

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Санкт-Петербургский государственный
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени С.М. Кирова» (СПбГЛТУ)**

Факультет механической технологии древесины

**ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА
В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ**

по направлению 220700
« Автоматизация технологических процессов»

Учебное пособие

Санкт-Петербург 2011

Рассмотрены и рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией
факультета механической технологии древесины
от 29 июня 2011 г.

.....

Составитель:
кандидат технических наук, профессор, В.А. Втюрин

Ответственный редактор
кандидат технических наук, профессор, В.А. Втюрин

Рецензент
кафедра электротехники и электрооборудования СПбГЛТА

В учебном пособии рассмотрены следующие вопросы:
формирование теории управления как точной научной дисциплины, имеющей свои базовые понятия и законы; основные этапы в истории науки об управлении: автоматика, теория автоматического регулирования, кибернетика, общая теория систем, современная теория управления; интегративный характер теории управления, как науки об общности принципов и процессов управления в объектах различной физической природы; проблема целостного понимания окружающего мира, как единого эволюционного процесса; роль вычислительной техники и информатики в теории и технике управления; физическая теория управления; управление как организация целенаправленного взаимодействия энергии, вещества и информации

Введение

Автоматизация производственных процессов — основное и наиболее прогрессивное направление современного технического развития. При автоматизации достигается максимальный рост производительности, значительно улучшаются условия труда рабочих, и повышается качество продукции.

В первую очередь автоматизация распространяется на производства с массовым выпуском продукции и сравнительно трудоемкими технологическими процессами, где она дает наибольший экономический эффект. Важным условием автоматизации является внедрение новой прогрессивной технологии, обеспечивающей при хорошем качестве продукции высокую производительность в производстве.

Внедрение систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП), гибких автоматизированных производств различных видов лесопродукции дает возможность существенно повысить эффективность, глубину оптимизации переработки древесины и получить увеличение выхода продукции.

Для управления технологическими процессами, начиная со времени зарождения этой области техники в древности и до начала 60-х годов XX столетия, применялись в основном простейшие механические, пневматические или электрические регуляторы, расчет которых основывался на линейных одномерных моделях.

Более сложные системы управления практически отсутствовали из-за ограниченных возможностей технических средств, высокой стоимости, отсутствия соответствующей теоретической базы. Однако даже простейшие контуры регулирования хорошо зарекомендовали себя там, где для объектов управления характерны большие или малые постоянные времени, устойчивость в разомкнутом состоянии. В настоящее время развитие производства привело к преобладанию непрерывных технологических процессов большой мощности со сложными комплексами энергетических и материальных потоков и с жесткими требованиями к качеству продукции, безопасности персонала, сохранности оборудования и к воздействию на окружающую среду, что потребовало создания более совершенных систем управления. Совершенствование и создание более надежной техники ЭВМ, снижение ее стоимости оправдывает встраивание ЭВМ в системы управления. Такие ЭВМ работают в реальном масштабе времени, причем устройства ввода-вывода информации занимают в среднем 5-10% времени центрального процессора, оставляя остальное время для непосредственной реализации сложных алгоритмов управления.

Следует отметить, что получила развитие современная теория управления, методы которой успешно применяются в авиационно-космической технике. В нее включаются теория оптимального управления, методы идентификации и оценивания состояния процессов, методы построения адаптивных систем, теория дискретных и дискретно-непрерывных систем с цифровыми ЭВМ в контуре управления.

1. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ КАК ТОЧНОЙ НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ

1.1. Базовые понятия теории управления

Основными базовыми понятиями теории управления являются:

- Системы автоматического управления;
- Функциональные принципы управления (принцип разомкнутого управления, принцип компенсации, принцип обратной связи);
- Устойчивость и стабилизация автоматических систем;
- Характер процессов управления.

Теория управления (ТУ) — точная наука, она оперирует количественными характеристиками. Поэтому за качественным описанием системы следует — количественное описание системы.

Математическая модель (ММ) — это приближенное описание изучаемого явления или объекта, выраженное с помощью математической символики. ММ — мощный метод познания явлений и объектов. Важным этапом построения ММ является формирование законов, определяющих процессы, протекающие в объектах. Этот этап требует широкого знания фактов, относящихся к изучаемым явлениям и глубокого проникновения в их взаимосвязи.

Переход от физической к ММ позволяет проводить изучение объекта с использованием количественной информации, абстрактных представлений об объекте. Такая количественная формализация обычно задается оператором объекта, причем понятием оператора объединяются любые математические операции: все алгебраические действия, дифференцирование, интегрирование, сдвиг во времени, решение дифференциальных, интегральных, алгебраических и любых других функциональных уравнений, а также любые логические действия.

Задать оператор объекта — это означает задать совокупность действий, которые надо осуществить над входной функцией, чтобы получить выходной процесс.

Очень многие ММ, лишившись физической или технической оболочки, приобретают универсальность, т. е. способность количественного

описания различных по своей природе процессов или по техническому назначению объектов.

В этом проявляется одно из важнейших свойств математической формализации предмета исследования, благодаря которому при постановке и решении новых прикладных задач в большинстве случаев требуется создавать новый математический аппарат, а можно воспользоваться существующим.

Таким образом, одна ММ может быть использована для решения большого числа частных, конкретных задач, и в этом смысле она выражает одно из главных практических назначений теории.

ММ объекта характеризуется следующими переменными:

$y(t)$, $Y(t)$ — входные функции (скалярные или векторные);

$x(t)$, $X(t)$ — выходные процессы;

$X(t)$ — процессы, характеризующие внутреннее состояние объекта.

Зависимость выходных процессов от входных сигналов и состояния определяет алгоритм функционирования (поведение, эволюцию) системы.

Математическая формализация этой зависимости, т. е. установление соответствия (функционального, операторного) между указанными процессами ***представляет ключевую линию теории систем управления***.

В теории систем важное место занимает такое понятие, как геометрическая модель, которая позволяет непосредственно связать теорию динамических систем с топологией. Она особенно наглядна для систем небольшой размерности, где ее образ — фазовый портрет — доступен прямому геометрическому анализу. Фазовый портрет позволяет достаточно просто делать вывод о динамике системы, логике и обусловленности ее поведения. Многие колебательные явления нашли в фазовом портрете свое наглядное и адекватное отражение.

Функциональные же ММ не есть портрет динамического поведения: он отражает только функциональные связи, что является основополагающим положением при решении задач синтеза регуляторов, оптимизации, включая и статистическую.

Изучение таких свойств ММ объектов управления и систем в целом, как:

- Автономность;
- Грубость ММ;
- Инвариантность;
- Прямые показатели качества переходных процессов;
- Поведение при наихудших внешних воздействиях;
- Приводимость;
- Точность;

- Управляемость;
- Устойчивость,

тесно связано с содержанием указанных выше составных элементов теории управления:

1. ММ систем.
2. Исследования систем на основе их ММ.
3. Синтез систем на основе их ММ, предполагающий определение состава, структуры САУ и параметров всех ее устройств из условия удовлетворения заданному комплексу технических требований, а также оптимизации систем, направленную на решение задач расчета таких законов управления, которые оптимизируют процессы по тому или иному заданному критерию.

1.2. Задача автоматизации

Практическая деятельность человека сопровождается познанием и использованием законов природы для целенаправленной организации процессов, происходящих в природе, технике и в обществе, то есть для управления.

В технике и технологии можно выделить две принципиально различные по своей природе задачи, которые можно назвать задачами производственной и информационной технологий.

В производственной технологии для выполнения процессов по физическим, химическим и другим законам выполняются так называемые рабочие операции. Примерами производственной технологии могут служить химическая и энергетическая технологии, технология машиностроения, технологии деревообрабатывающих производств и т. д.

Задачей информационной технологии (технологии связи) является передача информации от человека к человеку, обмен информацией между человеком и машиной или обмен информацией между различными устройствами.

Принцип информационной технологии иллюстрирует рис. 1.1. Схема включает в себя процессы сбора информации, ее передачи и обработки, а также дальнейшего использования информации. Все они должны осуществляться без искажений, несмотря на внешние возмущения.

В процессе управления происходит переплетение производственной и информационной технологий. Оно заключается в том, что на основе информации, получаемой в результате измерения и обрабатываемой нужным образом, оказывается воздействие на поток энергии и вещества так, чтобы целенаправленно изменять определенные физические параметры этого потока. Такое целенаправленное изменение параметров или поведения отдельных систем (объектов) называется управлением.

Управляемый процесс — это процесс, который развивается под влиянием управляющих воздействий, изменяющих условия протекания процесса в зависимости от цели управления и критериев оценки степени достижения этой цели.

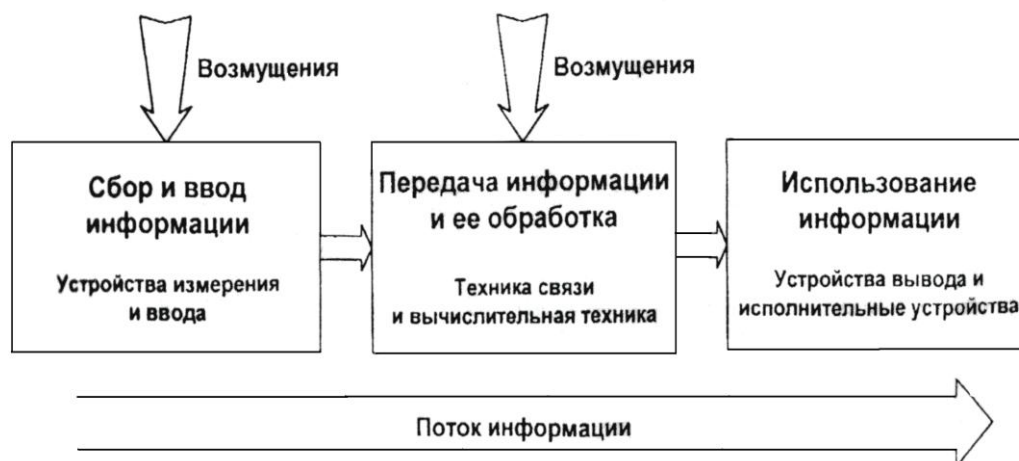


Рис. 1.1. Принцип информационной технологии

Совокупность всех устройств, служащих для управления объектом, называют системой управления. Часто система управления включает и сам объект.

В зависимости от степени автоматизации управление бывает ручное, автоматизированное и автоматическое. В автоматизированных системах часть функций выполняет человек-оператор, автоматические системы функционируют без участия человека.

Даже при автоматическом управлении человек задает цель и контролирует работу системы. Целевые величины для устройства управления являются задающими величинами, или заданиями на управляемую величину. Задания могут быть постоянными, (такие задания называются уставками) или изменяться во времени. В последнем случае за ними должно осуществляться слежение.

Основным направлением развития всей современной техники является автоматизация процессов управления. Автоматизация производства — это этап машинного производства, характеризуемый освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. Таким образом, автоматизация — это применение автоматических устройств для выполнения функций управления. Она ведется на базе последних достижений в областях электроники, вычислительной техники, теории управления.

Задачей автоматизации является автоматическое управление, то есть самостоятельное целенаправленное воздействие на поведение интересующих нас объектов.

Автоматизация обеспечивает:

1. Освобождение человека от физически тяжелой, опасной для здоровья, а также от повторяющейся физической или умственной работы.
2. Расширение границ возможностей человека, которые часто не соответствуют требуемым режимам обработки, скорости и точности протекания процессов.
3. Освобождение человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами. Эти функции передаются специальным устройствам — системам автоматического управления.

Благодаря средствам автоматизации происходит интенсификация и рационализация общественного производства. Этот процесс преследует несколько целей

Во-первых, это совершенствование *культуры труда* из-за, например, устранения пространственной и временной привязанности человека к производственному процессу.

Во-вторых, это повышение *производительности труда* и увеличение его эффективности за счет:

- оптимального хода процесса при наименьшем заданном расходе сырья и энергии,
- стабильного и непрерывного режима ведения процессов в агрегатах и аппаратах при оптимальном использовании основных фондов,
- по возможности небольшого времени перехода или перестройки на выпуск другой продукции, сокращения времени выпуска и наладки оборудования,
- малого числа ремонтов и аварий оборудования.

Последняя цель - это *обеспечение качества*.

Неотложным требованием для достижения указанных целей является применение управляющих вычислительных машин, поскольку часто уже нельзя добиться улучшения хода того или иного процесса, используя традиционные средства автоматизации. При увеличении количества перерабатываемого сырья и энергии даже незначительное увеличение коэффициента полезного действия сказывается на экономической эффективности технического процесса.

Понятие технического процесса является расширением понятия объекта. Под техническим процессом понимается временная последовательность в системе, при которой происходят преобразования и (или) передача вещества, энергии и информации.

В период частичной автоматизации, когда технические средства автоматики осуществляют лишь простые функции управления, связанные с измерением, анализом, контролем различных величин и отработкой решений, принятых оператором в виде уставок, программ или других сигналов

управления, автоматическое регулирование представляет собой наиболее совершенный принцип автоматики.

При комплексной автоматизации осуществляются более сложные функции управления, включающие, кроме вышеперечисленных, выработку требуемых сигналов управления, автоматическое определение требуемого режима, принятие решений, исходя из цели управления, автоматическую координацию действий отдельных систем управления и т. д.

Вопросы для самопроверки

1. Базовые понятия теории управления.
2. Математическая модель и ее назначение. Примеры.
3. Оператор объекта. Примеры.
4. Что такое алгоритм функционирования?
5. Назвать свойств ММ.
6. Назвать две технологии, применяемые в технике и производстве. Привести их примеры для отрасли.
7. Дать определение процесса управления. Привести пример.
8. Что такое автоматизация и ее цели?

1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ В ИСТОРИИ НАУКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ: АВТОМАТИКА, ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Автоматическое управление и регулирование относят к одному из важнейших корней, к существенной составной части кибернетики.

Потребности развития техники, требования к поддержанию в заданных пределах различных величин, характеризующих функционирование технических устройств, привели к изобретению и последующему развитию разнообразных регуляторов.

Первым, технически применявшимся прибором такого рода, в котором использовался несформулированный еще принцип управления по отклонению (обратная связь), был регулятор Уатта — он служил для регулирования скорости паровой машины путем воздействия на количество поступающего в нее пара. В дальнейшем появились и другие виды подобного рода устройств (машина Уатта была построена английским изобретателем в 1784 г.).

Распространение регуляторов, потребность в повышении точности их работы, в устранении явления неустойчивости (автоколебаний) привели к теоретическому осмыслению принципов их работы, к выработке математического описания их функционирования и созданию методов соответ-

ствующих инженерных расчетов. Первые теоретические исследования систем автоматического регулирования с обратной связью проведены Дж. К. Максвеллом, И. А. Вышнеградским, А. Стодолой.

В работе "О регуляторах" (1868 г.) Дж. К. Максвелл предложил первое в науке функциональное определение регулятора, не зависящее от его конкретных воплощений — конструкции и способа действия. Английский ученый разработал математический аппарат для выражения критерия устойчивости систем регулирования.

Идеи Максвелла получили продолжение в России, когда И. А. Вышнеградский (1831-1895) опубликовал работу "О регуляторах прямого действия" (1876). Ученый выдвинул систему теоретических положений, охватившую важный класс регуляторов, и сформулировал условие устойчивости системы регулирования, известное как "критерий Вышнеградского". Разработка средств математического выражения критериев устойчивости регулирования позволяла предсказывать поведение системы "машина-регулятор" в условиях влияния на нее помех и их компенсации в конкретных ситуациях. Так были заложены основы теории автоматического регулирования (ТАР).

Работы Максвелла и Вышнеградского были развиты далее рядом исследователей, в том числе А. Стодолой, который распространил проблематику и аппарат ТАР на управление режимом работы турбин.

Дальнейшим результатам ТАР во многом обязана отечественной науке. Они были получены А. М. Ляпуновым (1875-1918), Я. И. Грдиной (1871-1931) и Н. Е. Жуковским (1847-1921). Последний наряду с глубокими специальными исследованиями дал в 1909 г. систематическое изложение теории.

Примерно до середины 30-х годов двадцатого века теория регулирования развивалась в рамках отдельных технических дисциплин, таких, как "регулирование машин", "регулирование электродвигателей", "гидравлические регуляторы", "электропривод" и т. п. Даже одна из основополагающих работ — работа Найквиста по частотным методам исследования устойчивости систем с обратной связью (1932) — была написана применительно к электронным усилителям. Само понятие "обратная связь", пронизывающее всю теорию автоматического регулирования, вошло в нее лишь после появления электрических и электронных элементов и построенных на их базе разнообразных следящих систем, которые до этого назывались сервосистемами или сервомеханизмами.

В 1938 г. А. В. Михайлов, развивая частотный метод, предложенный Найквистом для проектирования следящих систем, разработал свой критерий устойчивости, реализованный в так называемом годографе Михайлова.

С конца 30-х годов XX века началось интенсивное проникновение следящих систем во все отрасли техники, включая радиотехнику, электронику и счетно-решающие устройства. Стали выпускаться журналы по этой тематике, сформировались соответствующие коллективы специалистов.

Сложившаяся к этому времени общая теория автоматического регулирования связана с именами А. В. Михайлова, Г. Найквиста, А. А. Андропова, Б. Н. Петрова, М. А. Айзермана, А. А. Фельдбаума и многих других советских и зарубежных ученых.

В распространении идей и методов теории автоматического регулирования важное значение имел семинар, проводившийся в конце 40-х годов XX века в Институте автоматики и телемеханики АН СССР (ныне Институт проблем управления) под руководством М. А. Айзермана, а затем Б. Н. Петрова. На этом семинаре докладывались и обсуждались важнейшие работы отечественных ученых в этой области.

Существенную роль в дальнейшем продвижении ТАУ и, что особенно важно, в ее перерастании в теорию автоматического управления, произошедшем в 30-х -40-х годах XX века, сыграли такие научные достижения, как разработка метода автономности (он позволял осуществлять ввод в систему такого рода связей между регуляторами, который исключал влияние одних регулируемых параметров на другие), основы которого были заложены в работе И. Н. Вознесенского (1938); создание теории инвариантных систем (обеспечение независимости регулируемой величины от внешних возмущающих воздействий), возникновение которой связано с именами Г. В. Щипачева (1939), Н. Н. Лузина (1940) и В. Е. Кулебакина (1948); и, наконец, становление топологических методов изучения нелинейных систем, связанное с деятельностью А. А. Андропова и его школы. Нужно также отметить выполненные в 40-е годы пионерские работы по экстремальному регулированию (Ю. Г. Хлебцевич, 1940; В. В. Казакевич, 1943).

Дальнейший прогресс в ТАУ связан с быстрым развитием техники связи. Потребности создания систем передачи информации по проводам и без проводов вызывают изменение стиля мышления: для регуляторов в промышленной машинной технике информационный аспект процесса имел подчиненное значение — в технике связи он вышел на первый план. Так, в случае усилителей, основанных на обратной связи, главное заключалось в том, чтобы как можно более точно воспроизвести на выходе постоянно изменяющийся входной сигнал.

Все это означало, что регуляционно-техническое мышление поднялось на уровень, позволяющий выйти за пределы отдельных случаев и классов систем управления. Был достигнут новый, более высокий, уровень абстракции — последняя ступень "предкибернетического" стиля мышления

в концептуальных рамках теории регулирования и управления техническими объектами и процессами. Создалась база для перехода от классической теории и методологии автоматического регулирования, как она представлена в инженерных дисциплинах машиноведения и электротехники, к теории замкнутых контуров управления, сфера применений которой простирается далеко за рамки названных дисциплин — в экономику, социологию, культуру, политику и т. п.

Выявление закономерностей регулирования (управления) и разработка адекватного математического аппарата для его теоретического осмысления (открывающего затем дорогу инженерным приложениям) явились одной из неотъемлемых предпосылок усмотрения аналогий между техническими, биологическими, а затем и социальными структурами. Началось формирование единой парадигмы повального математического описания и изучения этих структур, что означало возникновение кибернетического стиля мышления. Теория автоматического управления и регулирования вошла в кибернетику в качестве относительно самостоятельного раздела, прогрессируя в тесном взаимодействии с теорией автоматов, теорией информации, биокибернетическим подходом к регуляционно-информационным феноменам живого и социального. Стала применяться все более мощная вычислительная техника. На данной стадии происходит выработка новых, во многом объединяющих концептуальных средств и соответствующего терминологического аппарата.

Теории автоматического регулирования суждено было более чем семидесятилетнее самостоятельное развитие, прежде чем она вошла в более общий кибернетический контекст.

Классическое понимание управления, сложившееся после известных работ Н. Винера, предполагает, что общие принципы управления распространяются на любые системы, к которым применима квалификация "кибернетические". К таким системам относят как технические, так и биологические, экономические и социальные структуры.

Кибернетика — интегральное научное направление, и как таковое в значительной степени базируется на знаниях и идеях, зародившихся в рамках большого числа различных дисциплин, развивавшихся первое время независимо друг от друга.

Можно считать, что корни кибернетики в основном относятся ко второй половине XIX века, и существовали они сравнительно самостоятельно до конца первой половины XX века. Корни эти представляют собой как элементы чисто технического знания, так и некоторые локальные обобщения — результат развития теоретического знания в отдельных естественнонаучных и научно-технических дисциплинах. Наряду с рассмотренными выше автоматическим регулированием и управлением, истоками

кибернетики, многие из которых включаются в методологию автоматизации и управления, являются:

- элементы моделирования и локальные теории моделей для различных областей техники;
- счетно-решающие приборы и математические инструменты;
- цифровые вычислительные машины;
- элементы программирования для ЭВМ;
- релейно-контактные схемы управления и защиты, элементы теории релейно-контактных схем;
- средства связи и вопросы теории связи;
- биомедицинские исследования - биомеханика, общая физиология, физиология высшей нервной деятельности;
- вопросы административного и производственного управления, элементы общей теории систем;
- элементы психологии труда и инженерной психологии; математическая логика как часть математики.

Отметим роль моделирования при автоматизации. Вначале речь шла о построении уменьшенных действующих моделей различных технических систем и устройств до воплощения их в натуральных размерах. Такое моделирование называют натурным моделированием. В науке была создана теория подобия.

