническому обслуживанию ЭВМ). Многогое определяется также состоянием и строгостью контроля достоверности данных, вводимых в ЭВМ. Большими источниками повышения экономического эффекта от внедрения ЭВМ является переход на ввод информации непосредственно с линий связи или с помощью специальных оптических считывающих устройств, сочетание более мощных ЭВМ с менее мощными, которые используются в режиме накопления и выдачи информации, укрупнение вычислительных центров, создание междуведомственных ВЦ и т. д.

Так как принятие любого технического решения в наше время невозможно без экономического обоснования, внедрение отдельных ЭВМ, комплекса ЭВМ, объединенных современными линиями связи, а также создание отраслевых автоматизированных систем управления, в частности АСУ-сельхоз, также требуют предварительных расчетов их эффективности.

Расчет экономической эффективности от внедрения отдельной ЭВМ, как показано выше, целесообразно делать по сокращению затрат труда и средств или по возможности решения ранее недоступных учетных и планово-экономических задач. Это объясняется главным образом условностью исходного базиса: действительно резкое сокращение затрат на вычислительные работы в приведенном примере с трех лет до получаса условно, так как относится к ранее не применявшимся алгоритмам.

Определение экономической эффективности, достигаемой при внедрении ЭВМ, осуществляется по методике, учитывающей наиболее существенные параметры на основе некоторого укрупнения информации. Результаты, получаемые по этой методике, нельзя считать абсолютно точными. Но они вполне удовлетворительны и хорошо фиксируют складывающуюся тенденцию. В соответствии с этой методикой все работы, которые предполагается выполнять в течение года на ЭВМ, разбиваются на две группы — работы, связанные с решением оптимизационных за-

дач, и работы, не связанные с оптимизационными задачами. Для более реального учета эффективности расчет ведется на годовое полезное время.

По оптимизационным задачам эффективность применения ЭВМ определяется как разность между величиной, характеризующей численно критерий оптимального плана, и величиной оценки разработанного варианта плана обычными методами, рассчитанной по тому же критерию.

По неоптимизационным задачам устанавливается разность между затратами на выполнение расчетов по учетным и другим данным с помощью электронной обработки и механизированной (или если ее не было до внедрения ЭВМ, то ручной) обработки. Затраты на электронную обработку данных устанавливаются как сумма затрат на подготовительные работы и на расчеты с помощью ЭВМ.

И в первой, и во второй группах для оценки ручной (механизированной) обработки данных допускается применение экспертных оценок.

Устанавливается объем капитальных затрат на освоение и внедрение ЭВМ, нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений, а также объем той части годовых эксплуатационных затрат, которую можно связать с решением оптимизационных задач. Ясно, что этот объем и объем, учитываемый при определении затрат на решение неоптимизационных задач, должны быть в сумме равны годовым эксплуатационным затратам.

Абсолютная условно-расчетная экономическая эффективность (годовая) от внедрения ЭВМ будет составлять

$$B = \mathcal{E} - (EK + Z),$$

где

$$\mathcal{E} = \sum_{j=1}^n (Z_j^{\text{opt}} - Z_j) + \sum_{i=1}^m (K_{ni} + K_{mi} - K_{\text{руч. } i}).$$

Приняты и использованы следующие условные обозначения:

B — абсолютная условно-расчетная годовая экономическая эффективность от внедрения одиночной ЭВМ, руб.;

\mathcal{E} — условно-расчетный годовой экономический эффект от внедрения ЭВМ, руб.;

K — капиталовложения на внедрение и освоение ЭВМ, руб.;

E — нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений;

Z — сумма эксплуатационных годовых затрат в объеме, отнесенном на выполнение оптимизационных расчетов, руб.;

j — порядковый номер оптимизационного расчета;

n — количество оптимизационных расчетов, выполняемых за год;

i — порядковый номер задачи по обработке учетных и других данных (другой информации);

m — количество задач подобного рода;

Z_j^{opt} — величина критерия оптимизации по j -му оптимизационному расчету, руб.;

Z_j — величина критерия по j -му варианту расчета, выполненного обычными техническими средствами, по обычному алгоритму, руб.;

$K_{\Pi i}$ — затраты на подготовку данных по i -й учетной задаче для решения ее на ЭВМ, руб.;

$K_{M i}$ — затраты на решение i -й учетной (и ей аналогичной) задачи на ЭВМ, руб. (в соответствии с калькуляцией стоимости одного часа работы ЭВМ);

$K_{\text{руч. } i}$ — затраты на решение i -й учетной (и ей аналогичной) задачи с помощью обычных средств и алгоритмов, без электронной обработки данных, руб.