Важным этапом в истории моделирования явилось установление изоморфизма функционирования различных систем, главным образом колебательных. Многие из подобных систем, несмотря на разную природу (механические, гидравлические, акустические, электрические и др.), описываются одинаковыми дифференциальными уравнениями, что позволяет изучать функционирование одной системы, не решая соответствующие уравнения (или системы уравнений), а непосредственно изучая функционирование изоморфной системы другой природы, более удобной для изучения, чем оригинал.

Моделирование является одним из основных методов кибернетики и широко используется при проектировании систем автоматизации и управления. Универсализация "электронных" моделей позволила использовать их для решения дифференциальных уравнений. Было положено начало развитию аналоговых вычислительных машин и так называемому математическому моделированию.

Развитие современных ЦВМ и программирования для ЦВМ явилось мощным инструментом информационного — и даже не обязательно математического — моделирования разнообразных объектов, систем, процессов и явлений, для решения задач собственно кибернетического плана. ЭВМ

входят в качестве ведущей компоненты в сложные управляющие и информационные системы.

Это стало возможным благодаря революционной идее Дж. фон Неймана относительно "единства" информации, используемой на всех этапах работы ЦВМ (конец 40-х годов XX в.), и, в частности, о хранении в памяти машины помимо текущей информации, связанной с решаемой задачей, также и информации программной. Эта идея привела к возможности оперировать с командами программ так же, как и с числами: осуществлять в машине их преобразования, выполнять над ними логические и арифметические операции. В концепции фон Неймана автоматический цифровой вычислитель выступил как устройство для переработки информации любой природы, не обязательно числовой.

Коснемся математического фундамента кибернетики и автоматизации. Важным и необходимым инструментом кибернетических исследований является теория обыкновенных дифференциальных уравнений и особенно вопросы их устойчивости (А. М. Ляпунов). Следует отметить проблематику оптимизации сложных динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями и их системами.

Более характерным для кибернетики явилось использование таких экзотических в свое время разделов математики, как математическая логика и теория алгоритмов. Возникшие в рамках "чистой" математики, эти разделы традиционно связывались лишь с общими вопросами обоснования математики; долгое время считалось, что они не имеют прикладного значения. И только появление теории релейно-контактных схем, использование в ЦВМ двоичной системы счисления (удобной для технических реализаций), тесно связанной же с двоичной алгеброй логики (булевой алгеброй), потребности в разработке и оптимизации логических и вычислительных элементов и узлов ЦВМ сделали математическую логику, а в известной степени и всю дискретную математику одним из эффективных инструментов кибернетических исследований. То же можно сказать и о теории алгоритмов и рекурсивных функций, появившихся в рамках математической логики в связи с проблемами вычислимости и доказуемости, но по мере развития программирования превратившихся в его теоретическую основу и инструмент дальнейшего развития.

Существенным является также и то, что развитие кибернетики, в свою очередь, оказало стимулирующее влияние на исследования в области математической логики, теории алгоритмов и всей дискретной математики. Достаточно указать на модальные и псевдофизические логики, теорию логического вывода и теорию принятия решений, теорию графов и ряд других разделов современной алгебры. Прогресс в этих областях не в последнюю очередь был вызван потребностями возникшей кибернетики.

Здесь следует упомянуть идеи и результаты А. М. Тьюринга (1912-1954), Э. Поста (1897-1954), А. А. Маркова-младшего (1903-1979), С. А. Яновской (1896-1966) и других советских и зарубежных математиков и логиков, работы которых сформировали математический фундамент кибернетики.

К началу 30-х годов XX века в Советском Союзе остро стоял вопрос о создании новой технологической базы промышленности. Уже тогда решение задачи поднятия индустрии на уровень крупного машинного производства виделось на путях повышения электровооруженности предприятий, механизации производственных процессов, внедрения непрерывных технологий, облегчающих возможность их автоматизации.

Характерно, что уже на рубеже 20-30-х годов XX века автоматика понималась многими отечественными специалистами как отрасль науки и техники, охватывающая теорию и принципы построения систем управления, действующих без непосредственного участия человека. Авторы первого в истории осуществленного плана развития народного хозяйства, плана Государственной комиссии по электрификации России (ГОЭЛРО), возглавлявшейся Г. М. Кржижановским, уже в ту пору четко представляли себе значение автоматизации. Электрификация явилась одной из важнейших предпосылок автоматизации, которая, в свою очередь, является важнейшим фактором развития электрификации народного хозяйства страны.

Наряду с электрификацией, базой становления автоматической техники стало создание специализированных предприятий, наладивших серийный выпуск регуляторов и КИП, организация сети НИИ и проектно-конструкторских организаций, имевших целью разработку новой техники и развития исследований по теории автоматического регулирования.

В декабре 1931 г. создается Всесоюзное объединение точной индустрии, которому было поручено строительство в годы второй пятилетки (1933-1937) ряда заводов по выпуску регуляторов и приборов. Важное значение имела организация в 30-е годы Центрального котлотурбинного, Всесоюзного электротехнического и Всесоюзного теплотехнического институтов, Московского научно-технического института точной индустрии, центральной радиотехнической лаборатории в Нижнем Новгороде и т. д. В эти учреждения в 30-е годы перемещается центр деятельности в области теории автоматического регулирования (до этого ведущую роль в развитии теории играли кафедры и лаборатории крупнейших учебных институтов). И уже в эти годы выявилась необходимость создания ведущего научного центра по автоматике, координирующего исследования и разработки; регулярного проведения научных совещаний; ощущалась потребность в специализированном научно-техническом периодическом издании и т. п.

Все это находило преломление и в объективном ходе исследований по теории автоматического регулирования. По мере углубления знаний в

таких различных областях, как теплотехника, электротехника, радиотехника и др., все больше обнаруживалось сходство рассматриваемых в них процессов и общность подходов к их изучению.

Весной (апрель-май) 1934 г. на общественных началах был образован Комитет по автоматике, телемеханике и диспетчеризации при ВСНИТО (Всесоюзный институт научных и инженерно-технических обществ, учрежденный в ноябре 1931 г.). На его основе в системе АН СССР была создана соответствующая Временная комиссия по телемеханике и автоматике (10 июня 1934 г.). Сразу же были рассмотрены вопросы об организации кафедр по автоматике в двенадцати ведущих технических вузах и о выпусках периодического печатного издания.

На первых порах перед вновь созданной комиссией были поставлены следующие задачи:

- координация и методологическое руководство научно-исследовательскими работами по автоматике и телемеханике (как в области теории управления, так и в сфере практики автоматизации);
- изучение и обобщение опыта отдельных отраслей народного хозяйства, а также зарубежного опыта;
- разработка конкретных задач по поручению наркоматов;
- организация необходимых консультаций и экспертиз

Активная деятельность Временной комиссии способствовала тому, что уже через год (!), в июне 1935 г., она была переведена на положение постоянно действующего органа АН СССР и получила название Комиссии по телемеханике и автоматике (КТА). При этом предусматривалось создание при комиссии трех секций: приборостроения, диспетчеризации и теоретических разработок, а также редакции будущего журнала по автоматике. Председателем Комиссии по телемеханике и автоматике с самого начала был назначен директор Физико-технического института АН СССР (Ленинград) академик А. А. Чернышев (1882-1940), крупный ученый в области электротехники.

16-22 мая 1935 г. КТА организовала Первую Всесоюзную конференцию (НИИ, лабораторий, заводов) по телемеханике, диспетчеризации и автоматике. В результате конференции со всей очевидностью выявилась необходимость перехода к широкому внедрению средств телемеханики и автоматики во многие отрасли народного хозяйства. С 1936 г. начал выходить журнал "Автоматика и телемеханика".

В начале 1937 г. решением Президиума АН СССР КТА была реорганизована, разделена на два сектора: элементов автоматики и телемеханики и диспетчеризации и автоматизации народного хозяйства.

Масштабы работ КТА поставили вопрос об организации специального научно-исследовательского учреждения в национальном масштабе, и 16

апреля 1939 г. было принято постановление о создании Института автоматики и телемеханики. Первоочередными направлениями работы института были названы разработка теории процессов регулирования и управления, а также создание теории и методов точного расчета прецизионной аппаратуры и ее деталей для автоматических и телемеханических устройств.

Предусматривалось изыскание новых методов телемеханизации сложных систем, уплотнения линий связи и использования для телемеханических средств радио, телевидения и пр. Подлежали разработке принципы конструирования рабочих машин на основе новых видов электропривода и внедрения электроавтоматики для регулирования и управления.

В числе задач также стояли изыскание новых, более совершенных и рациональных методов автоматизации отдельных видов производственных процессов и технологических режимов и разработка новых принципов устройства автоматической и телемеханической аппаратуры. Планировались и технико-экономические исследования, связанные с внедрением автоматики в отдельные отрасли промышленности.

Таким образом, в нашей стране, во-первых, была осознана фундаментальность идеи автоматизации как качественно нового и, что особенно важно, неизбежного этапа развития технических средств и организации производства, требующего соответствующего научного обеспечения, как реальности сегодняшнего дня. Во-вторых, был создан (и последовательно расширялся) имеющий общенациональное значение научный центр по автоматизации.

Вопросы для самопроверки

1. Привести пример первого регулятора и его схему.
2. Назвать направления работ по ТАУ (ТАУ) отечественных и иностранных ученых.
3. Этапы развития теории и методологии ТАУ.
4. Дать определение кибернетики и ее истоки.
5. Роль моделирования в кибернетике.
6. В чем суть идеи Дж. фон Неймана ?
7. Объяснить смысл устойчивости по Ляпунову.
8. Причины, породившие развитие автоматики?
9. Роль и задачи Комиссии по телемеханике и автоматике.
10. Направления работ института автоматики и телемеханики.

2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ В ИСТОРИИ НАУКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ: КИБЕРНЕТИКА, ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ, СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Для суждения о том, насколько хорошо, точно и быстро выполняется задача управления, достаточно рассмотреть автоматизированный объект в кибернетическом аспекте.

В этом случае абстрагируются от конкретной реализации процесса (системы) и строят кибернетическую модель процесса, которая содержит только информацию непосредственно характеризующую управление, а именно:

- информацию о структурном расположении отдельных звеньев, т.е. об их связи в общей системе
- информацию о преобразовании и обработке входных сигналов отдельных звеньев системы в соответствующие выходные сигналы.

Как правило, кибернетические модели процессов реализуются на ЭВМ с использованием программных средств.

Под информацией понимают существенные и представительные характеристики объектов и процессов. Такое понимание информации позволило подойти к изучению взаимодействия в природе с единой точки зрения.

Принимая во внимание общий информационный характер процессов управления в технических системах, биологии, экономике и опираясь на теорию и технику регулирования, ЭВМ, связи (передачи информации), Н. Винер ввел в обиход слово "кибернетика" в 1948 г. в книге "Кибернетика, или управление и связь в животном и машине".

Винер выделил новую категорию — "управление", описал несколько задач, типичных для кибернетики, привлек внимание к особой роли вычислительных машин. Введение категории управления позволило Винеру воспользоваться понятием информации, положив в основу кибернетики изучение законов передачи и преобразования информации.

Сущность принципа управления заключается в том, что движение и действие больших масс вещества или передача и преобразование больших количеств энергии направляется и контролируется при помощи малых количеств энергии, несущих информацию.

Итак, кибернетика — это наука об управлении, т.е. о целенаправленном воздействии на системы, а также о процессах передачи и обработки информации и их автоматизации в технических и нетехнических системах.

Основными методами изучения информационных процессов, принятыми в кибернетике, являются методы их алгоритмизации и моделирования. Информационный процесс управления представляется в виде после-

довательности связанных друг с другом и причинно обусловленных математических и логических операций, представляющих собой алгоритм процесса.

Кибернетика стремится установить структурное, количественное и логическое сходство между процессами управления, протекающими в различных системах. Таким образом, предмет кибернетики состоит в анализе, синтезе и реализации алгоритмов управления.

С точки зрения методологии управления, кибернетика является отраслью знаний (наукой), которая занимается установлением общих принципов и законов управления объектами различной природы для достижения определенных целей на основе получения, переработки и использования информации.

В зависимости от области знаний (например, техника, биология), к которым применяется алгоритмический и информационный подход, говорят о технической кибернетике, биологической кибернетике и т.д.

Кибернетическая система

Основу решения любой задачи автоматизации представляет описание и моделирование систем и процессов в них.

Системой обозначаются весьма различные понятия: органическая система живого существа, техническая система устройства автоматизации, программная система ЭВМ, система уравнений в математике, философские системы в истории философии. Любая система состоит из частей (элементов), между которыми существуют определенные связи или соотношения. Каждая система по-своему отвечает на входные воздействия, каждая имеет свои свойства и каждая система изменяет свое состояние.

В кибернетике отвлекаются от конкретных особенностей отдельных систем и выделяют общие для некоторого множества систем закономерности. Эти закономерности описывают изменение состояния системы при различных управляющих воздействиях. Таким образом, кибернетика рассматривает абстрактные системы.

Этот переход носит такой же характер, как переход от изучения действий над конкретными числами в арифметике к действиям с абстрактными числами в алгебре. На рис. 3.1. изображена кибернетическая система и ее связь со средой. Здесь

\bar{X} — входные воздействия среды на объект, \bar{Y} — выходные воздействия объекта на среду.

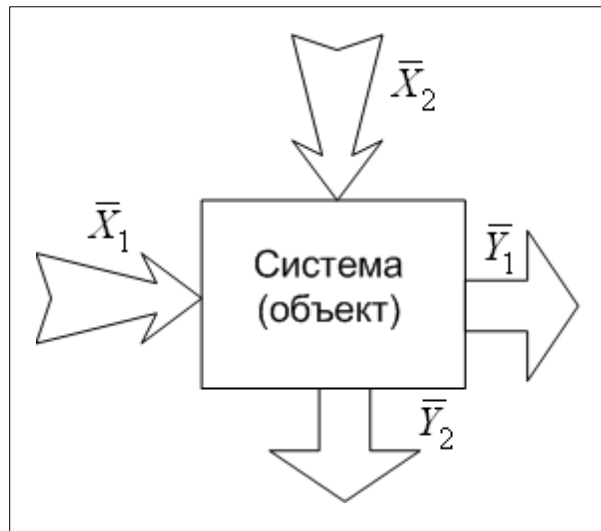


Рис. 3.1. Кибернетическая система

Применимость понятия "кибернетическая система" к определенной системе зависит не только от нее самой, но также и от точки зрения и целей исследователя, рассматривающего эту систему. Поэтому одна и та же система не всегда рассматривается как кибернетическая. Например, самолет может рассматриваться как кибернетическая система в процессе создания автопилота, а также как конструкция, обладающая определенной жесткостью, или как тело с определенными аэродинамическими свойствами.

Управляемость и организованность

Кибернетика как наука об управлении изучает не все системы, а только те, которые являются управляемыми. Управляемые (кибернетические) системы способны изменять свое состояние под влиянием управляющих воздействий. Кибернетическими системами являются, например, управляемый автомобиль, воинское соединение, выполняющее маневр, холодильный шкаф, поддерживающий заданную температуру.

Таким образом, термин "кибернетическая система" характеризует не только и даже не столько определенный класс систем, сколько подход к их рассмотрению, основанный на изучении свойств и особенностей системы как управляемой.

Свойством управляемости, очевидно, может обладать не любая система

Необходимым условием управляемости является организованность системы, т.е. наличие определенной структуры.

Однако не все организованные системы являются кибернетическими (управляемыми), хотя все кибернетические системы обладают определен-

ной организованностью. Так, живые организмы являются высокоорганизованными, а газ, состоящий из молекул, имеет нулевую организованность. Рассмотрим структуру управления, представленную на рис. 3.2.

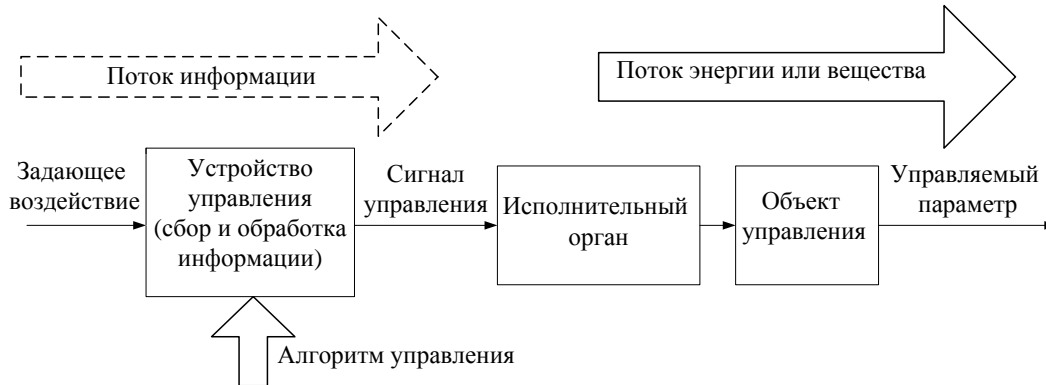


Рис. 3.2. Структура управления

Объект управления (с технической точки зрения) — это часть установки, на которую оказывается управляющее воздействие. Другими словами, объект — это физическое устройство, представляющее интерес с точки зрения его применения. Цель воздействия — выполнение задачи управления. При этом непосредственное воздействие на объект оказывает исполнительный орган. Часто его не отделяют от объекта.

Объект обычно определяется постановкой задачи. Граница объекта начинается от точки воздействия управляющего сигнала на поток энергии или вещества и заканчивается в точке измерения управляемой величины.

Управляющее устройство, называемое также регулятором — это совокупность звеньев, служащих для воздействия на объект через исполнительный орган.

Устройство управления включает звенья сбора информации, ее обработки и передачи к исполнительному органу.

Звенья объекта и устройства управления называются элементарными звеньями. Информация передается звеньями с помощью входных и выходных сигналов. Управляющие входные сигналы называют исполнительными сигналами, а выходные сигналы — управляемыми сигналами. Если входной сигнал, воздействующий на объект, не является управляемым, то он называется сигналом помехи.

Движение системы

Чтобы выполнялся достаточный признак управляемости системы, в ней должно существовать множество возможных «движений», из которого

производится выбор предпочтительного движения. Управления не может быть там, где нет выбора.

В кибернетике под "движением" понимают всякое изменение объекта во времени. Например, изменение температуры тела, изменение заряда конденсатора, изменение объема или давления газа, изменение запасов сырья на складе, жизнь и мышление рассматриваются как весьма сложные формы движения. В механике термин "движение" применяется в узком смысле и означает изменение положения объекта в пространстве с течением времени.

С точки зрения управления в закономерностях движения разных объектов есть много общего. Для выделения и изучения этих закономерностей в кибернетике и теории управления используют различные способы описания движения.

Входные и выходные величины, сигналы состояния (координаты пространства состояний системы — фазового пространства) связываются через математические преобразования. В движении эта связь описывается уравнениями динамики. Изменение состояния системы происходит во времени, в результате так называемого переходного процесса. В таком случае система называется динамической.

Динамическая система может иметь три типа поведения, или три режима работы:

- равновесный, когда состояние системы не изменяется во времени (в фазовом пространстве это изображающие точки);
- переходный — режим движения из некоторого начального состояния к другому установившемуся состоянию (равновесному или периодическому) под действием изменения внешнего воздействия или изменения внутренних свойств системы (фазовая траектория в фазовом пространстве);
- периодический, когда система через равные промежутки времени приходит в одни и те же состояния.

Описание систем

Графически система изображается двумя основными способами: структурной схемой и сигнальным графом.

Например, если элемент описывается уравнением

$$p^2 y(t) + apy(t) + by(t) = x(t), \quad p = \frac{d}{dt}, \quad (3.$$

1)

То его структурная схема и сигнальный граф примут следующий вид (рис. 3.3. и 3.4).

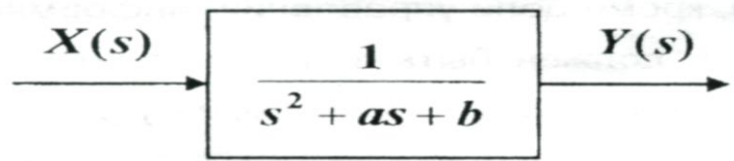


Рис. 3.3. Структурная схема

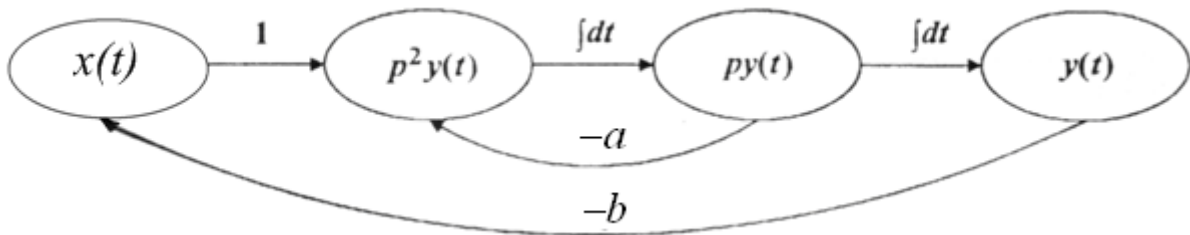


Рис. 3.4 Сигнальный граф

В структурной схеме (рис. 3.3) элементы являются передаточными звеньями элементов а связи изображают входные и выходные сигналы.

В сигнальном графе (рис. 3.4) элементы представляют собой сигналы (узлы), а линии передаточные звенья (направленные стрелки или ветви).

Элементы можно представить как во временном, так и частотном диапазоне.

Во временной области передаточное звено описывается оператором $\mathbf{F}\{\dots\}$, который преобразует функцию входного сигнала $\mathbf{X}(t)$ в функцию выходного сигнала $\mathbf{Y}(t)$:

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{F}\{\mathbf{X}(t)\}. \quad (3.2)$$

К важнейшим операторам относятся оператор константы $\mathbf{F} = c$, дифференциальный оператор $F = \frac{d}{dt}$, интегральный оператор $\mathbf{F} = \int dt$.

В частотном диапазоне изображения входного и выходного сигналов связаны передаточной функцией:

$$\mathbf{W}(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}, \quad s = \alpha + j\omega \quad (3.3)$$

Основным разделом методологии автоматизации является расчет и создание систем автоматического управления (САУ).

Системы автоматического управления обычно делят на два класса:

- циклические автоматические системы (станки-автоматы, автоматические линии),
- ациклические системы, также называемые информационными системами.

В задачи технической кибернетики входит изучение информационных автоматических систем по двум направлениям:

- реализация принципов управления, открытых в живой природе,
- изучение человека как звена системы управления.

Прикладная дисциплина, изучающая общие принципы и методы построения автоматических систем, т.е. автоматических машин, агрегатов, цехов, заводов, выполняющих поставленные перед ними цели без непосредственного участия человека, называется *автоматикой*. Она включает в себя теорию элементов систем управления и теорию автоматического управления (ТАУ).

ТАУ является теоретической основой технической кибернетики. Вначале она создавалась для изучения статики и динамики процессов автоматического управления техническими объектами. В настоящее время результатами ТАУ пользуются для изучения систем управления экономическими, организационными, биологическими и другими объектами.

Теория автоматического управления имеет целью решение прикладных инженерных задач и поэтому вынуждена использовать весьма сложный математический аппарат. Однако надо помнить, что он играет вспомогательную роль и приобретает значение в том случае, когда дает метод решения проблем ТАУ в виде алгоритма (модели), позволяющего довести решение до числовых значений. Разработка рабочего аппарата для анализа и расчета представляет собой порой не менее сложную задачу, чем разработка общего математического метода.

Техническая кибернетика и теория автоматического управления составляют научную основу автоматизации и, в частности, автоматизации промышленных производственных процессов. Сюда относятся методы построения моделей объектов, решения задач управления на основе разработанных принципов и алгоритмов.

Вопросы для самопроверки

1. Понятие системы в кибернетике и ее свойства.
2. Что такое объект управления и управляющее устройство?
3. Понятие движения в кибернетике.

4. Динамическая система и ее режимы.
5. Как описывается кибернетическая система?

4. СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Теория управления получила в свое время значительный импульс в развитии, когда учеными и инженерами было осознано, что базовые принципы управления не зависят от конкретной природы объекта. Основные законы механики, электротехники, теплотехники, гидравлики, газовой динамики и химии, которыми описывается поведение подавляющего большинства современных подвижных и технологических объектов, могут быть представлены аналогичными и даже совпадающими закономерностями в виде системы дифференциальных и алгебраических уравнений. Более того, многие из этих законов могут переходить друг в друга в результате инвариантных математических преобразований. Для подтверждения этого важного положения достаточно лишь напомнить, например, о постулате Максвелла, согласно которому уравнения движения сложной электромеханической системы составляются на основе глубокой аналогии между механическими движениями и процессами, протекающими в электрических цепях. Нетрудно указать подобную аналогию и в системах другой природы, что во многих случаях связано с единством законов сохранения.

Именно свойство инвариантности математических преобразований при составлении уравнений движения по существу и косвенно лежит в основе универсального подхода теории управления к различным по своей физической (химической, биологической и т.п.) природе задачам управления. Однако дальнейшая формализация этого подхода привела в настоящее время к непомерной математизации современной теории автоматического управления (СТАУ). С одной стороны, это позволяет опереться на фундаментальную математическую базу и привлечь к решению задач СТАУ мощные аналитические и численные методы с применением современных и перспективных ЭВМ. С другой же стороны, чрезмерная формализация, например линейной, ТАУ фактически превратила ее в одну из областей алгебры – теории матриц или, по меньшей мере, в область теории дифференциальных уравнений.

Обратимся теперь к фундаментальному понятию "оптимальная система". Само по себе введение термина "оптимальность" – это попытка отразить оценочное свойство через некоторое количественное соотношение, т.е. объективизировать, выразить количественно то качество, которое желательно придать синтезируемой системе. На наш взгляд, введение в СТАУ методов оптимального управления, как базовых и составляющих ее математическую основу, является лишь первым шагом к новому понима-

нию прикладных задач автоматического управления. Представляется достаточно очевидным, что следующим шагом должно быть введение в самую сущность прикладной теории управления фундаментальных естественных закономерностей, отражающих физическое (химическое, биологическое и т.п.) начало управляемого объекта. Необходимо синтезировать оптимальное управление с максимальным использованием естественных, природных свойств объекта. Это требование в полной мере согласуется с известным положением о том, что природа объекта определяет физическое и математическое содержание основной проблемы прикладной теории автоматического управления – синтеза, т.е. аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР).

Поставленная таким образом проблема СТАУ является принципиально новой и порождает крупные самостоятельные проблемы и задачи. При этом возникает труднейшая задача перехода от естественных принципов, учитывающих своеобразие объекта, к количественным, формализованным соотношениям. Для этого представляется перспективным использовать принципы (законы) сохранения, справедливые, как известно, для всех форм существования материи и являющихся инвариантами в тех предметных областях, к которым относится данный, конкретный объект управления.

Развитие основной проблемы СТАУ – синтеза оптимальных нелинейных систем – показало, что теория управления по многим признакам оказалась в плену редуccionистских методов, когда путем "склеивания" локальных описаний системы пытаются построить ее глобальное поведение. Хотя эти методы оказываются иногда успешными, например, в линейном случае, однако перспективный путь развития прикладной нелинейной теории управления, по-видимому, лежит в русле холистических, глобальных подходов, отражаемых путем применения всеобъемлющих принципов сохранения в процедурах синтеза оптимальных систем. В этом смысле можно утверждать, что эпоха подлинного, естественно-физического (химического, биологического и т.д.) оптимального управления еще только наступает. Это означает, что в основу "подлинно оптимального" управления целесообразно положить не только математическое содержание, получившее значительное развитие, но и физическое начало задач управления, которое в настоящее время выдвигается на первый план. Остановимся на этом положении.

Математика, как известно, занимается общими формальными закономерностями, в то время как физика в первую очередь интересуется качественными свойствами и особенностями конкретных явлений. В то же время и в физике имеются такие обобщающие фундаментальные понятия, как законы сохранения, присущие всем физическим процессам и выражен-

ные в основополагающем вариационном принципе. Этот принцип формально отражается в математической теории оптимального управления через критерии качества. Другими словами, в основу "подлинной оптимизации" нелинейных систем целесообразно положить не только математические конструкции стандартной теории оптимального управления, а в большей мере естественно-математические соотношения, отражающие, во-первых, фундаментальные физические закономерности, отражающие естественные свойства объекта и, во-вторых, технологические требования задачи управления в виде соответствующего критерия качества. Такой подход возвращает ТАУ к естественным источникам ее возникновения, но на новом, естественно-математическом витке ее развития. Именно введение в нелинейную теорию управления элементов физической (химической, биологической) естественности позволит по-новому подойти к построению процедур синтеза систем управления нелинейными объектами.

Наиболее общим физическим свойством всех объектов различной природы, как известно, является свойство сохранения – энергии, количества движения и др. Введение естественных физических (химических, биологических и др.) свойств объекта в процедуру синтеза наделяет замкнутую систему общими глобальными свойствами и позволяет выявить родство разнородных явлений, происходящих в объектах управления различной природы. Представление этих явлений на математическом языке отражает единство принципа сохранения в многообразии управляемых процессов. Этот новый естественно-математический подход к решению нелинейной проблемы оптимизации систем – основной проблемы СТАУ – глубоко связан с идеями физической теории управления, синергетики и теории нелинейных диссипативных систем.

5. ИНТЕГРАТИВНЫЙ ХАРАКТЕР ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, КАК НАУКИ ОБ ОБЩНОСТИ ПРИНЦИПОВ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЪЕКТАХ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

5.1. Управление как наука и искусство

Управление – древнейшее искусство и новейшая наука. Специалисты в области управления сходятся во мнении, что управление является частью больших политических, экономических, технологических, социальных и этических систем и основывается на собственных концепциях, принципах и методах, т.е. имеет серьезный научно-методический фундамент.

Любая наука представляет собой совокупность знаний и непрерывного поиска новых данных о природе и обществе с целью понять и объяснить явления и законы природы, частью которой является сам человек. В новом сложном явлении наука стремится определить его основу, которая обычно бывает гениально проста, открыть закономерности, скрывающиеся в кажущемся хаосе. **Главным в теории является не подробное описание исследуемого объекта, а изучение его основных свойств, выявление общих законов, связей для того, чтобы обеспечить принципиальную возможность установления новых знаний.**

Теория управления имеет свой, только ей присущий предмет исследований – она изучает закономерности организации управленческого процесса и возникающие во время этого процесса отношения между людьми, определяет методологические приемы, соответствующие специфике объекта исследований, разрабатывает систему и методы активного воздействия на объект управления и определяет способы предвидения и прогнозирования изучаемых процессов. Регистрация и систематизация явлений, раскрытие закономерностей и определение причинных связей между ними для разработки практических выводов и рекомендаций – основная задача любой науки, в том числе и науки управления.

Практическая деятельность человечества не сводится только к общественному производству, она охватывает все стороны жизни, развивает материальную и духовную культуру общества. Наука обычно опережает запросы практики, позволяет предвидеть новые явления, но при всей своей самостоятельности теория во многом зависит от практики, ищет в ней подтверждений или опровержений своих концепций – великий процесс восхождения мысли от абстрактного к конкретному. Практика оперирует непреложными, объективно-истинными фактами, хотя сами по себе они не могут решить проблемы. Гипотезы, предположения, интуитивные догадки могут рассыпаться, не выдержав критерия практики, но факты, послужившие основой для построения гипотез, остаются незыблемыми и лишь переходят из одной системы знания в другую. История развития теории управления с ее находками и поражениями, созданием новых оригинальных гипотез и отторжением их практикой подтверждает эту мысль. Наука располагает мощными средствами познания мира – методом анализа, т.е. расчленения явления на его составные части, свойства, ступени развития, и методом синтеза – обобщения, составления цельной картины изучаемого процесса. Анализ предшествует синтезу, их объединяет органическая, внутренне необходимая связь.

Теория управления персоналом или наука об административном управлении далеко не всегда может, к сожалению, опираться на дедуктивные и экспериментальные методы исследований, так как изучаемые явле-

ния нельзя изолировать от влияния внешней среды и побочных факторов. Помимо анализа и синтеза наука (и особенно искусство) располагает еще одним удивительным, таинственным инструментом – интуицией. Несомненно, что интуиция базируется на эмпирическом и теоретическом знании изучаемого явления, но внезапность срабатывания механизма интуиции, "озарение", остается загадкой, и надежда, что интуиция, как универсальная отмычка, способна вскрыть сейфы кладовых знаний, совершенно иллюзорна. Интуиция — результат напряженной работы человеческой мысли, постоянного, настойчивого поиска решения проблемы. Так было и со знаменитым яблоком Ньютона, и со сном Менделеева, и с музыкальными находками композиторов. Интуитивной находке еще предстоит пройти сложный путь от замысла, идеи, гипотезы до вердикта практики.

Поскольку управление является не только наукой, но и искусством, то роль интуиции в принятии управленческих решений особенно велика и ответственна, тем более что эти решения обычно принимаются при остром дефиците времени и обычно отмене не подлежат. Сейчас, когда наша страна находится в стадии мучительных поисков политических и экономических решений, особо важно, чтобы руководитель любого уровня понимал — успешное управление фирмой, предприятием и, наконец, государством возможно лишь при знании научных основ управления и умении творчески применить эти знания, т.е. при владении искусством управления.

В практической деятельности управляющие находятся в постоянном контакте с изменяющейся средой и обязаны принимать решения с учетом случайных явлений и конкретных ситуаций, основываясь на собственном опыте и интуиции. Творческие поиски оптимального, нетривиального решения придают управлению характерные черты искусства. Более того, ряд крупных ученых и практиков (Г. Кунц, С. О'Доннел и др.) категорично настаивают на том, что управление в первую очередь является искусством: "Процесс управления есть искусство, суть которого состоит в применении науки (основ организованного знания в области управления) к реальностям любой ситуации". И далее, о роли науки в управлении: "Хотя деятельность по управлению — это искусство, лица, занимающиеся ею, достигнут лучших результатов, если будут понимать и использовать лежащую в основе этого искусства науку. Когда важность результативности и эффективности группового сотрудничества признается в любом обществе, можно смело утверждать, что управление – важнейшее из всех искусств".

Во всех сферах человеческой деятельности наука и искусство не исключают, а дополняют друг друга. В управлении, когда в результате групповой деятельности любое решение отличается от альтернативных вариантов (если не целью, то методами), умение найти разумный компромисс с минимальными потерями является проявлением искусства управляющего.

Вполне объяснимо, почему среди достижений мировой управленческой мысли особое место занимает один из высших разделов теории управления — искусство управления. Действительно, не каждому дано овладеть этим искусством, как, впрочем, и любыми другими его видами, но знать основы искусства управления, стараться применять его важнейшие принципы и методы — обязанность каждого специалиста и руководителя любого уровня.

Грамотный инженер, хорошо знающий технику и технологию на своем участке работы, но не владеющий специальными знаниями и опытом управленческой работы, сможет в лучшем случае стать средним, заурядным руководителем, но если у него хватит решимости уйти от своего узкого, ограниченного профессиональными рамками мировоззрения специалиста, проявить настойчивость в изучении принципов и психологических основ управления, то, обладая талантом руководителя, он может стать настоящим организатором производства и признанным лидером своего коллектива.

Руководитель должен быть незаурядной личностью, мастерски владеющей искусством общения, убеждения, диалога, иметь острый, неординарный ум и солидную эрудицию во всех сферах жизни и знаний.

В широком смысле термин "искусство" применим к любой сфере человеческой деятельности, когда какая-либо работа выполняется умело, мастерски, искусно в технологическом, а часто и в эстетическом смысле.

Наука и искусство основаны на творчестве в отличие от репродуктивной деятельности, направленной на количественное воспроизведение достигнутого стандарта.

Теория управления не может дать готовые рекомендации для конкретных жизненных ситуаций, и каждый человек принимает решения, основываясь на интуиции и собственном опыте. Но любая импровизация опирается на глубокое знание законов, научно обоснованных и понятых человеком методов мастерства. В основе любого вида искусства лежат продуманные обобщения, возникающие в процессе творчества. По-настоящему можно понять произведение искусства, только постигнув законы композиции, законы творчества. Знание принципов управления делает выбор методов искусства управления более обоснованным и действенным. Кунц и О'Доннел в книге о системном и ситуационном анализе управленческих функций говорят: "Управление — это искусство, подобно медицине или композиторской деятельности, инженерному делу или футболу. Но всякое искусство использует лежащее в его основе организованное знание (концепции, теории, принципы, методы) и применяет его с учетом реальной обстановки для достижения желаемого практического результата".

Искусство управления – способность человека принимать нетривиальные решения в условиях дефицита информации и времени. В основе его лежат методология и принципы науки управления, которая, в свою очередь, является дисциплиной периода интеграции наук и опирается на достижения теории автоматического регулирования, теории информации, кибернетики, экономики и реагирует на изменения основных концепций политической жизни общества. Одновременно искусство управления впитало в себя мировые достижения психологии, логики, риторики, этики, философии, права, а также методы воздействия на личность и социум различных религиозных конфессий (рис. 5.1).

Профессиональная подготовка кадров управления является одним из высокорентабельных вложений, поскольку лишь выполнив эту задачу, мы сможем подняться на уровень высших экономических достижений и преодолеть пропасть нищеты, в которую скатывается страна в последние годы. "В стране, которой хорошо управляют, стыдятся бедности.



Рис. 5. 1. "Генеалогическое древо" искусства управления

В стране, которой управляют плохо, стыдятся богатства", — говорил Конфуций две с половиной тысячи лет назад, и нам нужно научиться управлять страной хорошо.

Словом, для эффективного управления необходимо знать его теоретические основы, иметь практический опыт и уметь творчески использовать теорию и практику, т.е. владеть искусством управления.

5.2. Особая сложность и актуальность теории и практики управления

Итак, цель науки управления – изучение и совершенствование принципов, структур, методов и техники управления. Поиск оптимальных методов управления ведется постоянно и в большом диапазоне, от технологических (ручное, автоматическое, телемеханическое управление, АСУ) до экономических, административных и социально-психологических. Метод управления можно определить как способ воздействия на управляемую систему для реализации поставленных задач. Методы управления зачастую дополняют друг друга, выбор их ориентирован на экономическую целесообразность, своевременность и доступность каких-либо из основных методов.

Решение проблем управления связано со значительными трудностями, так как наряду с процессами, которые поддаются количественным измерениям (затраты ресурсов в количественном и стоимостном выражении, расход энергии, металлоемкость и т.д.), есть и такие, что не поддаются объективной количественной оценке:

- эффективность действующих методов воздействия на коллектив,
- воздействие моральных стимулов и системы мотиваций на производительность труда, значение административного предвидения и прогнозирования, психологический климат и т.п.

Анализ и оценка этих явлений возможны лишь после длительного экспериментирования с последующей математической обработкой полученных результатов.

Процесс управления технологическими объектами, машинами, станками имеет свои сложности, но физические объекты значительно надежнее выполняют команды управления, их действия, алгоритм поведения вполне предсказуемы, а вот управлять людьми значительно сложнее. Человек, вежливо улыбаясь, может продолжать бездельничать, несмотря на самые строгие приказы и предупреждения, – таков уж человек, не всегда можно быть уверенным в логичности, целесообразности и предсказуемости его поведения.

Рост сложности систем управления определяется постоянным повышением производительности труда и скорости обработки оперативной информации, вводом в эксплуатацию все более сложных и совершенствованием действующих технологических объектов (энергетических и транспортных систем, каналов связи и т.п.), увеличением количества взаимодействия между элементами экономических и государственных систем.

Результаты социологических исследований являются необходимой базой для проверки теорий и гипотез управления, основанных на единстве анализа и синтеза процессов и факторов управления. Сложность выполняемых экспериментов и их последующая математическая обработка требуют привлечения большого количества квалифицированных научных специалистов, разработки специальных методик и программ.

Рост масштабов производства, его усложнение постоянно увеличивают удельный вес и численность специалистов, в том числе и управленцев, в общей численности работников фирм и предприятий, требующих специалистов в области управления. Статистические данные показывают, что к 1996 г. в России функционировало около 1 млн. самостоятельных предприятий, фирм и организаций, объединенных сложными хозяйственными и информационными связями. Постепенно восстанавливаются производственно-хозяйственные связи между. Сейчас, когда круг пользующихся техническими средствами обработки и передачи информации существенно расширился, необходимо при создании, закупке и эксплуатации технических и программных средств учитывать физиологические и психологические особенности и возможности людей. Весьма сложны и специфичны отношения как между руководителем и подчиненными, так и межличностные отношения внутри коллектива, которые должны быть под непрерывным, но ненавязчивым контролем. Эффективность функционирования этих сложных организационных систем во многом зависит от искусства руководителя, его таланта и знания законов управления. Труд квалифицированного менеджера оплачивается весьма высоко: средний оклад президента японской компании превышает заработок опытного рабочего в 11 раз, а в американских компаниях — более чем в 30 раз. Не случайно, что проблема элитарности специалистов в области управления в последние годы стала обращать на себя все более пристальное внимание, хотя еще в 1941 г. эта проблема изучалась в работе крупного специалиста по управлению Дж. Бэрнхема "Менеджерская революция". Автор одним из первых обратил внимание на то, что лидирующее положение в обществе переходит от собственников предприятий к менеджерам, которые образуют вполне определенный элитарный социальный слой. Такая социально-экономическая ситуация объясняется тем, что именно в руках менеджеров сконцентрирована фактическая власть, позволяющая им контролировать практически все технологические, социальные и финансовые процессы и влиять на стратегическое будущее предприятия. Растет и количество специалистов, осуществляющих функции управления

5.3. Управление как система

Развитие общества и народного хозяйства невозможно без реализации определенного свода законов, правил, норм, алгоритма поведения общества в целом и его составляющих – производственных коллективов, неформальных объединений людей вплоть до семьи как первичной основы социума. Этот процесс воздействия на социум, на его материальное производство и является предметом изучения науки управления. Несомненно, что каждый объект управления (государство, отрасль, предприятие, коллектив, личность) характеризуется существенными особенностями, отличиями, но научные методы управления имеют в своем арсенале общие принципы и методы воздействия на любой управляемый объект. Теория, практика и искусство управления применяются руководителем для достижения цели своей деятельности и позволяют выработать стратегию, комплекс средств и методов для решения поставленных задач при персональной ответственности за принимаемые управленческие решения. Определение целей, стратегии управления и осуществление принятых решений с помощью производственного коллектива составляют основной комплекс функциональных обязанностей руководителя.

Каждый из управляемых объектов является системой, состоящей из отдельных, но взаимосвязанных частей, элементов. Причем система приобретает новые свойства, которыми не обладают составляющие ее элементы. Так, толпа – это не сумма отдельных личностей, это новое образование, новый организм со своими особенностями, который подчиняется иным законам, чем составляющие ее отдельные люди. В общем случае система состоит из множества взаимосвязанных элементов, каждый из которых обладает присущими ему свойствами, но в целом все они действуют целенаправленно. Информационные связи между элементами системы исследуются логическим и математическим аппаратом кибернетики.

Управление обеспечивает непрерывное и целенаправленное воздействие на управляемый объект, которым может быть технологическая установка, коллектив или отдельная личность. Управление есть процесс, а система управления – механизм, который обеспечивает этот процесс. Любой динамический процесс, в котором могут участвовать и люди, состоит из отдельных процедур, операций и взаимосвязанных этапов. Их последовательность и взаимосвязь составляют технологию управленческого (в нашем случае) процесса. Строго говоря, технология управления состоит из информационных, вычислительных, организационных и логических операций, выполняемых руководителями и специалистами различного профиля по определенному алгоритму вручную или с использованием технических средств. Технология управления — это приемы, порядок, регламент выполнения процесса управления.

Часто технологический процесс управления осуществляется в условиях неопределенности, при неполноте исходной информации. Однако дефицит информации не является непреодолимым препятствием для принятия прогнозного управленческого решения. Например, при изменении условий внешней среды предприятие, стремящееся к выживанию и достижению максимальной прибыли, будет адекватно реагировать на эти изменения и механизм адаптации предприятия, принимаемые управленческие решения могут быть многовариантными (невольно напрашивается аналогия с естественным отбором в биологической эволюции).

Управление производством, как и управление коллективом, является процессом, характеризующимся совокупностью операций и методов воздействия управляющей подсистемы на управляемую.

Управленческая операция — законченное и целесообразное действие, направленное на выполнение конкретной задачи технического, организационного или социального характера. Каждая операция выполняется в соответствии с определенными правилами, инструкциями и должна быть увязана с предыдущими и последующими операциями технологического цикла. Прохождение операций во времени и пространстве и составляет процесс управления (рис. 5. 2).