Условно-годовой экономический эффект, который рассчитывается по приведенной формуле, достаточно полно характеризует складывающиеся экономические тенденции в эксплуатации ЭВМ и в переходе к электронной обработке данных. С помощью этой величины (коэффициент Θ) можно также рассчитать окупаемость капиталовложений и сравнительную экономическую эффективность использования различных одиночных электронно-вычислительных машин.

Так, окупаемость капиталовложений (окупаемость затрат на приобретение, монтаж, пуск ЭВМ и т. п.) с учетом затрат на эксплуатацию определяется по формуле

$$D = \frac{EK + 3}{\Theta}.$$

Сравнительный условно-расчетный экономический эффект работы двух или нескольких электронно-вычислительных машин определяется сопоставлением коэффициентов C , которые для каждой отдельной ЭВМ рассчитываются как частное от деления показателя Θ на Π (где Π — полезная годовая загрузка ЭВМ).

Более сложные технические решения по электронной обработке данных связаны с использованием ЭВМ, сопутствующих средств связи и накопления информации. Такой технический комплекс еще не может быть по своей завершенности приравненным ни к АСУ, ни к АСУП или АСУ ТП. Это по существу какое-то промежуточное, переходное решение между внедрением отдельных ЭВМ и созданием технической базы всей ОАСУ. Но такие промежуточные решения существуют, и они также не могут приниматься без соответствующего экономического обоснования. В этих случаях определение экономической эффективности

ности очень сложно. Изложим только принципиальные основы, на которых базируются расчеты экономической эффективности по более сложным, но незавершенным локальным техническим решениям.

Затраты на создание технического комплекса, обеспечивающего электронную обработку данных с учетом нормативного коэффициента капиталовложений, и затраты на эксплуатацию этого комплекса за год в сумме должны быть меньше или в крайнем случае равны экономическому эффекту, получаемому в производстве от использования комплекса. Экономический производственный эффект образуется за счет различных источников: увеличения производства продукции, сокращения затрат, уменьшения потерь и т. п. При определении экономического эффекта, достигаемого в производстве от локального технического решения, включающего ЭВМ, чаще, чем в других случаях, прибегают к экспертным оценкам.

К измерению экономической эффективности разработки и внедрения автоматизированных систем управления подходят с иных позиций, чем при определении эффективности внедрения отдельных ЭВМ и даже небольших взаимоувязанных линиями связи локальных комплексов ВЦ. Это объясняется тем, что создание АСУ приводит к изменению качества функционирования отрасли и, следовательно, для оценки эффективности АСУ требуются уже новые качественные показатели, количественно отражающие происходящие положительные явления в развитии отрасли производства. Рассмотрим обоснование этих показателей.

Автоматизированные системы управления создаются, как уже известно, в целях совершенствования переработки информации в сложных производственных системах, чем достигается совершенствование управления производством. Это главная цель.

Степень совершенствования управления производством может быть количественно измерена величиной, на которую в результате более правильных управленческих решений уменьшается ошибка управления, ранее допускавшаяся в процессе развития данного производства. Ошибка управления состоит в следующем. Можно смело утверждать, что управленческий труд, мало отличаясь от всякого другого общественно полезного труда, является производительным трудом, хотя в отличие от других трудовых затрат управленческий труд сам не производит материальных ценностей.

Управленческий труд непосредственно оказывает воздействие на увеличение производства материальных благ прежде всего путем повышения производительности труда управляемых лиц. Искусство управлять — это искусство повышать производительность труда подчиненных. Управленческий труд не повышает ни физическую работоспособность управляемых лиц,

ни их производственную квалификацию (рассматривая конкретный период свершения производственного процесса), ни знания, ни опыт. Управление сокращает потери, связанные с отсутствием координации в коллективе исполнителей, устраняет бессмысленные и безрезультативные затраты труда, лишние производственные процессы, улучшает обеспечение трудовых производственных процессов и т. п. Иными словами, управление снижает, уменьшает хаотичность трудовых процессов, совершаемых управляемыми лицами, делает их действия целеустремленными. Это обеспечивает рост материального производства, но сам такой рост производства происходит благодаря затратам труда непосредственных товаропроизводителей.

Управленческий труд является производительным также в том плане, что он обеспечивает повышение эффективности использования производственных ресурсов. Управление не повышает качество используемых ресурсов, не увеличивает их количество. Управленческий труд оперирует теми же ресурсами, которыми располагает производство, но более правильно их распределяет, направляет их использование по более эффективному пути.

Так, одно и то же количество удобрений, например, дает по трем сельскохозяйственным культурам прирост 2 ц/га, 4 и 6 ц/га соответственно. Если нет возможности внести удобрения под все три культуры, то при условии равноценности их продукции удобрения, бесспорно, нужно применить там, где прирост составит 6 ц/га. Если же по каким-то причинам (допустим, что отсутствовала информация об окупаемости) удобрения будут внесены под культуру, по которой прибавка составляет 2 ц/га, то практически общая ошибка управления только за счет этой процедуры увеличится на 4 ц с каждого гектара.