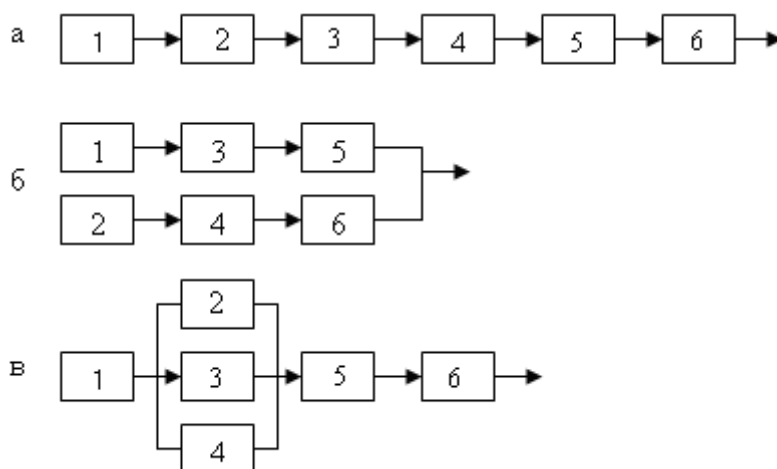


Рис. 5. 2 . Порядок выполнения операций: а – последовательный; б – параллельный; в – параллельно-последовательный

При последовательном сочетании операций каждая последующая начинается после окончания предыдущей, при параллельном – одновременно выполняются отдельные процедуры, что ускоряет процесс и создает условия для групповой обработки информации. Системы управления должны быть динамичными и детерминированными, т.е. обеспечивать ре-

акцию на изменения окружающей среды и взаимосвязь элементов, подразделений органов управления. Если в организационной структуре есть элемент, действия которого не влияют на поведение системы и не реализуют ни одну из целей ее функционирования, то это является верным признаком ненужности этого элемента.

Управление не может претендовать на статус точной науки, поскольку процесс управления протекает в условиях значительной неопределенности и для него характерно множество внешних и внутренних переменных. Однако наука управления позволяет систематизировать, анализировать управленческий процесс и разрабатывать рекомендации по его оптимизации. Принципиально процесс управления характеризуется двумя основными составляющими: управляющей системой и объектом управления. Этими составляющими могут быть руководитель и подчиненный, диспетчер и заводские цехи, человеческий мозг и управляемые им через нервную систему органы. Основная особенность процесса управления — единство и взаимосвязанность его составных частей, что обеспечивается обратной связью. В этом случае управление осуществляется по замкнутому циклу.



Рис. 5. 3. Принципиальная схема управления

Информация о состоянии управляемого объекта по каналу обратной связи поступает в орган сравнения (ОС) системы, который может внести необходимые коррективы в процесс управления.

Различают технические системы (энергосистемы, нефте-, газопроводы, информационно-вычислительная сеть, технологический процесс и т.д.), социально-экономические системы (отдельные предприятия, отрасли, транспортные системы, сфера обслуживания и торговля и т.п.) и отдельно выделяют особо сложные системы – организационные, основным элементом которых является человек – элемент сам по себе сложный, активный и далеко не всегда предсказуемый.

Для оптимизации и особенно автоматизации управления необходимо разрабатывать формализованные модели, но составить модель организационной системы весьма трудно, а иногда и просто невозможно. Однако в организационных системах именно человек принимает управляющие ре-

шения, и потребность в формализации его действий особенно велика. Организационные системы находятся в состоянии постоянного развития, которое связано с появлением новых потребностей, с постоянным изменением хозяйственного механизма, внутренних и внешних условий, а это влечет за собой изменение связей между элементами системы и всей системы в целом. Можно констатировать, что основной задачей организационной системы является динамическое управление совокупностью взаимосвязанных объектов с изменяющейся структурой.

Для удобства изучения и совершенствования систем выполняется декомпозиция систем, т.е. их расчленение на группы элементов, объединяемых по какому-то определенному признаку и называемых подсистемами.

Если процесс управления осуществляется человеком (оператор, диспетчер, в общем случае – руководитель), то такая система называется неавтоматической (рис. 5.4). Воздействие на управляемый объект в таких системах может осуществляться различными способами: механическим или электрическим (гидравлический или пневматический привод, изменение величины тока, напряжения или частоты переменного тока, комбинация электрических импульсов – системы телемеханики и т. д.), по телефону или с помощью другого устройства связи, если управляемый объект имеет исполнителей. Все эти средства передачи сигналов управления образуют цепь управления объектом.



Рис. 5. 4 . Схема неавтоматического (ручного) управления объектом

Для целесообразного управления объектом руководитель должен иметь информацию о его состоянии с помощью приборов или через исполнителей. Эта информация поступает руководителю по каналу обратной связи, сравнивается с требуемым режимом работы, и в случае необходимости на управляемый объект посылаются сигналы регулирования. Следует подчеркнуть, что объектом управления может быть не только техническое устройство, технологическая линия, но и такие сверхсложные управляемые системы, как коллектив, семья, личность. В этом случае управление системой часто бывает весьма трудным, требующим большого опыта, знаний и

искусства, так как ее реакции на команды управления зачастую неадекватны, иногда даже непредсказуемы и парадоксальны.

В автоматических системах управления технологический процесс осуществляется без непосредственного участия человека (рис. 5. 5). В этих случаях роль человека передается регулятору, который на основании полученной информации принимает соответствующее решение (эта антропоморфная, "человекоподобная" терминология прочно укрепились в науке и технике, хотя, естественно, регулятор не "думает" и не "принимает решений").



Рис. 5. 5. Схема автоматического управления объектом

Функции одного из самых совершенных регуляторов обычно выполняет компьютер с его колоссальным быстродействием и практически неограниченной памятью. И очень существенно, что решения компьютера абсолютно объективны, он не знает состояния похмелья, ему нельзя предложить взятку, он не реагирует ни на голубые, ни на карие глаза и не подвержен стрессам.

Комплексная автоматизация является основным направлением научных и практических исследований, имеющих целью повышение производительности труда, принципиальное увеличение надежности работы систем и создание новой информационной технологии. Области применения автоматизированных систем постоянно расширяются, они поглощают все новые и новые сферы привычной деятельности человека. Им поручается управление особо сложными технологическими процессами, доверяются системы контроля и управления системами жизнеобеспечения, автоматические системы незаменимы для управления быстро протекающими во времени или опасными для жизни человека технологическими процессами. Ведь кто-то сейчас, в эту минуту, управляет технологическим процессом производства взрывчатых веществ — пороха, динамита, тринитротолуола, нитроглицерина, кто-то занят производством высокотоксичных, ядовитых медицинских препаратов — во всех этих производственных процессах участие человека крайне нежелательно. Весь комплекс космических иссле-

дований, наведение ракеты на стратегическую цель, управление сложными энергетическими системами, где процессы протекают практически мгновенно, системы защит, блокировок, ввода резерва – ведение всех этих технологических процессов, как и многих других, совершенно невозможно без автоматических систем управления. И магистральный путь современной науки и техники – передать из ненадежных рук человека управление возможно большим количеством объектов системам комплексной автоматизации, чтобы не повторились аварии и катастрофы типа черновобильской. Из всего спектра автоматических систем (информационных, обработки информации, советующих) наиболее перспективными являются автоматизированные системы принятия решений, в которых вариант решения, рассчитанный компьютером и сверенный с системой целей, принимается к исполнению автоматически через соответствующие исполнительные механизмы.

Любопытно сравнить автоматическую систему управления с системой управления и регулирования, действующей в живом организме (нам нужны будут эти аналогии). Великий русский физиолог И. П. Павлов писал: "Животный организм как система существует среди окружающей природы только благодаря непрерывному уравниванию этой системы с внешней средой, т.е. благодаря определенным реакциям живой системы на попадающие на нее извне раздражения, что у более высших животных осуществляется преимущественно при помощи нервной системы в виде рефлексов". Центральная нервная система (спинной и головной мозг), выполняющая функции регулятора, связана через двигательные нервы с органами, являющимися управляемыми объектами (рис. 6. 6).

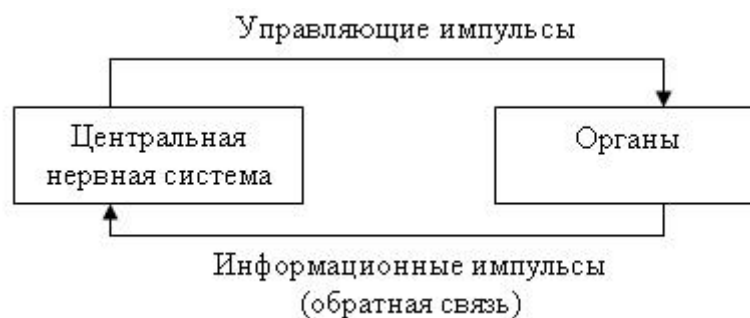


Рис. 5. 6. Схема управления органами живого организма

Рассматривая приведенные схемы управления, можно сделать вывод об их существенном структурном сходстве и о совпадении функций аналогичных элементов различных систем управления. Во всех рассмотренных системах, где роль управляющего объекта выполняет человек, регулятор или мозг, имеется замкнутый контур управления, по которому циркулирует информация, — канал связи. По каналам связи информация может быть передана различными способами: механическим, пневматическим, элек-

трическим или с помощью нервных коммуникаций в живых организмах. Это удивительное подобие процессов управления и регулирования в машинах, живых организмах и даже в обществе (причем не только в человеческом, но также среди животных, насекомых) уже давно было отмечено учеными различных отраслей знания, изучалось ими, и можно было предвидеть выход на новые рубежи знания.

6. ПРОБЛЕМА ЦЕЛОСТНОГО ПОНИМАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА, КАК ЕДИНОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Как известно, в основе научно-фундаментальных знаний бакалавра и магистра лежит та научная картина мира, которая формируется в процессе изучения принятой в настоящее время базовой парадигмы естествознания. Очевидно, что сейчас чрезвычайно актуальна проблема целостного видения и понимания окружающего мира – природы, техники, человека и общества – как единого эволюционного процесса. Именно синтез гуманитарных и естественных наук, возврат к изначально единой культуре человека и есть тот путь к новому пониманию природы, человека, техники и общества как к единому эволюционному процессу, который должен быть сформирован у будущего выпускника университета. До сих пор многие вузы выпускали, по большей мере, «широких специалистов» в весьма узких областях, а чаще – «узких специалистов» для вертикального бурения «колодцев специализации». В науке уже давно бытует метафора о шахтном способе добычи различных специальных знаний. Эта метафора фактически существует с момента зарождения классической науки. Великий Ньютон писал: «Тот, кто копается в глубоких шахтах знания, должен, как и всякий землекоп, время от времени подниматься на поверхность подышать свежим воздухом». Очевидно, Ньютон тогда, на заре классической науки, не предполагал, что именно такой, казавшийся весьма эффективным, способ получения знаний, приведет через 300 лет к своей противоположности, т.е. станет фактически преградой на пути развития науки. Сейчас всем ясно, что именно узкая специализация приводит к перепроизводству информации, т.е. ведет к неожиданному парадоксу: чрезмерно большое количество частных результатов приводит к информационному голоду в разных областях знания.

И, как это ни покажется странным, именно компьютер – великое изобретение человека – в немалой степени способствует информационному голоду. Дело в том, что современный компьютер, оперируя с огромным количеством данных, создает у неискушенного студента иллюзию всеохватности изучаемой проблемы. В действительности же компьютер способствует размножению деталей и частных рассматриваемого явления,

придавая важную роль «дико частным» случаям. Знаменитый кибернетик С. Бир еще в 1970 г. писал: «Данные – это злокачественная опухоль, новейшая разновидность загрязнения окружающей среды». К сожалению, положение с тех пор только усугубилось. Современная повальная шизофреническая увлеченность компьютерами уводит студента от качественного мышления и целостного восприятия окружающего мира. Наивные любители компьютерных забав, среди которых немало тех, кто ни разу в своей жизни не встречался с реальными явлениями, «пудрят мозги» студентам о всеисильности компьютеров, транслируя свою научную инфантильность на новое поколение. Этим «ученым» следовало бы знать и правдиво сообщить студенту, что никакого компьютерного интеллектуального прорыва, к глубокому сожалению, вовсе не произошло. Человечество продолжает «топтаться» возле старых принципиально трудных задач. Современные суперкомпьютеры так и не решили многие из «вечных» и широко известных задач, например, задачу полного исследования динамики трех (всего лишь!) тел или задачу среднесрочного (несколько месяцев!) прогноза погоды и т.д. Интеллектуальная «мощь» человечества уперлась в динамическую задачу третьего порядка. В этом смысле человечество все еще остается «темным» – в мифологиях многих народов по поводу размерности проблем говорится: «Один, два, а дальше – тьма!». Так, что компьютеры пока еще не вывели нас из многовековой интеллектуальной тьмы и, похоже, в обозримом будущем они этого не сделают. А ведь нас окружают сплошь высокоразмерные нелинейные проблемы, не решив которые мы останемся в положении «интеллектуального дикаря» с компьютером. Отсюда понятно, что всякая суeta с информатизацией высшего образования в России, как новой панацеи от всего и вся, – это, по меньшей мере, нелепость и некомпетентность ее лукавых приверженцев. Россия уже проходила этапы всеобщей электрификации, химизации, АСУ-шизации и т.д.

В основе информатизации лежат так называемые «новые информационные технологии» (НИТ), т.е. нечто зыбкое, непрерывно меняющееся и, следовательно, частное. Однако, как известно, базовыми постулатами высшего образования являются универсальность и фундаментальность, т.е. то, что не подвержено суетливости и сиюминутному модному поветрию. Это означает, что НИТ не могут в принципе явиться базисом или концепцией современного образования. Компьютер и НИТ – это, конечно, замечательный и весьма удобный технологический инструмент, который, однако, не может быть «героем» высшего образования по своей сущности. Для формирования концепции университетского высшего образования, очевидно, следует опираться на нечто более фундаментальное, а именно на новые универсальные закономерности современного естествознания. «Мы унаследовали, – говорил великий физик Э. Шредингер, – от наших предков

острое стремление к объединяющему, всеохватывающему знанию. Самое название, данное высочайшим институтом познания – университетом, напоминает нам, что с древности и в продолжение многих столетий универсальный характер знаний был единственным, к чему могло быть полное доверие».

Итак, современная концепция высшего российского образования заключается вовсе не в простейшей информатизации. Основоположник синергетики и известный физик Г. Хакен говорил: «Информацию, перегруженную огромным количеством деталей, затемняющих существо дела, необходимо сжать, превратив в небольшое число законов, концепций и идей». И в этой связи возникает вопрос: учитывая непомерную специализацию прикладных и технических наук, на какой единой научной базе формировать у студента указанный целостный взгляд на окружающий нас мир? Оказалось, что в последние годы в силу самой логики развития науки в ней начались и сейчас значительно ускорились интеграционные процессы, связанные с кооперативными явлениями. Указанное обобщающее направление о сложных процессах различной природы – синергетика – базируется на современных физико-математических подходах, существенно отличающихся от классических методов, на которых основано современное образование, свойством самоорганизации в нелинейных системах. В настоящее время формируется новая интегральная наука – синергетика, изучающая коллективные вопросы самоорганизации, охватывающие практически все современные отрасли знаний о косной и живой природе, технические и экономические науки. Эта обобщенная наука основана на нелинейной динамике и теории самоорганизации, как базовых научных дисциплинах. Учитывая обобщенный характер синергетики как единой теории самоорганизации систем любой природы, она непременно должна изучаться всеми магистрами и аспирантами современного университета.

Буквально на глазах, в течение короткого времени синергетика – теория самоорганизации – превращается во всеобщую теорию развития, имеющую весьма широкие мировоззренческие последствия. Смысл и содержание этой новой интегральной науки состоит в том, что в открытых системах, обменивающихся с внешней средой энергией, веществом и информацией, возникают процессы самоорганизации, т.е. процессы рождения из физического (биологического, экономического, социального) хаоса некоторых устойчивых упорядоченных структур с новыми свойствами систем. Это общее определение справедливо для систем любой природы. Подчеркнем два фундаментальных свойства высокоэффективных синергетических систем любой природы – это, во-первых, обязательный обмен с внешней средой энергией, веществом и информацией и, во-вторых, непременно взаимосодействие, т.е. когерентность поведения между компонен-

тами системы. Об этих кардинальных свойствах синергетических систем следует знать как современному руководителю коллектива, так и специалисту в конкретной области деятельности.

Синергетика, по существу, является тем эволюционным естествознанием, которое позволяет теперь уже говорить о возникновении единого метаязыка инженера, естествовника и гуманитария и, следовательно, осуществить возврат к целостному пониманию природы на основе единой научной концепции. Эта концепция современного естествознания, ставшая общепризнанной и у нас, и за рубежом, должна быть включена в структуру научно-фундаментального образования выпускника технического университета. На основе данной концепции можно построить новое отношение к процессу интегрального познания и самой науки; разрушить барьеры, установленные между отдельными отраслями высшего образования, науки и техники в виде специальных терминов и узкого профессионализма. В настоящее время общим признаком, характерным для многих отраслей знания, является выявление и формирование самоорганизующихся устойчивых структур, отражающих фундаментальные принципы современной науки.

7. РОЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНФОРМАТИКИ В ТЕОРИИ И ТЕХНИКЕ УПРАВЛЕНИЯ

7.1. История развития вычислительной техники и информатики

Появление и развитие электронной вычислительной техники во второй половине XX века оказало и продолжает оказывать огромное влияние на мировое общество и мировую экономику. Значимость информационных технологий на основе компьютеризации носит глобальный характер. Их воздействие касается государственных структур и институтов гражданского общества, экономической и социальной сфер, науки и образования, культуры и образа жизни людей.

В наше время жизнь каждого отдельного человека и всего социума в целом тесно связана с компьютером. Электронно-вычислительная техника всё шире входит во все сферы нашей жизни. Компьютер стал привычным не только в производственных целях и научных лабораториях, но и в студенческих аудиториях и школьных классах. Непрерывно растёт число специалистов, работающих с персональным компьютером, который становится их основным рабочим инструментом. Ни экономические, ни научные достижения невозможны теперь без быстрой и четкой информационной связи и без специального обученного персонала.

В продолжение всей истории вычислительной техники дискутируется проблема специализации средств вычислительной техники (СВТ) и вычислительных систем (ВС) в постановке: альтернатива это или дополнение к направлению развития универсальных компьютерных систем. Станет ли «универсальная» ВС «специализированной», если в ее состав будет включен, например, специализированный процессор? Вместе с тем, любая конкретная универсальная ВС ограничена сферой своего целевого назначения и вследствие этого приобретает свойства специализированности (по крайней мере, на уровне прикладного программного обеспечения).

Академик В.М. Глушков подчеркивал: «... требования увеличения эффективности оборудования, а также упрощения программирования и облегчения общения с человеком ведут к специализации процессоров, хотя каждый из таких специализированных процессоров будет оставаться алгоритмически универсальным и потому в принципе пригодным и для других применений»

Кроме того, успешная реализация ряда современных проектов, связанных с разработкой и производством современных военных систем, позволяет говорить о серьезном прорыве в традиционных подходах к формированию технической и бизнес-политики создания компьютерных систем. Основу этого прорыва составляет то, что для реализации военных проектов широко использованы готовые аппаратные и программные технологии открытого типа, ранее широко апробированные и стандартизированные на рынке общепромышленных гражданских приложений. Это так называемые COTS-технологии (Commercial Off-The-Shelf – «готовые к использованию»). Нормативная база COTS-технологий развивается и поддерживается как в рамках международных (IEC/МЭК, ISO) и национальных (ANSI, DIN, IEEE, ГОСТ) организаций по стандартизации, так и в рамках крупных профессиональных консорциумов (ARINC, PCISIG, VITA, PICMG, Group IPC и т.д.). Стандартизация ведется совместными усилиями большого числа конкурирующих компаний: Motorola, HP, IBM, Sun, производящих совместимую серийную технику.

7.2. Тенденции развития вычислительных систем

Информатика и её практические результаты становятся важнейшим двигателем научно-технического прогресса и развития человеческого общества. Её технической базой являются средства обработки и передачи информации. Скорость их развития поразительна, в истории человечества этому бурно развивающемуся процессу нет аналога. Можно утверждать, что история вычислительной техники уникальна, прежде всего, фантастическими темпами развития аппаратных и программных средств. В послед-

нее время идет активный рост слияния компьютера, средств связи и бытовых приборов в единый набор. Будут создаваться новые системы, размещенные на одной интегральной схеме и включающие кроме самого процессора и его окружения, еще и программное обеспечение.

Главной тенденцией развития вычислительной техники в настоящее время является дальнейшее расширение сфер применения ЭВМ и, как следствие, переход от отдельных машин к их системам – вычислительным системам и комплексам разнообразных конфигураций с широким диапазоном функциональных возможностей и характеристик.

Наиболее перспективные, создаваемые на основе персональных ЭВМ, территориально распределенные многомашинные вычислительные системы – вычислительные сети – ориентируются не столько на вычислительную обработку информации, сколько на коммуникационные информационные услуги: электронную почту, системы телеконференций и информационно-справочные системы.

Специалисты считают, что в первой четверти XXI в. в цивилизованных странах произойдет смена основной информационной среды. Удельные объемы информации, получаемой обществом по традиционным информационным каналам (радио, телевидение, печать) станут катастрофически малы по сравнению с объемами получаемой информации посредством компьютерных сетей.

Прогнозируется дальнейший рост массового производства и распространения персональных ЭВМ, встраиваемых микропроцессоров, создания глобальных и региональных сетей обмена информацией. Примером здесь является развитие сети Internet.

Уже сегодня пользователям глобальной сети Internet стала доступной практически любая находящаяся в хранилищах знаний этой сети не конфиденциальная информация.

Электронная почта Internet позволяет получить почтовое отправление из любой точки Земного шара (где есть терминалы этой сети) через 5 с, а не через неделю или месяц, как это имеет место при использовании обычной почты.

В Массачусетском университете (США) создана электронная книга, куда можно записывать любую информацию из сети; читать эту книгу можно, отключившись от сети, автономно, в любом месте. Сама книга в твердом переплете, содержит тонкие жидкокристаллические индикаторы – страницы с бумагообразной синтетической поверхностью и высоким качеством "печати".

При разработке и создании собственно ЭВМ существенный и устойчивый приоритет в последние годы имеют сверхмощные компьютеры – суперЭВМ и миниатюрные, и сверхминиатюрные ПК. Ведутся, как уже

указывалось, поисковые работы по созданию ЭВМ 6-го поколения, базирующихся на распределенной нейронной архитектуре, – нейрокомпьютеров. В частности, в нейрокомпьютерах могут использоваться уже имеющиеся специализированные сетевые МП – транспьютеры.

Транспьютер – микропроцессор сети со встроенными средствами связи. Например, транспьютер IMS T 800 при тактовой частоте 30 МГц имеет быстродействие 15 млн. оп/с (операций в сек.), а транспьютер Intel WARP при тактовой частоте 20 МГц – 20 млн. оп/с (оба транспьютера 32-разрядные).

Ближайшие прогнозы по созданию отдельных устройств ЭВМ:

1. Микропроцессоры с быстродействием 1000 MIPS (MIPS – скорость операций в единицу времени) и встроенной памятью 16 Мбайт.
2. Встроенные сетевые и видеоинтерфейсы;
3. Плоские (толщиной 3-5 мм) крупноформатные дисплеи с разрешающей способностью 1000x800 пикселей и более;
4. Портативные, размером со спичечный коробок, магнитные диски емкостью более 100 Гбайт. Терабайтные дисковые массивы на их основе сделают практически ненужным стирание старой информации.

Повсеместное использование мультиканальных широкополосных радио-, волоконно-оптических, а в пределах прямой видимости и инфракрасных каналов обмена информацией между компьютерами обеспечит практически неограниченную пропускную способность (трансфер до сотен миллионов байт в секунду).

Широкое внедрение средств мультимедиа, в первую очередь аудио- и видеосредств ввода и вывода информации, позволит общаться с компьютером на естественном языке. Мультимедиа нельзя трактовать узко, только как мультимедиа на ПК. Можно говорить о бытовом (домашнем) мультимедиа, включающем в себя и ПК, и целую группу потребительских устройств, доводящих потоки информации до потребителя и активно забирающих информацию у него.

Этому уже сейчас способствуют:

1. Зарождающиеся технологии медиа-серверов, способных собирать и хранить огромнейшие объемы информации и выдавать ее в реальном времени по множеству одновременно приходящих запросов;
2. Системы сверхскоростных широкополосных информационных магистралей, связывающие воедино все потребительские системы.

Названные ожидаемые технологии и характеристики устройств ЭВМ совместно с их общей миниатюризацией могут сделать всевозможные вычислительные средства и системы вездесущими, привычными, обыденными, естественно насыщающими нашу повседневную жизнь.

Специалисты предсказывают в ближайшие годы возможность создания компьютерной модели реального мира, такой виртуальной (кажущейся, воображаемой) системы, в которой мы можем активно жить и манипулировать виртуальными предметами. Простейший прообраз такого кажущегося мира уже сейчас существует в сложных компьютерных играх. Но в будущем можно говорить не об играх, а о виртуальной реальности в нашей повседневной жизни, когда нас в комнате, например, будут окружать сотни активных компьютерных устройств, автоматически включающихся и выключающихся по мере надобности, активно отслеживающих наше местоположение, постоянно снабжающих нас ситуационно необходимой информацией, активно воспринимающих нашу информацию и управляющих многими бытовыми приборами и устройствами.

Информационная революция затронет все стороны жизнедеятельности, появятся системы, создающие виртуальную реальность:

1. Компьютерные системы – при работе на ЭВМ с "дружественным интерфейсом" абоненты по видеоканалу будут видеть виртуального собеседника, активно общаться с ним на естественном речевом уровне с аудио- и видеоразъяснениями, советами, подсказками. "Компьютерное одиночество", так вредно влияющее на психику активных пользователей ЭВМ, исчезнет.

2. Системы автоматизированного обучения – при наличии обратной видеосвязи абонент будет общаться с персональным виртуальным учителем, учитывающим психологию, подготовленность, восприимчивость ученика.

3. Торговля – любой товар будет сопровождаться не магнитным кодом, нанесенным на торговый ярлык, а активной компьютерной табличкой, дистанционно общающейся с потенциальным покупателем и сообщаящей всю необходимую ему информацию – что, где, когда, как, сколько и почем.

Техническое обеспечение, необходимое для создания таких виртуальных систем:

1. Дешевые, простые, портативные компьютеры со средствами мультимедиа;

2. Программное обеспечение для "вездесущих" приложений.

3. Миниатюрные приемопередающие радиоустройства (трансиверы) для связи компьютеров друг с другом и с сетью.

4. Распределенные широкополосные каналы связи и сети.

Многие предпосылки для создания указанных компонентов, да и простейшие их прообразы уже существуют.

Но есть и проблемы. Важнейшая из них – обеспечение прав интеллектуальной собственности и конфиденциальности информации, чтобы личная жизнь каждого из нас не стала всеобщим достоянием.

Характерной чертой компьютеров пятого поколения обязано быть внедрение искусственного интеллекта и естественных языков общения. Предполагается, что вычислительные машины пятого поколения будут просто управляемы. Пользователь сумеет голосом подавать машине команды.

Предполагается, что XXI век будет веком наибольшего использования достижений информатики в экономике, политике, науке, образовании, медицине, быту, военном деле.

Главной тенденцией развития вычислительной техники в настоящее время является дальнейшее расширение сфер внедрения ЭВМ и, как следствие, переход от отдельных машин к их системам – вычислительным системам и комплексам разнообразных конфигураций с широким спектром функциональных возможностей и черт.

Примерная характеристика компьютеров шестого поколения:

Характеристики VI поколение

Элементная база Оптоэлектроника, криоэлектроника

Размер (габариты) карманные и меньше

Максимальное быстродействие процессора неограниченно

Максимальный объем ОЗУ?

Периферийные Ввод с голоса, голосовое общение, машинное «зрение» и «осознание» и пр. Программное обеспечение Интеллектуальные программные системы

Области применения: В творческой деятельности человека, искусственный интеллект.

7.3. Тенденции развития информатики

В области научной методологии происходит философское переосмысление роли информации и информационных процессов в развитии природы и общества. Информационный подход становится фундаментальным методом научного познания.

Для теоретической информатики наиболее перспективными представляются исследования общих свойств информации, изучение принципов информационного взаимодействия в природе и обществе, основных закономерностей реализации информационных процессов.

Открываются новые возможности для информатизации экономики, управления городским хозяйством, транспортными системами, а также материальными и людскими ресурсами.

Существенное расширение функциональных возможностей получают информационные технологии по обработке и использованию изображений, речевой информации, полнотекстовых документов, результатов

научных измерений и массового мониторинга (особенно в связи с развитием электронных библиотек, а также электронных полнотекстовых архивов).

Продолжаются поиски эффективных методов формализованного представления знаний, в том числе нечетких и плохо формализуемых, а также методов их использования при автоматизированном решении сложных задач в различных сферах социальной практики.

На недостаточном уровне находится использование достижений информатики в исследовании человека, медицине, развитии культуры. Связано это как с финансовыми ограничениями, так и с отставанием в области подготовки специалистов в соответствующих предметных областях, хорошо владеющих средствами и методами информатики.

Информатика как современная наука, непосредственно связанная с информационными технологиями и техническим прогрессом, не может оставаться на текущем уровне развития, она меняется и развивается. Языки программирования, как важная часть информатики, так же имеют определенные тенденции и перспективы совершенствования и развития.

Прогресс компьютерных технологий определил процесс появления новых разнообразных знаковых систем для записи алгоритмов – языков программирования. Смысл появления такого языка – оснащенный набор вычислительных формул дополнительной информации, превращает данный набор в алгоритм.

Язык программирования служит двум связанным между собой целям: он дает программисту аппарат для задания действий, которые должны быть выполнены, и формирует концепции, которыми пользуется программист, размышляя о том, что делать. Первой цели идеально отвечает язык, который настолько "близок к машине", что всеми основными машинными аспектами можно легко и просто оперировать достаточно очевидным для программиста образом. Второй цели идеально отвечает язык, который настолько "близок к решаемой задаче", чтобы концепции ее решения можно было выражать прямо и коротко.

Тенденции развития языков программирования обусловлены следующими причинами:

1. Потребность в решении более сложных и разнообразных задач. Первые ЭВМ имели ограниченные возможности, следовательно, и программы были простыми. В процессе эволюции вычислительной техники от нее требовалось решение все более сложных и разнообразных задач. Следовательно, язык программирования должен был позволять писать программы для решения этих новых задач. Это способствовало появлению и развитию в языках программирования различных новых технологий.

Например, пользуется широкой популярностью технология объектно-ориентированного программирования.

2. Программы становились сложнее и больше по объему. Появилось стремление к повышению эффективности процесса создания программ. Поэтому существует тенденция в развитии языков программирования к быстрому написанию программ. Здесь также следует отметить появление множества систем визуального программирования, в какой-то степени облегчающие труд программиста.

3. Желание, чтобы программы работали на разных платформах, привело к развитию независимости от ЭВМ языков системного программирования. Языки системного программирования, на которых создаются операционные системы, трансляторы и другие системные программы, развиваются в направлении независимости от ЭВМ. Так, например, большая часть операционных систем написана на языке С, а не на ассемблере. Например, операционная система Unix практически полностью написана на С.

4. Большие проекты предусматривают совместный труд множества программистов. В возможности легкой командной работы хорошо себя зарекомендовала технология объектно-ориентированного программирования. Поэтому большинство современных языков программирования поддерживают ООП.

Таким образом, языки программирования развиваются в сторону все большей абстракции от реальных машинных команд. И самым очевидным преимуществом здесь является увеличение скорости разработки программы.

Также приоритетным направлением информатики является разработка интеллектуальных систем. Интеллектуальная система (ИС, англ. intelligent system) — это техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока — базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс.

8. ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Существующая теория управления весьма успешно освоила методы довольно грубого внешнего воздействия на различные объекты, однако, на наш взгляд, наступило время пересмотра силовых подходов в задачах управления и перехода на идеи самоорганизации синергетики. Отсюда вытекает насущная потребность поиска путей целевого воздействия на процессы самоорганизации в нелинейных динамических системах. Другими словами, возникла необходимость создания способов формирования и воз-

буждения внутренних сил взаимодействия, которые могли бы породить в фазовом пространстве систем диссипативные структуры, адекватные физической (химической, биологической) сущности соответствующей системы.

В существующей теории управления математический формализм во многом подавляет физическое содержание задачи управления. В этой связи возникает фундаментальная проблема поиска общих объективных законов управления, которая сводится к максимальному учету естественных свойств объекта соответствующей физической (химической, биологической) природы. Эта принципиально новая проблема теории управления порождает крупные самостоятельные задачи в тех предметных областях, к которым принадлежит соответствующий объект управления. Последние результаты общей теории развития и синергетики позволяют надеяться, что теория управления, как и другие науки, способна пойти путем естественности с целью перехода на новые концептуальные основы.

Концепция управляемого взаимодействия энергии, вещества и информации в последнее время все большее внимание уделяется проблеме выявления глубокой связи детерминированного поведения сложных нелинейных динамических систем с информационными процессами, возникающими в этих системах в результате их взаимодействия с внешней средой. Перейдем к рассмотрению поведения таких систем.

В технических системах сигнал управления обычно очень мал по сравнению с силовым воздействием через усилитель мощности на соответствующий объект. Для задач управления важна не столько мощность сигнала управления, сколько его смысловое содержание, отражаемое информационными символами. Синергетика показала, что аналогичные информационные процессы протекают не только в искусственно созданных системах управления, но и могут возникать в естественных физических системах, находящихся на границе устойчивости. Маломощные сигналы, действующие на такие системы в точках их бифуркаций, могут привести к значительным и даже катастрофическим последствиям. Это так называемые сложные открытые системы, которые, попав в область неравновесности, показывают сложное динамическое поведение, в том числе и хаотическое. Для такого рода систем существенно важно рассмотрение их поведения как с точки зрения динамики, когда доминирующую роль играет энергия, так и с точки зрения протекающих в них информационных процессов, когда основную роль играет «смысловое» содержание сигналов управления. Иначе говоря, возникает проблема исследования совместного воздействия энергии, вещества и информации в сложных нелинейных системах в условиях их термодинамической неравновесности и влияния бифуркаций. В таких условиях в системе может возникнуть самоорганизация, когда

процессы (энергетический и, следовательно, динамический и информационный) образуют неразрывное целое, приводящее к когерентному поведению огромного числа переменных нелинейной системы.

Итак, возникает новая актуальная проблема изучения нелинейных процессов в сложных физических открытых системах, через которые протекают потоки энергии, вещества и информации (негэнтропии). В таких системах могут возникать сложные диссипативные структуры и протекать кооперативные процессы, то есть проявляется свойство самоорганизации. В открытой системе со сложной внутренней структурой может произойти разделение на две подсистемы: динамическую (силовую) и информационную (управляющую), которые тесно взаимодействуют друг с другом. Указанное явление расслоения единой системы суть следствие существенной сложности ее фазового портрета, когда параметры порядка, описывающие поведение системы в неравновесной области, находятся в сложной нелинейной зависимости друг от друга. В этом случае траектории системы могут быть чрезвычайно чувствительны к малым флуктуациям, проходя последовательно многие точки бифуркации. В результате изображающая точка (ИТ) системы будет легко перебрасываться с одной траектории на другую вследствие действия малых внешних возмущений или небольших структурных изменений в системе.

Учитывая возможность указанного структурного разделения, в таких системах целесообразно выделить в отдельную структуру управления те блоки, которые оказывают сильное влияние на динамику систем с помощью малых информационных сигналов. Отсюда следует, что сложные физические системы могут сами собой разделяться на два иерархических уровня – энергетический (динамический) и информационно-управляющий. При этом в качестве второй управляющей подсистемы может выступать весь внешний мир. Для нас же важно использовать эти базовые положения современной нелинейной науки для развития синергетической концепции управляемого динамического взаимодействия энергии, вещества и информации, которая может быть положена в основу нового подхода для решения сложной современной проблемы синтеза объективных законов управления нелинейными объектами с учетом протекающих в них тонких физических процессов.

Перейдем к рассмотрению некоторых положений этой концепции. При задании переменных состояния сложной физической системы (например, ее координат и импульсов) с некоторой точностью мы можем определить количество информации: $S = h \frac{V}{\Delta V}$, где V – полный объем фазового пространства, а ΔV – доля фазового объема в начальном состоянии системы. Это означает, что в таких системах, помимо динамических (то есть си-

ловых взаимодействий), существенное значение приобретает информационная компонента, связанная с заданием координат начального состояния. Тогда фазовые траектории можно изменять с помощью маломощных сигналов путем создания управляющей части, которая следит за текущей траекторией и направляет ее в нужную нам сторону с помощью информационных сигналов управления.

Используя понятие энтропии, можно дать следующую интерпретацию концепции порядок–беспорядок, которая образует своего рода мост между микроскопическим и макроскопическим подходами при описании сложных систем. Из статистической механики известно, что энтропия системы равна логарифму доступного ей объема фазового пространства, мерой которого является число N возможных микросостояний системы: $S = KhN$, где K – постоянная Больцмана. Отсюда следует, что беспорядок, вносимый в макросистему, пропорционален увеличению числа ее микросостояний: $dS = K \frac{dN}{N}$.

Согласно этому выражению, относительный рост (уменьшение) числа возможных состояний системы пропорционален увеличению (уменьшению) беспорядка этой системы. Отсюда вытекает очевидный смысл соотношения $\frac{dN}{N}$, непосредственно связанного с идеей сжатия фазового объема управляемых систем. Если под действием управления число N ее возможных состояний уменьшается, то есть сжимается ее фазовый объем, то в этой системе увеличивается порядок. В пределе, когда в системе возможно лишь одно состояние ($N=1$), ее энтропия обращается в нуль. Такие свойства присущи управляемым системам любой природы.

Очевидно, что для управления сложными системами, обладающими бифуркационными и хаотическими свойствами, необходимо иметь достоверную информацию о структуре их фазового портрета. В диссипативных системах фазовый портрет разделяется на области притяжения к соответствующим аттракторам. Поэтому для перевода ИТ системы от одного аттрактора к другому необходимо «перебросить» эту точку в соответствующую область притяжения. Для такого перевода важное значение приобретает не столько величина энергетического (силового) воздействия, а в существенно большей мере информационная характеристика сложной системы. В этом случае системе необходимо передать определенное количество информации S , где ΔV будет уже представлять собой объем притяжения второго аттрактора и т.д. Само собой разумеется, что для реального «переброса» ИТ с одного аттрактора на другой потребуется определенное количество энергии, но это количество будет минимальным для решения задачи управления.

Известно, что диссипативные системы имеют внутренние степени свободы, или параметры порядка, соответствующие ее внутренним аттракторам, то есть некоторым мультистабильным состояниям. Отсюда следует, что выбор соответствующей траектории движения в бифуркационных точках системы будет определяться состоянием внутренних степеней свободы, то есть параметров порядка. Тогда такую систему можно представить как систему с управлением, которое зависит от состояния внутренней динамической (силовой) подсистемы. В этом и состоит суть информационного поведения сложных физических систем, что позволяет сделать важные методологические выводы:

- во-первых, если в системе организовать нужную нам обратную связь между динамическими и внутренними степенями свободы, то такая система может приобрести новые свойства своего поведения и реакции на внешние воздействия;
- во-вторых, для расширения возможностей системы следует сформировать ее управляющую часть таким образом, чтобы в ней могли возникнуть новые, дополнительные степени свободы (или параметры порядка) в результате появления новых бифуркаций, что означает расширение размерности и объема фазового пространства системы.

В итоге в системе могут возникнуть когерентные процессы и явления самоорганизации. Изложенная здесь концепция управляемого взаимодействия энергии, вещества и информации положена в качестве идеологической основы развиваемой синергетической теории управления.

9. УПРАВЛЕНИЕ КАК ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГИИ, ВЕЩЕСТВА И ИНФОРМАЦИИ

Сущность физических явлений и процессов в технологической части автоматизированной системы описывается с использованием поддающихся учету физических величин, которые являются сигналами, изменяющимися во времени и пространстве. Физические величины представляют собой качественные и количественные характеристики, определяемые с помощью методов и средств измерения.

Под величиной понимается признак физического объекта, состояния или процесса, который можно характеризовать и определить количественно, т.е. измерить. Величина состоит из произведения измеренного числа на единицу измерения:

$$X = \{x\}[x]. \quad (9.1)$$

Например, сила тока $I = 15 \text{ мА}$.

Физическая величина несет в себе так называемую информацию.

Понятие информации

Информация возникает в тех случаях, когда устанавливаются некоторые общие свойства предметов или явлений, появляются новые знания. Во всех материальных системах получение информации об объектах, процессах связано с взаимодействием с ними, с отражением свойств процессов, объектов в характеристиках и свойствах органов взаимодействия. Это дает основания характеризовать информацию как смысл, содержание отражения.

Первичным источником информации об окружающем нас мире является эксперимент. Эксперимент есть процесс наблюдения и измерения при заранее определенных условиях. Процесс экспериментирования состоит из отдельных испытаний. Испытание есть акт однократного наблюдения и измерения.

Исход эксперимента всегда случаен, так как если он предопределен, то проводить эксперимент бессмысленно. Результатом проведения серии испытаний, которые составляют эксперимент, является некоторая модель процесса или явления, позволяющая формализовать описание этого процесса или явления или составить прогноз их поведения при различных условиях.

Необходимость создания моделей в процессе научного исследования объясняется тем, что объект, как источник информации, неисчерпаем, но только небольшая часть информации об объекте отвечает потребностям исследователя и определяется принятым в информационной системе языком.

Как уже говорилось, под информацией понимают существенные и представительные характеристики процессов и объектов, выделенную сущность явлений материального мира. Понятие информации предполагает абстрагирование от многих свойств реальных событий и объектов, причем границы абстрагирования условны и определяются спецификой решаемых задач.

Информация есть устраняемая неопределенность. Для ее количественного определения используется информационное содержание или мера неопределенности (энтропия).

Представление информации

Информация передается в виде сообщений. Любое сообщение имеет семантический смысл, который расшифровывает содержание информации для того, кто ее принимает. Обмен сообщениями происходит между людьми. При автоматизации процесса от семантики можно отказаться.

Для обработки информации на ЭВМ она представляется в виде *данных*. При передаче информации посредством данных используются *сигналы* с различными характеристиками изменения амплитуды во времени.

Носителями сигналов являются физические величины, например, токи, напряжения, световые волны, магнитные состояния. Информация передается посредством информационных параметров физических величин: частоты, амплитуды, длительности импульсов и т.д. Источники и формы информационных сообщений и соответствующие им сигналы бывают дискретными и непрерывными.

Дискретными называются такие сообщения, которые состоят из отдельных элементов (символов, букв, импульсов), принимающих конечное число значений. Примером дискретного сообщения могут служить команды в системах управления или телеграфные сообщения. Дискретные сообщения состояются из конечного числа элементов следующих друг за другом в определенной последовательности.

Непрерывными называются такие сообщения, которые могут принимать любые значения в определенных пределах. Непрерывные сообщения являются непрерывными функциями времени. Примером такого сообщения может служить информация о температуре, поступающая от непрерывного технологического процесса.

В реальных условиях с помощью дискретизации во времени и квантования по уровню можно заменить непрерывное сообщение дискретным.

Методологическая схема образования непрерывного и дискретного сигналов представлена на рис. 9.1.

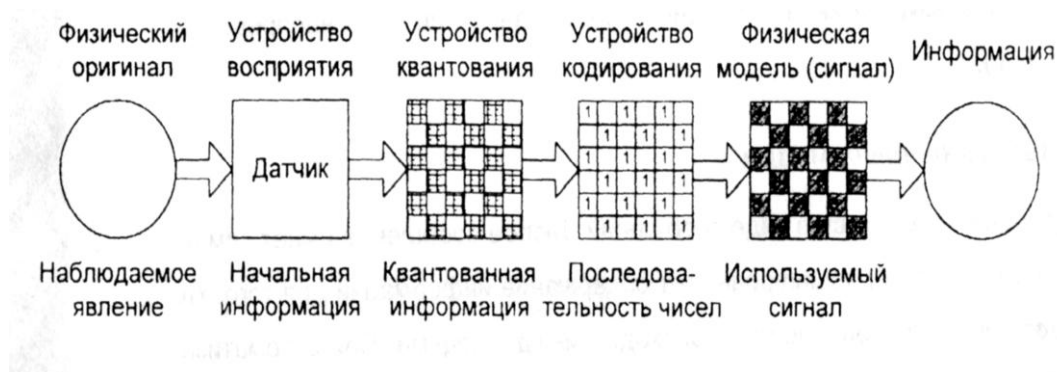


Рис. 9.1. Методологическая схема образования сигналов

Непрерывные и импульсные сигналы могут быть детерминированными, то есть иметь функциональную зависимость значений сигнала от времени, или случайными, которые такой зависимости не имеют.