Неправильно составленный рацион кормления, в котором резко лимитируется один из элементов питания, приводит к тому, что введенные в этот же рацион корма с преобладанием других элементов питания будут использоваться непроизводительно, без должной отдачи: они просто не будут усваиваться животными. Неправильное рационирование является одной из основных причин повышенного расхода кормов со всеми вытекающими отсюда последствиями: удорожание продукции, производство меньшего количества продукции, чем это было бы возможно, и др. Все это увеличивает ошибку управления. По данным научно-исследовательских учреждений и годовых отчетов предприятий, величина ошибки управления в производстве свинины достигает сейчас в большинстве случаев почти 100%, мяса крупного рогатого скота — 60—80% к общим затратам кормов.

Правильное управленческое решение относительно кормления животных, принятие так называемых оптимальных рационов позволяет резко сократить ошибку управления, полнее использовать все потенциальные возможности увеличения производства

продукции. Оптимальное балансирование кормов позволит колхозам и совхозам за счет тех же кормовых ресурсов получить дополнительно до 25% животноводческой продукции по сравнению с достигнутым объемом.

Наконец, управленческий труд, устраняя сложившуюся в производстве ошибку управления, может быть производительным до того уровня, который заложен современным развитием науки и техники, научно-технического прогресса, возможностями капиталовложений в сельскохозяйственное производство. На каждом конкретном этапе развития повышение производительности управленческого труда имеет определенные границы, выше которых она не может подняться. В значительной мере эти границы обуславливаются урожайностью районированных сортов сельскохозяйственных культур, выведенных советскими учеными, а также продуктивностью распространенных пород животных и птицы.

Таким образом, производство в своем развитии редко достигает уровня, который обусловлен современным состоянием науки, научно-технического прогресса, который обеспечивается принятыми в производстве сортами растений и породами животных, наконец, возможен в связи с наличием всех видов производственных, денежно-материальных и трудовых ресурсов. Разрыв между потенциальными возможностями производства и фактически использованными составляет количественно ошибку управления, ибо этот разрыв может быть объясним только тем, что управление было недостаточно совершенным, управленческие решения не самые лучшие, и это не позволило реализовать все потенциальные возможности производства. Необходимо подчеркнуть, что природно-климатические условия конкретного года в данном случае также рассматриваются как наличие определенных ресурсов. Они определяют гидротермические условия производства текущего года и включаются в число факторов, определяющих потенциальные возможности производства.

Совершенствование управления обеспечивает более полное использование условий производства, сокращает ошибку управления. Отсюда разработка и внедрение АСУ как радикальной меры совершенствования управления преследует главную цель — максимально сократить ошибку управления и использовать заложенные в производство возможности. Поэтому результативность АСУ должна измеряться тем, насколько количественно сокращена ошибка управления, насколько реализуются потенциальные возможности производства.

Определить потенциальные возможности производства на конкретный период времени несложно. Это возможно с определенной степенью достоверности сделать, используя ЭВМ. Потенциальные возможности производства равны объемам производства, полученным при расчете оптимального плана развития с учетом ограниченных производственных ресурсов известного

качества. Сложности имеются при исчислении величины ошибки управления для текущего периода. Они состоят в следующем:

при разработке и внедрении АСУ затраты накапливаются постепенно, по мере создания системы. Результативность АСУ также нарастает во времени по мере освоения системы, но этот процесс происходит скачкообразно. В течение определенного времени может не быть никаких результатов, а будут лишь одни затраты. И только на определенном этапе получается осязаемый практический результат;

в числе факторов, определяющих совершенствование управления, есть постоянно действующие и так называемые необратимые факторы. Постоянно действующими являются факторы, для устранения влияния которых требуется постоянное функционирование АСУ. Прекращение действия АСУ на какое-то время вернет производство на прежний уровень (относительно действия именно этих факторов), и ошибка управления возрастет. Необратимыми считаются те факторы, которые, получив в условиях АСУ правильное разрешение связанных с ними управленческих задач, будут использовать результаты решения и в случае прекращения действия АСУ. Так, оптимальная структура производства, рассчитанная в условиях АСУ, будет использоваться и вне АСУ. Наличие этих двух групп факторов усложняет расчет реального эффекта за короткий период, исчисление затрат на разработку и внедрение АСУ.