Любой сигнал может быть описан как функция времени $S(t)$ или частоты $F(w)$. Эти две функции связаны друг с другом функциональным преобразованием. Чем короче сигнал во временной области, то есть чем меньше его длительность, тем шире его частотный спектр. Для случайного сигнала спектр тем шире, чем быстрее изменяется сигнал во времени.

Информация в системе управления

В процессе управления информация выступает в форме сигнала. Взаимодействие системы и сигнала характеризуется избирательностью: система реагирует не на всякий поступивший в нее сигнал, а лишь на те из них, которые соответствуют природе системы и необходимы для ее управления в данное время и в данных условиях.

В процессе работы элементов системы осуществляется преобразование информации.

Благодаря информационным процессам система способна осуществлять целесообразное взаимодействие с внешней средой и взаимодействие между собственными элементами, а также направлять движение системы к заранее заданной цели.

Процесс управления позволяет стабилизировать систему, сохранить ее функциональную определенность, поддержать ее в состоянии динамического равновесия со средой, обеспечить совершенствование системы. Все это может, осуществлено за счет внутренних и внешних воздействий. Формой воздействия является информация.

С точки зрения функционального назначения устройств и систем можно выделить следующие информационные процессы:

- получение (отбор, измерение) информации,
- передача информации,
- обработка (преобразование) информации,
- представление (регистрация, отображение) информации,
- выработка управляющих воздействий (регулирование, управление).

Происхождение информации и основные этапы ее преобразования представлены на рис. 8.2. В качестве примера показан комплекс технических устройств, предназначенных для управления автоматизированным объектом.



Рис. 9.2. Схема преобразования информации

Получение информации связано с восприятием и оценкой объекта или процесса. При этом полезная информация отделяется от так называемых шумов. Результатом восприятия является сигнал в форме, удобной для передачи или обработки.

Передача информации состоит в переносе ее на расстояние с помощью сигналов разной физической природы по механическим, акустическим, оптическим, электромагнитным и другим каналам связи. Чаще всего для передачи используются электромагнитные каналы связи с хорошо разработанной техникой передачи сигналов на расстояние.

Обработка информации производится с помощью машин или устройств, осуществляющих аналоговые или цифровые преобразования поступающих величин и функций. Промежуточным этапом обработки является хранение информации в запоминающих устройствах.

Представление информации требуется в тех случаях, когда в процессе управления принимает участие человек. Оно заключается в демонстрации изображений, содержащих характеристики информации, циркулирующей в системе. Для этого используют различные устройства отображения информации и регистрирующие устройства.

Управляющее воздействие состоит в том, что несущий информацию сигнал осуществляет регулирование или управление с помощью исполнительных устройств, вызывая изменения в объекте управления. Управление представляет собой процесс сбора, передачи и обработки информации, а информационная система является обязательным элементом управляющей системы.

При включении технических средств в состав автоматизированного комплекса всегда учитываются их информационные характеристики, информационная емкость, пропускная способность, информационная производительность и т.д. Информационные характеристики определяются с использованием подходов и методов теории информации.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое физическая величина?
2. Что такое информация?
3. Как передается информация?
4. Какие бывают сообщения?
5. Виды сигналов.
6. Роль информации в системах управления.
7. Виды информационных процессов.

10. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ. МОДЕЛИ. АНАЛИЗ. УПРАВЛЕНИЕ

10.1. Теоретические и методологические аспекты теории управления

Управление можно рассмотреть в широком смысле. Оно представляет процесс, который поддерживает и функционирует из одной системы, в другую изменяя состояние.

Типы управления можно подразделить на:

- технические (в неживой природе);
- естественные (основанные на законах зоологии и биологии);
- социальные (это непрерывный процесс воздействия на объект управления (личность, коллектив, предприятие, отрасль, государство) для достижения оптимальных результатов при наименьших затратах времени и ресурсов).

Естественно, что объектом управления являются люди и их совместная деятельность, при этом ее необходимо согласовывать с помощью особых механизмов (власть, планирование, контроль).

Каждый человек имеет свою индивидуальность, обладает своим характером, психологическими качествами, и поэтому его действия являются непредсказуемыми. Поэтому управление человека на действие людей, является процессом сложностью, что несет необходимость изучения человека в теории управления и его психологических проблем.

10.1.1. Понятие и сущность теории управления

Управление как социальный феномен известен с древних времен и является предметом изучения целого ряда наук, в том числе менеджмента, социологии, политологии, философии, кибернетики, психологии, экономики. Таким образом, теория управления как самостоятельная отрасль знания формируется и развивается как междисциплинарная система. Структура этой науки включает в себя разделы вышеперечисленных дисциплин, касающиеся управления. Это значит, что теория управления включает в себя социологию управления, экономику управления, философию управления, психологию управления, политику как искусство управления государством, менеджмент как науку и искусство управления организацией. Особое значение для становления теории управления имела кибернетика как наука об общих чертах процессов и систем управления в технических устройствах, живых организмах и человеческих организациях.

В современной науке управления выделяют два уровня знания, первый из которых представлен общими теориями социального управления, а второй – прикладными теориями организации и управления, обеспечивающими базу для практических рекомендаций по рационализации труда и совершенствованию управления.

Объектом теории управления являются управленческие отношения, то есть такие социальные отношения, которые складываются между организациями, учреждениями и отдельными индивидами (представителями этих организаций и учреждений) в процессе управленческой деятельности и устанавливают определенную структуру соподчинения между ними.

Управленческие отношения складываются по поводу координации и субординации общественных связей. В управленческих отношениях проявляется особый характер социального взаимодействия – соподчиненность, субординация, предполагающая, с одной стороны, авторитет целого, с другой – подчинение этому авторитету.

В качестве предмета теории управления могут выступать следующие направления научного исследования:

- сущность управленческих отношений как системы взаимодействия людей по поводу организации их совместной жизни;
- механизм управления различными социально-экономическими системами и их регулирование;
- механизм самоорганизации и саморегулирования;
- технологии и методика процесса управления;
- структурные элементы системы управления;
- принципы, методы управления и т. д.

Вычленение объекта и предмета теории управления позволяет дать определение данной отрасли знания. Теория управления представляет собой науку, изучающую управленческие процессы в социально-экономических системах, принципы, содержание и формы управленческих отношений. В центре ее внимания и изучение механизмов и социальных технологий эффективного управления.

Основными понятиями и категориями, используемыми в теории управления, являются: управление, система, субъект, объект, цель и принципы управления, управленческие отношения, методы, функции и процесс управления.

10.1.2. Методология теории управления

Теория управления при изучении своего предмета опирается на собственную методологию. Методологией называют систему принципов научного исследования. Методология теории управления – это совокупность исследовательских методов, процедур, техник, используемых при познании управленческих процессов. Выделяются несколько уровней методологии:

- философская методология (совпадает с гносеологией);
- общенаучная методология, в которой рассматриваются принципиальные подходы и методы познания, встречающиеся во всех науках;
- специально-научная методология, т. е. методология конкретных наук, в данном случае – теории управления;
- методика и техника научного исследования.

Соотношение теории и методологии можно выразить так: теория отвечает на вопрос: что необходимо делать, а методология – как необходимо делать. Она объясняет, как надо использовать познавательные средства в исследовательской деятельности.

Среди важнейших общенаучных методологических подходов выделим:

- исторический, рассматривающий явление в генезисе;
- сравнительный, выявляющий общие и специфические свойства, этапы становления и развития одного и того же явления;
- системный, исследующий социальное явление в виде социальной системы;
- комплексный, ориентированный на междисциплинарный синтез для получения многостороннего и целостного изучения сложноорганизованных объектов.

Подчеркнем основные требования к использованию системного подхода:

- выделение той или иной системы из окружающего мира и определение взаимосвязи между ней и средой;
- определение составных элементов системы;
- рассмотрение отношений между элементами и определенной структурой системы;
- анализ функций элементов по отношению к системе;
- выявление системообразующих связей;
- определение механизма функционирования системы.

Обращаясь к характеристике специально-научной методологии, следует отметить, что их роль могут выполнять парадигмы и теории конкретных наук – социологии, психологии, кибернетики, экономики, менеджмента и т. д.

Выделим, прежде всего, такие подходы, как бихевиористский, ситуационный, количественный, деятельностный.

Бихевиоризм представляет собой прагматический подход к изучению организационно-экономического поведения людей. Программа бихевиоризма и сама теория были впервые представлены Уотсоном в 1913 г. Бихевиоризм акцентирует внимание на внешних формах поведения и его составных элементах – поступках, реакциях и т. д. Общеметодологическими предпосылками бихевиоризма явились принципы философии примитивизма, согласно которым наука должна описывать только непосредственно наблюдаемое. Отсюда и основной его тезис – изучать не сознание, а поведение, трактуемое как совокупность связей «стимул-реакция». Бихевиоризм не занимается поиском причинно-следственной зависимости поведения, он лишь фиксирует обнаруженные эмпирические связи между определенными «стимулами» и «реакциями» работников в производственной обстановке, отбирая в этих связях наиболее функциональные, быстро переводимые на язык практических предложений и рекомендаций.

Ситуационный подход был разработан в США в конце 60-х гг. XX в. В рамках данного подхода отрицается возможность выдвижения любых универсальных принципов управления деятельностью вне контекста деятельности, специфики ситуации, типа решаемых задач и внешней среды, технологии и др. Сторонники ситуационного подхода критикуют понятие социальной системы, настаивают на ограниченном его применении в управленческой практике. Они полагают, что организация является слишком сложной и динамичной системой, и вне контекста ситуации невозможно сформулировать универсальные требования к эффективной организации. Одним из центральных понятий, используемых представителями ситуационного подхода, является категория управленческой ситуации. Управленческая ситуация – это совокупность всех внутренних и внешних

условий, определяющих закономерности развития и функционирования организации.

Представителями данного подхода в контексте ситуации были проанализированы ограничения на применение моделей организации, выдвинутые различными школами. Так, в качестве ограничения на применение:

- бюрократической модели они рассматривают динамичную внешнюю среду и изменяющуюся технологию;
- органической модели – низкую квалификацию персонала;
- децентрализованной модели организации – высокий уровень автоматизации.

Сторонниками ситуационного подхода, таким образом, был выдвинут постулат, согласно которому каждому типу управленческих ситуаций, решаемых задач, внешней среды, технологии соответствуют свои оптимальные требования к состоянию организации, средства, стратегия и структура.

Количественный подход в теории управления основан на применении математических методов к исследованию операций в организации и деятельности руководителя. Он также сводится к формированию моделей поведения. Создание модели позволяет:

- упростить сложные схемы поведения сокращением числа переменных факторов до пределов управляемости;
- объективно сравнить и описать каждый фактор и отношения между ними;
- использовать компьютеры для конструирования и анализа модели с большим числом переменных факторов.

Этот подход не получил широкого применения в силу того, что не все руководители владеют методологией количественного анализа.

Процессный подход основан на рассмотрении функций руководителя как процесса взаимосвязанных между собой действий. Общий процесс деятельности организации складывается из совокупности процессов деятельности ее членов, каждый из которых, в свою очередь, представляет совокупность выполняемых функций, состоящих из ряда взаимосвязанных процессов.

Деятельностный подход включает в себя выявление цели, средств, процесса и результата действий руководителя. При этом если основанием деятельностного подхода является сознательно формулируемая цель, то основание цели лежит вне деятельности руководителя – в сфере мотивов, идеалов, интересов и ценностей работников.

Методология теории управления подвержена постоянным изменениям. Она постоянно обогащается, подчиняясь требованиям более глубокого

познания управленческих отношений и процессов, которые, в свою очередь, также находятся в постоянном развитии.

10.1.3. Комплексная модель человека в системе управления

Общий методологический подход к исследованию проблем экономики традиционно содержится в модели «экономического человека». Она базируется на идее А. Смита о воздействии «невидимой руки», или сил рынка, на эгоистичного предпринимателя, преследующего личный интерес и осуществляющего хозяйственную деятельность в условиях минимального вмешательства государства в сферу рыночных отношений. Этическим оправданием поведения «экономического человека» служит отождествление его личной выгоды и общественной пользы.

За двухвековой период в экономической теории разработано множество гипотез, уточняющих структуру данной модели. С течением времени ее ориентация на общественную пользу постепенно утратилась, а эгоизм «экономического человека» стал играть всеобъемлющую роль. Верификация модифицированных моделей позволяет судить о таких тенденциях трансформации структуры изначальной модели, как:

- ее упрощение, формализация и депсихологизация;
- вытеснение собственного интереса предпосылкой экономической рациональности и утверждение безличного характера экономических отношений;
- искажение образа реального человека, а именно: отдаление его качеств от этических ценностей и приближение, развитие и адаптация их к односторонней реальности жизни, воплощенной в системе рыночных отношений.

В современных моделях «экономического человека» присутствуют следующие аспекты:

- преобладает абстрактное восприятие предметов исследования (все явления рассматриваются как чисто экономические, при этом иные их аспекты и влияние неэкономических факторов хозяйственной деятельности не учитываются);
- цели экономических субъектов воспринимаются как заданные (ракурс исследований ограничивается рассмотрением способов максимизации средств, необходимых для удовлетворения известных потребностей человека, а проблема выбора его предпочтений остается за пределами экономики);
- определяющим является гедонистический характер, обусловленный ориентацией на максимизацию удовлетворения потребностей индивидов и игнорированием смысла их жизни и индивидуальных ценностей;

- потребности имеют одинаковые ценности для всех индивидов; отсутствует механизм, выявляющий особенности индивидуальных предпочтений;

- не учитывается зависимость реализации личного интереса человека от поведения других людей;

- не принимается во внимание такой важный регулятор поведения индивида, как его совесть.

По причине отмеченных недостатков модель «экономического человека» не может успешно применяться в системах управления экономикой инновационного типа, которая представляется как процесс постоянного «подтягивания» хозяйства до уровня опережающих потребностей. Эти потребности не постулируются, а выявляются научными методами в глубинах общественной жизни. Они задают программу развития хозяйственной деятельности, которая обеспечивает возможность их удовлетворения. Процесс формирования потребностей не может быть всецело отдан во власть рыночной стихии. Необходимы регуляторы, образующие этико-правовое русло, в пределах которого экономическая свобода выбора может быть реализована без ущерба для общества. Чтобы воплотить такой подход в жизнь, требуется комплексная модель, учитывающая индивидуальные склонности и предпочтения человека и чувствительная к влиянию неэкономических факторов. При ее построении разумно использовать имеющийся опыт и обратиться к рассмотрению моделей человека, предлагаемых другими отраслями общественной науки.

Известны модели «психологического», «духовного», «социального», «социологического», «антропологического», «политологического человека».

Их многообразие объясняется обособленным развитием отдельных научных направлений, для каждого из которых характерно свое представление о человеке, его первостепенном благе и логике поведения. В каждой общественной дисциплине выстраивается специфичная модель, где акцентируются те свойства личности индивида, которые составляют главный интерес для данной отрасли знания. От модели «экономического человека» их отличает следующее:

- меньшая абстрактность;
- неустранимость неопределенности;
- сосредоточенность внимания не на внешней, а на внутренней мотивации поведения индивида;
- изучение выбора не в связи с достигнутым результатом, а с точки зрения самого процесса выбора;
- придание значения привычкам, традициям и правилам в принятии решений;

– несовпадение рационального решения с оптимальным состоянием.

Общими недостатками упомянутых моделей являются их узкая специализация, специфичность, противоречивость и описательный характер, что делает невозможным применение каждой из них для системного представления экономических процессов. Это означает, что структуры данных моделей человека не могут быть перенесены в экономическую теорию. Необходимо сформировать новую универсальную теоретическую базу, которая позволит объединить отдельные модели в единый гармоничный ансамбль.

10.2. Особенности систем автоматизации и управления. Модель. Моделирование

Системы автоматизации и управления достаточно часто являются сложными и имеют высокую стоимость. Поэтому проведение физических экспериментов над ними невозможно или нецелесообразно. При исследованиях существующих систем приходится опираться на результаты наблюдений за их поведением, а при создании новой системы — пользоваться аналогиями или предполагаемыми данными о ее функционировании.

Выходом, который позволяет получить количественные оценки, является проведение моделирования, то есть разработка, и исследование таких моделей, которые по основным параметрам отражают поведение реальных систем.

Для разработки алгоритма управления вместо реального объекта управления используется его модель. Модель — это объект любой физической природы, который способен замещать любой исследуемый объект-оригинал так, что изучение модели (более доступного объекта) дает новые знания об оригинале. Смысл модели в том, что она всегда в том или ином отношении проще, доступнее оригинала. Модель должна отражать лишь некоторые черты и свойства оригинала, существенные для получения ответа на интересующий исследователей вопрос.

Изучение каких-либо свойств оригинала путем построения модели и изучения ее свойств называется моделированием. Моделирование — один из наиболее распространенных способов изучения различных процессов и явлений. От того насколько удачно выбрана модель, зависит успех исследования, достоверность полученного с ее помощью результата.

Моделирование бывает физическим и математическим. При физическом моделировании модель воспроизводит изучаемый процесс (оригинал) с сохранением его физической природы (например, военные учения, макет

гидроэлектростанции, деловая игра, лабораторная установка). Между оригиналом и моделью сохраняются некоторые соотношения подобия, которые изучает теория подобия.

Под математическим моделированием понимают разработку математических моделей и изучение с их помощью некоторых свойств оригинала. Математической моделью называют систему математических соотношений, описывающих изучаемый объект.

В теории управления широкое применение нашло математическое моделирование.

Созданная математическая модель может стать предметом объективного изучения. Познавая ее свойства, мы тем самым познаем и свойства отраженной моделью реальной системы.

С помощью модели последовательно рассматриваются и решаются задачи, связанные с поведением реальной изучаемой системы:

- описание поведения системы,
- объяснение поведения системы,
- предсказание (прогноз) поведения системы.

На основании решения этих задач вырабатываются рекомендации по управлению системой или по созданию систем с определенным поведением.

В теории управления широко применяются методы статистического моделирования систем, особенно в тех случаях, когда система подвержена влиянию очень большого числа случайных факторов.

Получение решений с помощью моделей связано, как правило, со значительным объемом вычислений. Эти трудности разрешаются при широком применении средств вычислительной техники, программных средств и специальных методов.

Методы теории управления синтезируют достижения математики (особенно тех ее разделов, как теория дифференциальных уравнений, операционное исчисление, теория устойчивости, математическое программирование, теория игр, теория вероятностей и математическая статистика и т.д.) и неформальных методов в практике проектирования и создания систем автоматического управления.

Практика автоматизации и управления стимулирует развитие и совершенствование различных разделов математики. Одновременно с этим совершенствование математических методов оказывает большое влияние на практику автоматизации и управления. В то же время, известная ограниченность формальных методов стимулирует развитие различных неформальных методов и процедур (например, метода экспертных оценок, имитационного моделирования, операционных игр и т.д.).

При формулировании цели (стратегии) управления предварительно должны быть изучены и учтены характеристики технологического процесса или объекта. Часто сама автоматизированная система управления используется как инструмент для изучения хода процесса и его реакций на управляющие воздействия. На основании теоретических и экспериментальных данных, полученных в результате такого изучения, может быть разработана модель технологического процесса. Она описывает процесс математически, позволяя с помощью вычислительных средств получить достаточно полную картину процесса в целом. На основе новой модели процесса можно определить требующиеся оптимальные управляющие воздействия.

Из модели процесса или системы управления можно определить параметры в алгоритмах управления.

10.2.1. Построение математических моделей

Математическая модель есть конечный продукт процесса формализации научного явления (рис. 10.1). Первой стадией разработки математической модели является построение образной модели. Следующая стадия — математизация модели-образа, установление необходимой совокупности параметров, характеристик.

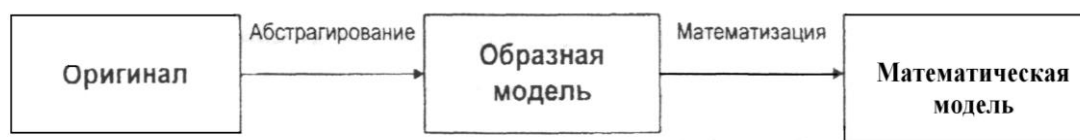


Рис. 10.1. Формализация научного явления

Математические модели могут представлять собой аналитические зависимости или графики, дифференциальные уравнения, описывающие движения системы, таблицы или графики переходов систем из одного состояния в другое и т.д.

Математическая модель должна быть по возможности простой в обращении и понятной для тех, кто ее использует, представительной во всем диапазоне изменения, достаточно адекватной, чтобы с необходимой точностью отображать изучаемый объект, а также ориентированной на вычислительные возможности, имеющиеся в распоряжении исследователя.

Применение математической модели в исследованиях часто называют вычислительным экспериментом.

Для изучения процессов управления используют так называемую *кибернетическую* модель. Она может быть математической или смешанной.

Построение кибернетической модели и ее последующее исследование называется кибернетическим моделированием.

При моделировании движения управляемых систем широко используется понятие "черного ящика" (рис. 10.2). Макроподход, при котором применяется метод «черного ящика», предполагает исследование систем, внутренняя структура которых недоступна для наблюдения. При этом внешнему наблюдателю доступны лишь входные и выходные величины изучаемой системы.



Рис. 10.2. Принцип "черного ящика"

10.2. Описание автоматизированного процесса

Для проведения успешной автоматизации технологического процесса или системы необходимо выполнить следующие действия:

- разработать описание функций процесса (системы), то есть функциональную модель системы,
- определить математические зависимости между переменными физического процесса (или математические модели физического процесса),
- определить экономические зависимости и цели управления процессом (или экономические модели),
- определить, как должны взаимодействовать между собой процесс, математический персонал и информация (процедурные модели).

Для представления моделей применяются языки, которые можно разделить на группы:

- словесные описания,
- чертежи и блок-схемы,
- логические блок-схемы и порядок действий при возникновении той или иной ситуации,
- кривые, таблицы и номограммы,

- математические описания.

Каждый из этих типов обладает определенными характеристиками, которые делают его более пригодным для использования в каких-либо конкретных случаях.

Математическое описание, при всей его точности, однозначности и эффективности для решения задач и оптимизации, не является достаточно наглядным для инженера. Словесное описание обладает хорошей описательной способностью и весьма доступно для понимания, но оно неоднозначно и не дает соотношений между переменными.

Кривые, таблицы и номограммы применяются для выражения часто встречающихся математических зависимостей между переменными. Они могут служить для представления экспериментальных данных в форме, удобной для понимания и восприятия их человеком.

При использовании технических средств управления и подготовке программ для ЭВМ требуется использование специализированных языков, чертежей и блок-схем алгоритмов и программ, логических схем.

10.2.3. Виды моделей процесса

Функциональные модели

Функциональные модели описывают функции, выполняемые основными составными частями технологического процесса (объекта) и системой управления процессом. Разработка функциональной модели является первым шагом на пути автоматизации. Она позволяет получить общее представление о процессе или системе. Функциональные модели обычно разрабатываются в виде технологических схем или в форме уравнений.

Модели физического процесса

Модели физического процесса определяют математические зависимости между всеми переменными изучаемого физического процесса. Модели физических процессов могут создаваться с помощью *аналитических* и *экспериментальных* методов.

Аналитический метод базируется на использовании основных законов физики, химии, механики. При использовании экспериментального метода для разработки моделей установившихся процессов применяется метод регрессионного анализа, в частности, подбор экспериментальных формул с помощью метода наименьших квадратов.

Экспериментальные методы получения моделей динамических процессов состоят в применении гармонических колебаний или ступенчатых

функций для оказания возбуждающего действия на процесс и анализе реакции процесса на эти возмущения. Тип дифференциального уравнения, предназначенного для использования в качестве модели физического процесса, выбирается априори до проведения опытов (часто это обыкновенное линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами).

Необходимо отметить, что эксперименты, связанные с получением спектральных характеристик или с исследованием реакции процесса на ступенчатые функции, часто опасны и дорогостоящи, их проведение затруднено и может нарушить процесс.

Экономические модели

Экономические модели определяют зависимости между изучаемыми экономическими факторами и конкретизируют экономические цели. Уравнениями, представляющими экономическую модель, удобно манипулировать. Они позволяют получить решения для ряда условий, удовлетворяющих экономическим требованиям: например, получение максимальной прибыли при минимальных затратах.

Существуют два типа микроэкономических моделей, которыми обычно пользуются специалисты по управлению процессами: плановые экономические модели и производственные экономические модели.

Плановая экономическая модель определяет зависимости между изучаемыми экономическими факторами для наиболее выгодного вложения капитала. Цель обычно заключается в получении максимальной прибыли от капиталовложения за определенный период времени (2-25 лет). В число экономических факторов, рассматриваемых при таком изучении, может входить начальная величина капиталовложения на оборудование, затраты на производство продукции и техническое обслуживание, норма прибыли и графики амортизации, затраты на сырье и цены на продукцию. С помощью плановых экономических моделей можно получить количественные оценки различных вариантов возможных мероприятий по управлению.

Производственные экономические модели определяют зависимости между экономическими факторами и конкретизируют цели выполнения процесса. Конечная цель процесса описывается математическим выражением, называемым целевой функцией, которая, например, минимизируется при заданных ограничениях

Процедурные модели

В отличие от функциональных, процедурные модели описывают порядок действий по управлению процессами, объектами, предприятиями, ЭВМ. При автоматизации производства особый интерес представляют информационные процедурные модели, а также модели режимов и обеспечения безопасности работы

Способы управления обычно классифицируют в соответствии с характеристиками процесса, которые обуславливают применение того или иного специфического аппарата для исследования. К таким характеристикам относятся:

- стационарность или нестационарность,
- линейность или нелинейность,
- непрерывность или дискретность во времени,
- детерминированный или случайный характер процесса.

На рис. 10.3 показан обмен информацией, характерный для системы машинного управления процессом.



Рис. 10.3. Звенья системы машинного управления процессом

Каждому звену системы соответствуют те или иные перечисленные характеры процесса. Как видно из рисунка, все информационные процессы носят динамический характер. Только ЭВМ может иметь некоторый объем информации установившегося характера (например, информацию для построения моделей физических процессов, протекающих в установившемся режиме).

В такой системе могут использоваться математические зависимости как линейного, так и нелинейного вида. Это зависит от процесса и конкретных устройств, входящих в состав СУ, а также от принимаемых допущений. На участках до АЦП и после ЦАП в системе используется информация непрерывного типа, а на остальных участках — дискретного типа.

Информация, используемая в системе, может быть также детерминированной или стохастической, что зависит от характера системы и принимаемых допущений.

Информационные процедурные модели определяют содержание, формат и скорость (частоту) потока информации. Они охватывают также контроль и проверку информации, учет и отчетность по ней, получение разрешений на представление некоторых видов информации, меры предосторожности против потерь информации в аварийных случаях и порядок работы по ее восстановлению при неисправностях и поломках.

Процедурные модели режимов и обеспечения безопасности работы описывают действия, изменяющие состояние объектов, предписания об ограничениях, налагаемых на ход работы по соображениям безопасности. К типичным режимам относятся пуск, останов оборудования и изменение нагрузки. При разработке этих моделей человек-оператор рассматривается как составная часть системы. Ему отводятся следующие функции:

- обеспечение ввода данных в ЭВМ,
- слежение за выходными данными с помощью измерительной аппаратуры и ЭВМ,
- привлечение к работе резервного оборудования и устройств,
- поиск и устранение ошибок в программах и неполадок в ЭВМ и оборудовании.

При обычном техническом подходе и при рассмотрении вопросов моделирования функциональную и процедурную модели часто игнорируют.

10.2.4. Переменные систем управления

При разработке системы управления модели рассмотренных выше четырех типов могут быть объединены в одну. Для этого вводят соответствующие переменные и устанавливают между ними связь.

Входные переменные

Существует четыре класса входных переменных: процедурные действия, переменные величины управления, неуправляемые переменные и параметры (постоянные и переменные величины).

Процедурные действия и переменные управления используются для целей управления. Переменные управления — это независимые переменные процесса. Процедурная модель определяет, какие процедурные действия должны выполняться и оказывать регулирующее воздействие на переменные управления (например, подключение и отключение электриче-

ской цепи, открытие, закрытие и изменение положения клапана). Процедурные действия обычно являются дискретными событиями и наиболее часто совершаются во время пуска и останове автоматизированных систем.

Модель физического процесса связывает переменные управления с переменными состояниями. К типичным переменным состояниям относятся, например скорость потока пара, скорость движения потока сырья, расход электроэнергии.

Неуправляемые переменные и параметры могут оказывать значительное воздействие на выходные переменные. Поэтому они должны включаться в модели в качестве действующих факторов. Неуправляемыми переменными могут быть, например, температура окружающей среды, влажность, давление.

Параметры — это характеристики объекта или сырья, выступающие обычно в физических и экономических моделях в виде постоянных коэффициентов (например, стоимость сырья, его химический состав, физические характеристики оборудования).

Выходные переменные

К выходным переменным величинам относятся переменные состояния, переменные производительности, переменные качества и экономические переменные. В некоторых случаях выходная переменная может одновременно принадлежать нескольким видам (например, к переменным состояниям и переменным качествам).

Переменные состояния являются функциями времени. В процедурных моделях они обычно используются для ввода процедурных действий, а в физических моделях являются зависимыми переменными. В качестве примера переменных состояний можно привести температуру реактора, расход цемента в час, химический состав сырья, состояние оборудования (включено или выключено), показания индикатора «да» или «нет».

Переменные производительности определяют темп выпуска продукции. Они включаются в экономические модели и обычно вычисляются с помощью переменных состояний. Переменные производительности могут быть абсолютными и относительными.

Переменные качества отражают результаты измерений физических и химических характеристик продукции, важных для оценки контроля качества. Они зависят от переменных состояний, что определяется моделями физических процессов. Переменные качества могут измеряться непосредственно, либо косвенно, то есть путем вычислений.

Экономические переменные отражают результаты измерения факторов, влияющих на стоимость продукции и рентабельность производства,

которые используются только в экономических моделях. К экономическим переменным относятся, например, стоимость сырья, продукции, топлива, затраты на персонал, за ходом выполнения процесса и его техническим обслуживанием, амортизационные отчисления.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое модель и в чем ее смысл?
2. Что такое математическая модель и ее типы?
3. Назовите модели физического процесса.
4. Экономические модели и их типы.
5. Что такое процедурные модели и их характеристики?
6. Назовите типы переменных системы управления и приведите примеры.

11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ В ПАКЕТЕ MATLAB

11.1. Обзор нелинейных блоков

Многие системы и устройства содержат нелинейные, дискретные и иные специальные блоки. Такие блоки входят и в состав библиотек блоков Simulink.

Пакет Simulink предназначен главным образом для моделирования нелинейных систем. Раздел **NONLINFR** основной библиотеки Simulink, посвященный нелинейным компонентам, содержит наиболее распространенные нелинейные блоки (рис. 11.1).

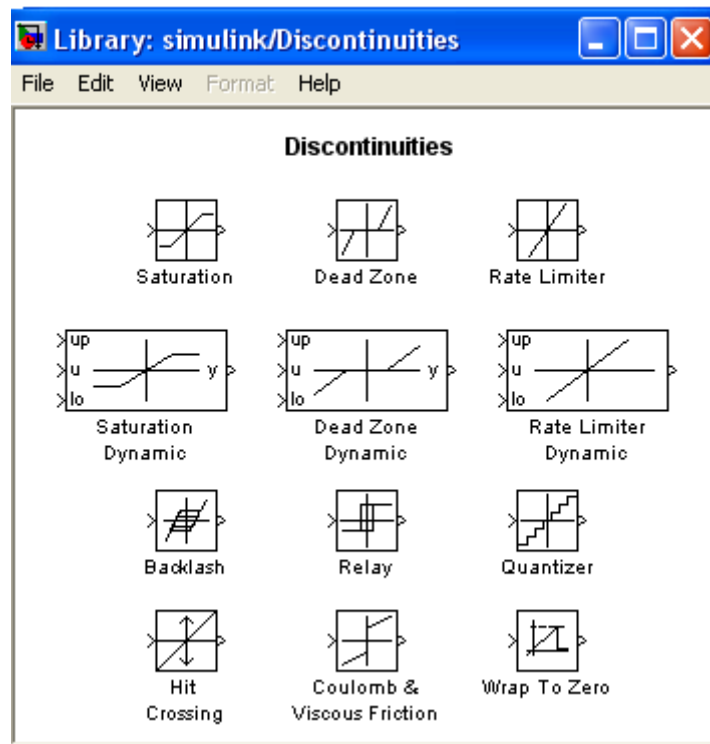


Рис. 11.1. Окно библиотеки с нелинейными компонентами

Среди нелинейных блоков следует отметить блоки с типичными нелинейностями, например блоки с характеристиками в виде типовых математических функций, компоненты идеальных и неидеальных ограничителей и т. д. Достоинно представлены и такие сложные компоненты, как квантователи сигналов, блоки нелинейности, моделирующие нелинейные петли гистерезиса, и ключи – переключатели с разными состояниями, зависящими от управляющих сигналов.

Важным параметром нелинейного устройства является его передаточная функция – зависимость выходного сигнала от входного, $y(u)$. Для некоторых, например релейного или квантующего, они имеют разрывный характер. Передаточные характеристики указаны в описании, которое дается в окне пар каждого нелинейного блока. В связи с этим в тексте соответствующих разделов формулы передаточных характеристик опущены.

Следует обратить внимание на то, что параметры нелинейных блоков могут задаваться не только численными значениями, но и списками и вычисляемыми выражениями. Большинство нелинейных блоков рассматриваются как идеальные в том смысле, что инерционность устройств, которые представляются такими блоками, не учитывается.

Рассмотрим основные нелинейные компоненты, содержащие наиболее распространенные нелинейные блоки. Для приема данных с блоков получателей существуют регистраторы.

11.1.2. Виртуальный осциллограф

Виртуальный осциллограф (рис.11.2) – пожалуй, самое важное из регистрирующих устройств.

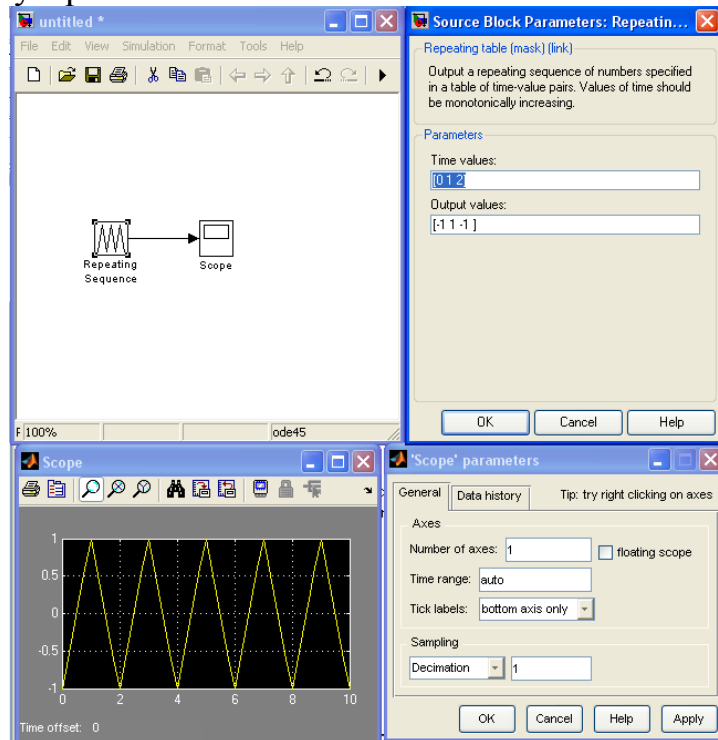


Рис. 11.2. Работа с одноканальным виртуальным осциллографом

Он позволяет представить результаты моделирования в виде временных диаграмм тех или иных процессов в форме, напоминающей осциллограммы современного высокоточного осциллографа с оцифрованной масштабной сеткой (и к тому же лучами разного цвета). Мы еще многократно приведем примеры применения осциллографа, например, для контроля формы сигналов различных источников. Приводим еще один пример (рис. 11.2) на контроль осциллографом треугольного сигнала.

Осциллограф имеет свою панель инструментов, показанную на рис. 11.3 и содержит следующие кнопки:



Рис. 11.3. Панель инструментов виртуального осциллографа

1. **Print** – печать содержимого окна осциллографа;
2. **Parameters** – открытие окна параметров осциллографа;

3. **Zoom** – увеличение масштаба по осям X и Y одновременно;
4. **Zoom X-axis** – увеличение масштаба по горизонтальной оси X;
5. **Zoom Y-axis** – увеличение масштаба по вертикальной оси Y;
6. **Autoscale** – автоматическое масштабирование, позволяющее наблюдать осциллограмму с максимальным размером;
7. **Save current axes setting** – сохранение текущих установок параметров окна;
8. **Restore saved current axes setting** – установка ранее сохраненных настроек;
9. **Floating scope** – превращение осциллографа в «плавающий»;
10. **Lock/Unlock axes selection** – фиксация/разрыв связи между текущей координатной системой окна и отображаемым сигналом (только в случае «плавающего» осциллографа);
11. **Signal selection** – выбор сигналов для отображения (только в случае «плавающего» осциллографа);

На рис. 2.2 окно параметров осциллографа показано с открытой вкладкой **General**, содержащей основные параметры:

- **Number of axes** – число осей (каналов) осциллографа;
- **Time range** – пределы временного интервала;
- **Tick labels** – вывод/скрытие отметок по осям;
- **Sampling** – установка временных соотношений (Decimation) – кратность вывода данных, по умолчанию 1, или Simple Time – в тактах эталонного времени, по умолчанию 0).

Параметр **Number of axes** позволяет превратить одноканальный осциллограф в многоканальный путем указания нужного числа входов. При этом осциллограф приобретает несколько входных портов, к которым можно подключать различные сигналы. Пример применения осциллографа в таком режиме представлен на рис.11.4.

На рис. 11.4 показано также окно параметров осциллографа с открытой вкладкой **Data history**. Здесь можно задать максимальное число точек осциллограмм для хранения и параметры хранения осциллограмм в рабочем пространстве системы MATLAB.

При использовании виртуального осциллографа особое внимание надо обратить на кнопки масштабирования, позволяющие (наряду с командами контекстного меню) менять размер осциллограммы. Весьма удобной является кнопка автоматического масштабирования, позволяющие (наряду с командами контекстного меню) менять размер осциллограммы – обычно она позволяет установить такой масштаб, при котором изображение осциллограммы имеет максимально возможный размер по вертикали и отражает весь временной интервал моделирования.

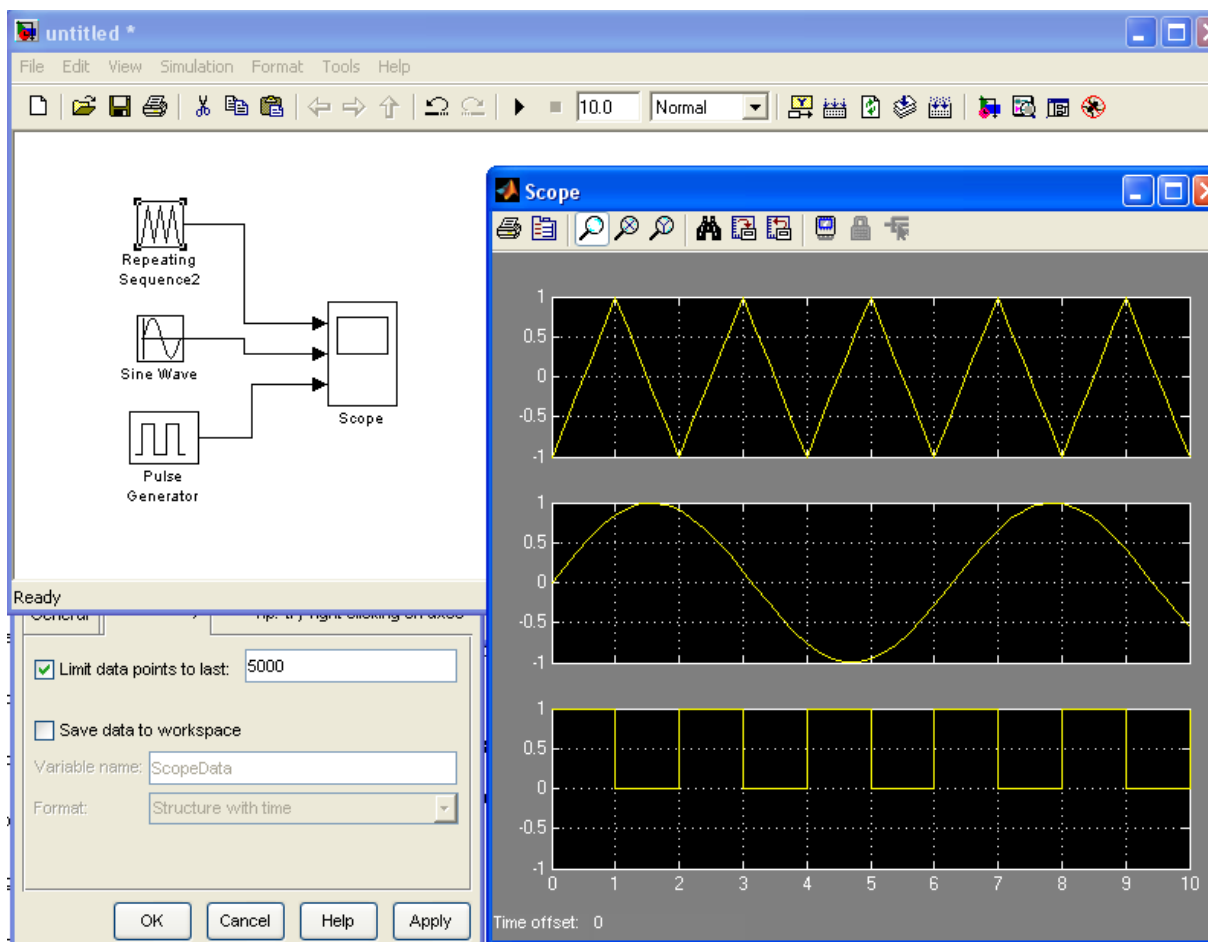


Рис. 11.4. Пример работы осциллографа в трехканальном варианте

Реальные осциллографы обычно имеют вход не только по вертикальной, но и по горизонтальной оси. В описанном виртуальном осциллографе такой вход не предусмотрен, но в этом и нет необходимости – подобную функцию имеет, виртуальный графопостроитель, описываемый далее.

11.2. Нелинейные блоки

11.2.1. Блок ограничения Saturation

Блок Saturation представляет собой нелинейное устройство – идеальный ограничитель, сигнал, на выходе которого равен входному сигналу до тех пор, пока не достигает порогов ограничения: верхнего Upper limit или нижнего Lower limit.

После этого сигнал перестает изменяться. Наиболее характерно применение ограничителя для ограничения синусоидальных сигналов (рис. 11.5). Как видно из рис. 11.5, окно параметров блока содержит лишь поля

для установки верхнего (Upper limit) и нижнего (Lower limit) порогов ограничения.