Но в целом за относительно продолжительный отрезок времени экономическая эффективность разработки и внедрения автоматизированной системы управления рассчитывается по формулам: а) абсолютная эффективность $P_{аб} = B - Z$; б) относительная эффективность $P_{отн} = \frac{B}{Z}$,

где B — величина устраняемой ошибки управления (может рассматриваться также как сумма дополнительного прироста валовой продукции и сокращенных производственных затрат за период внедрения АСУ);

Z — суммарные затраты на разработку и внедрение АСУ;

$P_{аб}$ — величина абсолютной эффективности, полученной от разработки и внедрения АСУ. Эта величина положительна; АСУ эффективна в случае, если разность между B и Z больше нуля;

$P_{отн}$ — величина относительной эффективности, получаемой от разработки и внедрения АСУ. Из предыдущего ясно, что эта величина должна быть более единицы, тогда АСУ эффективна.

Имеются и несколько иные записи этих же формул, отличающиеся главным образом исчислением затрат (в некоторых присутствуют приведенные затраты).

Величины B и Z являются сложными, образованными как сумма нескольких элементов.

Так, З (затраты) состоит в основном из следующих статей: научно-исследовательские работы, проектирование, экспериментальные работы, опытное внедрение; стоимость основного и вспомогательного оборудования; строительно-монтажные работы и монтаж технологического оборудования; подготовка и переподготовка кадров; затраты, связанные с необходимостью организационного переустройства или уточнения организационной структуры управления отраслью;

эксплуатационные расходы и др.

Величина В образуется в основном за счет:

сокращения потерь в процессе производства как следствия своевременного принятия управленческих решений;

увеличения производства продукции путем более рационального распределения и использования трудовых, земельных, материальных и энергетических ресурсов;

ликвидации потерь сельскохозяйственной продукции в процессе заготовок, переработки и хранения;

более интенсивного использования основных фондов и повышения производительности труда;

совершенствование структуры управления и др.

Разработка АСУ в отрасли сельского хозяйства и ее внедрение не является каким-то навсегда законченным процессом. Система будет непрерывно совершенствоваться. Будет повышаться ее надежность, экономичность. Но на каждом этапе каждое предложение по совершенствованию ОАСУ-сельхоз всегда должно оцениваться с позиций экономического эффекта, который будет достигнут при их внедрении. Только в таком случае разработка, внедрение и дальнейшее совершенствование ОАСУ принесут реальную пользу, будут способствовать совершенствованию управления социалистическим сельскохозяйственным производством и решению поставленных перед ним задач.

Надо учитывать и то, что эффективность внедрения ОАСУ в сельскохозяйственное производство не может и не должна измеряться только количественными показателями — уменьшением ошибки управления, приростом продукции или сокращением затрат. Внедрение ОАСУ является значительным стимулом социального прогресса в нашей стране, в сельском хозяйстве, стимулом осуществления научно-технической революции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
<i>Раздел I. Системы</i>	20
Глава 1. Общая характеристика систем	20
Глава 2. Преобразования систем	39
Глава 3. Производство как система	55
<i>Раздел II. Информация</i>	74
Глава 4. Основы теории информации	74
Глава 5. Экономическая информация	92
<i>Раздел III. Моделирование</i>	110
Глава 6. Аналоговое (физическое) моделирование	110
Глава 7. Математическое моделирование	127
<i>Раздел IV. Управление</i>	145
Глава 8. Основы теории управления	145
Глава 9. Автоматическое регулирование	175
Глава 10. Управление производством	194
<i>Раздел V. Системы управления</i>	213
Глава 11. Системы обработки данных	213
Глава 12. Автоматизированные системы управления	234

К78 Кравченко Ростислав Григорьевич и Скрипка
Анатолий Григорьевич.

Основы кибернетики. Учеб. пособие для экон.
спец. с.-х. вузов. М., «Экономика», 1974.

279 с.

Учебное пособие, издаваемое впервые, подготовлено в соответствии с программой курса «Основы кибернетики» для экономических специальностей сельскохозяйственных высших учебных заведений.

Учебное пособие состоит из введения и пяти разделов — «Системы», «Информация», «Методы», «Управление», «Системы управления».

К $\frac{10807-93}{011(01)-74}$ 121-74

333

Редактор
ТАРИВЕРДИЕВА Л. А.

Мл. редактор
ЧЕРНЫШЕВА Л. С.

Техн. редактор
МАТВЕЕВА М. М.

Худож. редактор
РАФАЛЬСКИЙ В. П.

Корректор
МИХАЙЛОВА Н. Ю.

Оформление художника
ВЕСЕЛОВА Н. М.

Сдано в набор 28/1 1974 г. Подп. в печать 27/V 1974 г. А-04209. Формат 60×90¹/₁₆. Печ. л. 17,5. Учетно-изд. л. 18,6. Изд. № 3414. Тираж 25 000 экз. Цена 86 коп. Зак. 306. Бумага типогр. № 2. Т. П. изд. «Экономика» 1974 г. № 121.

Издательство «Экономика» 121864. Москва, Г-59,
Бережковская наб., 6

Ленинградская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 196126, Ленинград, Ф-126, Социалистическая ул., 14.