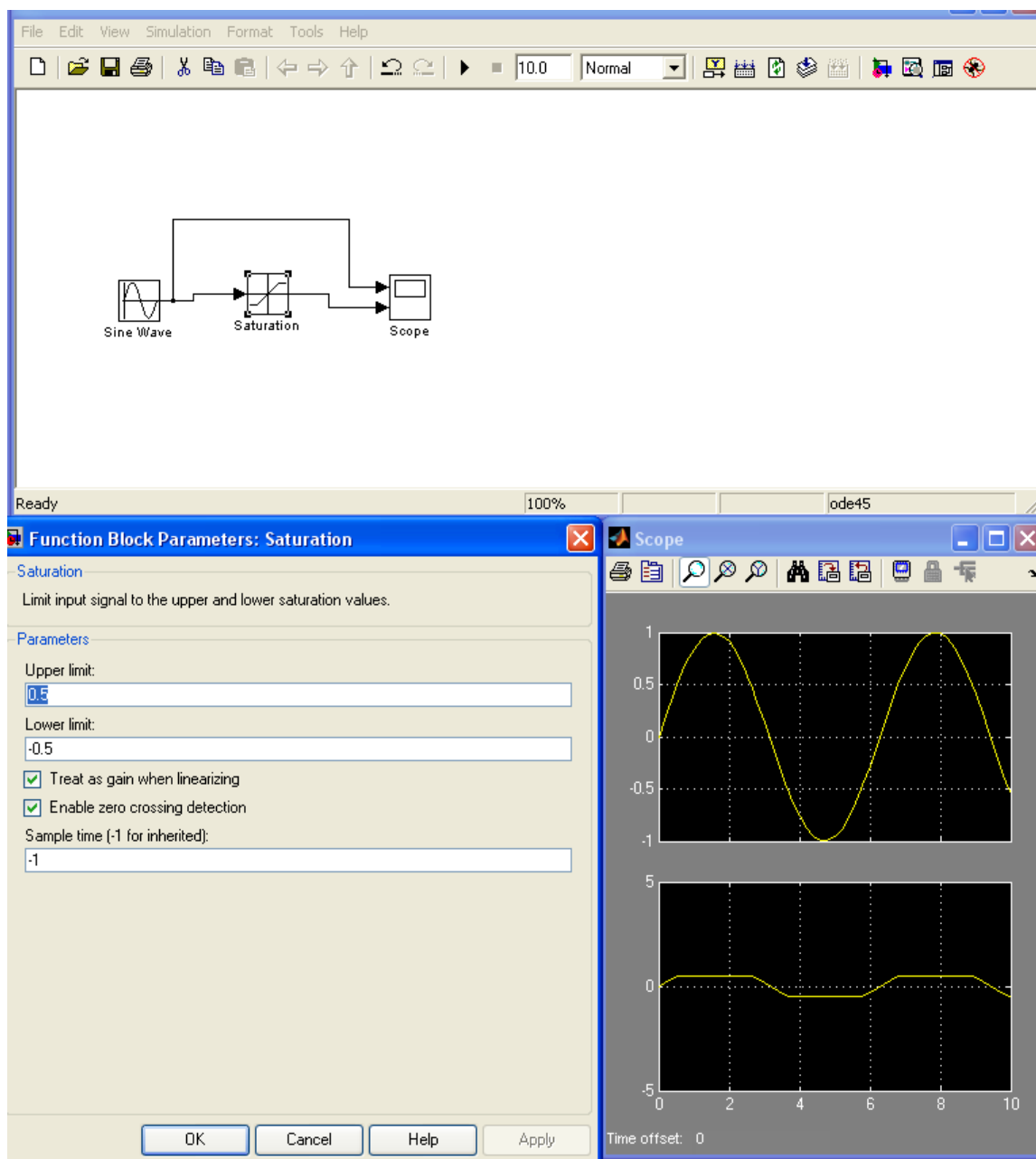


Рис. 11.5. Блок ограничения и окно установки его параметров

11.2.2. Блок с зоной нечувствительности Dead Zone

Еще одна характерная нелинейность — линейная зависимость выходного сигнала от входного (с вычетом соответствующего порога) везде, за исключением зоны нечувствительности (мертвой зоны). Эта нелинейность моделируется блоком Dead Zone (рис. 11.6).

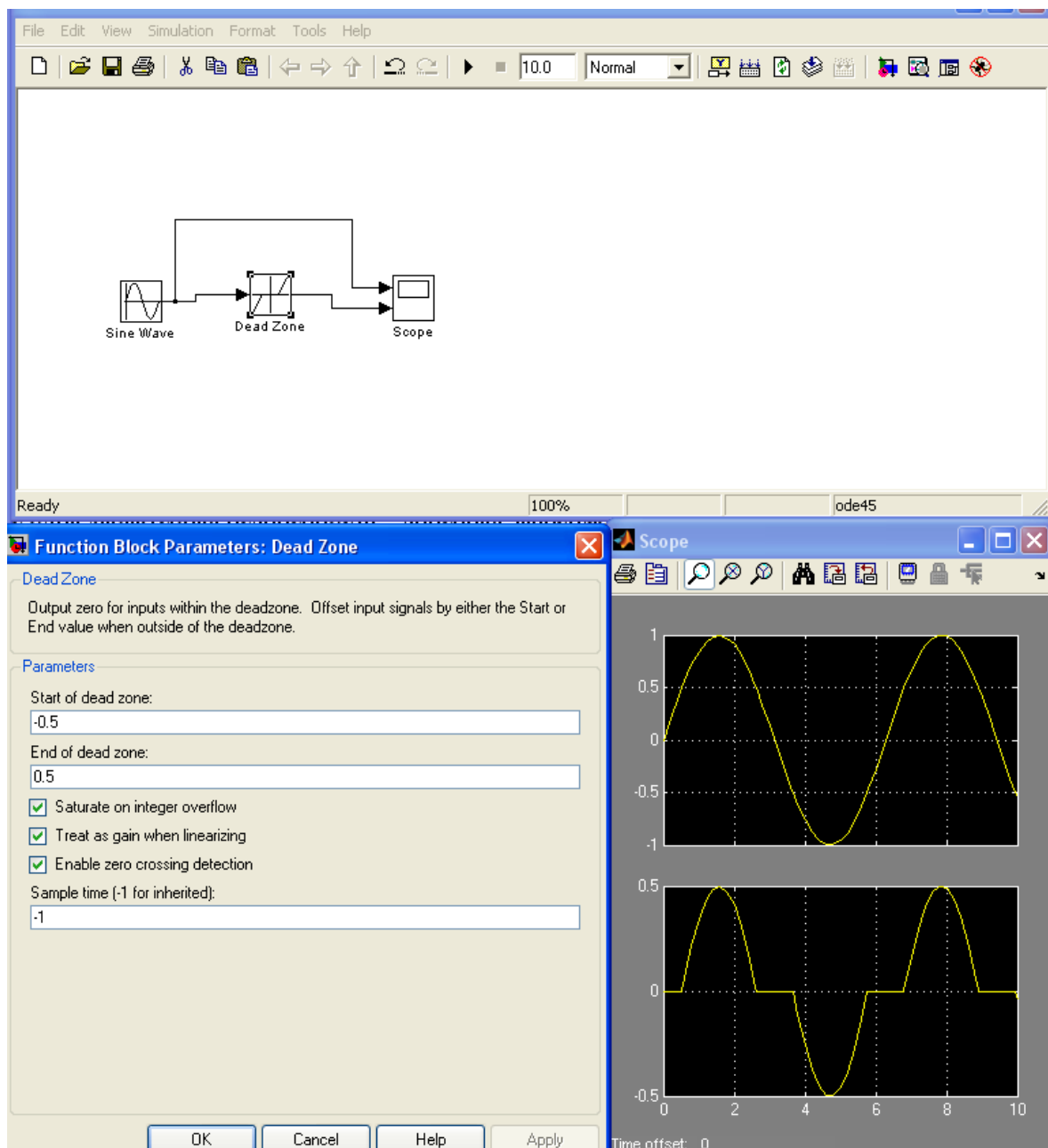


Рис. 11.6. Блок с зоной нечувствительности и окно установки его параметров

Окно параметров этого блока содержит границы зоны нечувствительности *Start of dead zone* и *End of dead zone*. По умолчанию они заданы равными -0,5 0,5. Флажки *Saturate on integer overflow* (ограничение при переполнении целых) и *Treat as gain when linearizing* (трактовать как ограничения при линеаризации) по умолчанию включены.

11.2.3. Релейный блок Relay

Релейный блок Relay имеет разрывную передаточную функцию с гистерезисом (или без него), подобную передаточной функции хорошо известного триггера Шмитта. Если сигнал на входе меньше некоторого порога, то на выходе получается сигнал одного уровня (обычно низкого), а если порог превышен, то сигнал на выходе другого уровня (обычно высокого). Если при спаде сигнала достигается другой порог, то сигнал на выходе также скачком меняется. Рисунок 11.6 показывает работу релейного блока с одинаковыми по абсолютной величине и очень малыми (ϵ) порогами при подаче синусоидального сигнала на вход.

В окне параметров блока можно задать уровни сигнала на выходе при включенном и выключенном состояниях, а также верхний и нижний пороговые уровни срабатывания. Их значения по умолчанию представлены на рис. 11.7.

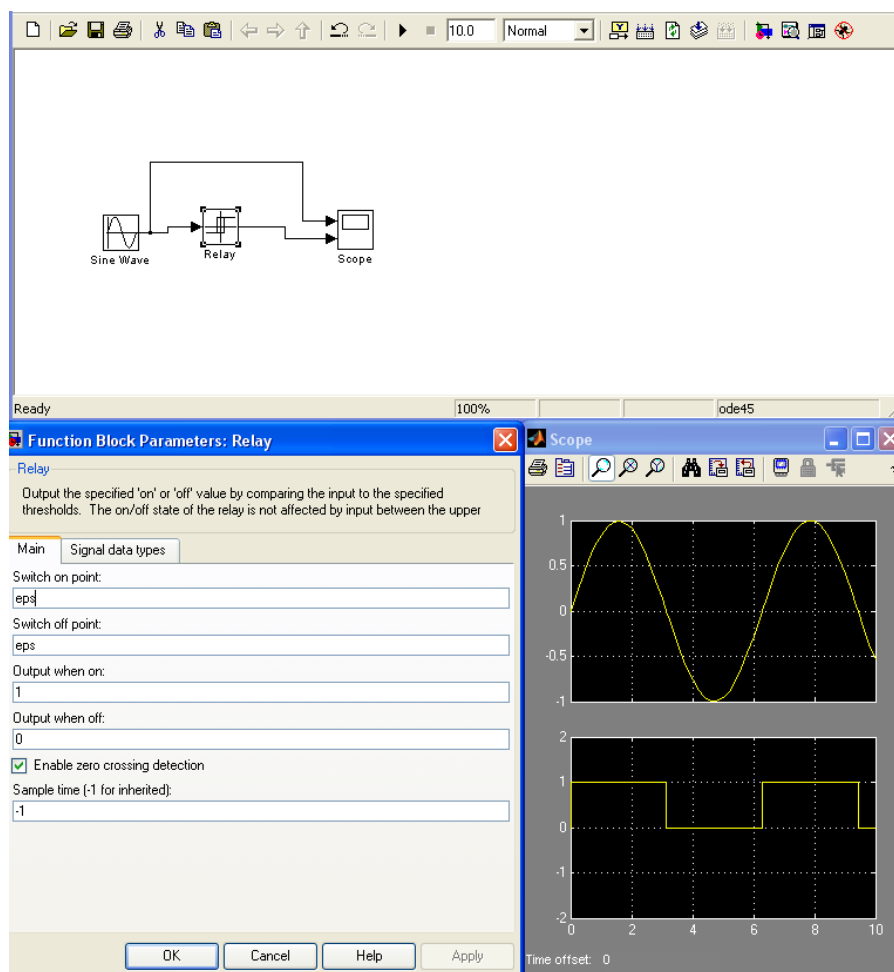


Рис. 11.7. Релейный блок и окно установки его параметров

11.2.4 Блок с ограничением скорости Rate Limiter

Блок с ограничением скорости Rate Limiter старается отслеживать входной сигнал в условиях задания ограничений на скорость нарастания и спада сигнала выходного сигнала блока (рис. 11.8).

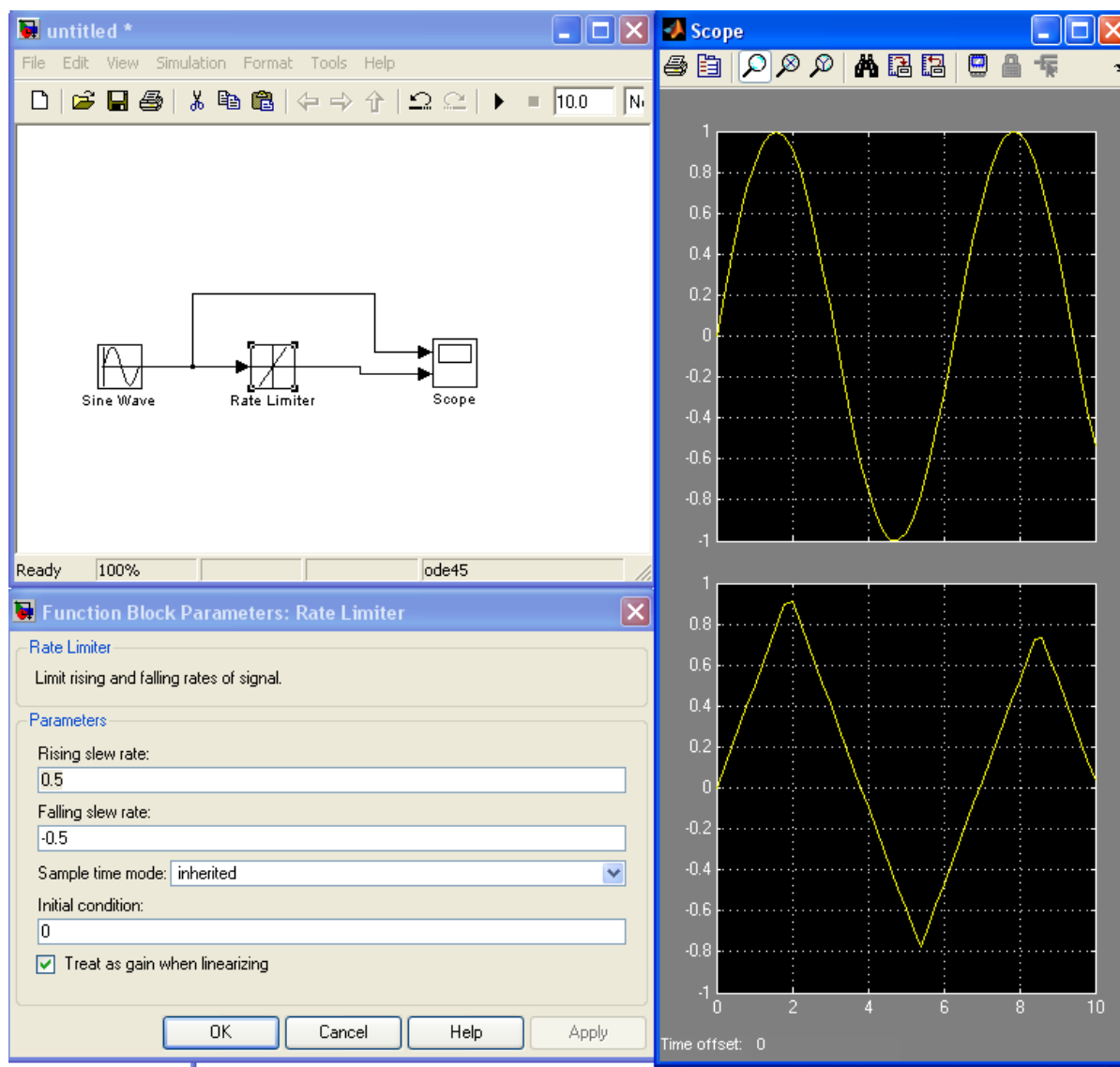


Рис. 11.8. Блок ограничения скорости и окно установки параметров

Для вычисления скорости изменения сигнала используется соотношение

$$\text{rate} = [U_i - \text{OUT}_{i-1}] / [T_i - T_{i-1}],$$

где i – текущий шаг моделирования, смысл остальных параметров очевиден. При работе блока вычисленное по этой формуле значение скорости изменения сигнала сравнивается с установленным в окне параметров зна-

чением параметра R (Rising slew rate). Если скорость изменения входного сигнала выше, чем заданная, то выходной сигнал «отрывается» от входного и меняется в соответствии с выражением

$$OUT_i = dT * R + OUT_{i-1},$$

где dT – приращение времени на текущем шаге модельного времени.

Если вычисленная скорость меньше параметра F (Falling slew rate), то выходной сигнал меняется в соответствии с выражением

$$OUT_i = dT * F + OUT_{i-1}.$$

Наконец, если вычисленная скорость находится в промежутке между значения R и F, то входной сигнал повторяется выходным, то есть имеет место их равенство. В окне параметров блока задаются скорости нарастания Rising slew rate и Falling slew rate. По умолчанию заданы значения 0,5 и – 0,5.

11.2.5. Блок квантования Quantizer

Блок Quantizer служит для квантования меняющихся сигналов с одинаковым шагом по уровню (рис. 11.9). Сигналы квантуются по уровню и превращаются в ступенчатые сигналы.

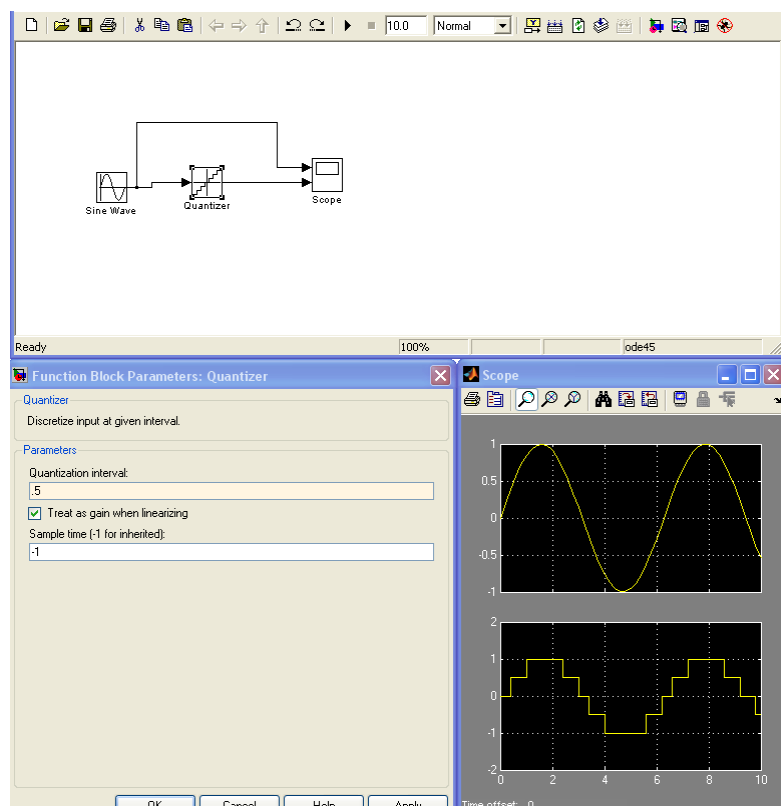


Рис. 11.9. Блок Quantizer и окно установки его параметров

Блок имеет единственный параметр – шаг по уровню (по умолчанию 0,5). Рисунок 11.8 показывает квантование синусоидального сигнала. Можно отметить, что при большом шаге его трудно назвать идеальным – точного слежения за уровнем входного сигнала нет.

11.2.6. Блок фрикционных эффектов Coulombic and Viscous Friction

Блок фрикционных эффектов Coulombic and Viscous Friction служит для моделирования фрикционных эффектов сухого и вязкого трения (рис. 11.10). Передаточная функция блока указана в окне установки его параметров.

В качестве параметра блока задается список смещений при фрикционных эффектах и коэффициент передачи для приращений выходного сигнала.

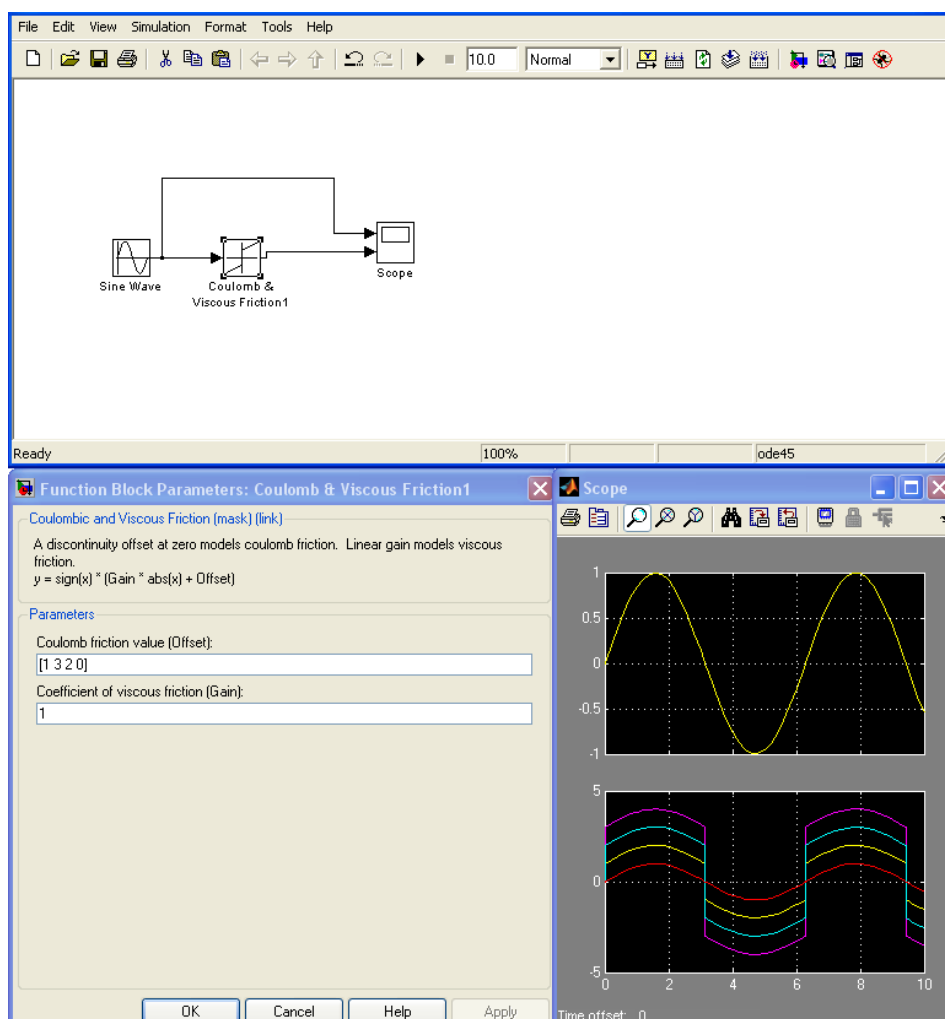


Рис. 11.10. Блок фрикционных эффектов и окно установки его параметров

11.2.7. Блок люфта Backlash

Блок Backlash имитирует эффект возникновения люфта (рис. 11.11.). Этот эффект создает передаточную характеристику гистерезисного типа, которая представляется графически в пиктограмме блока.

Блок имеет два параметра: ширину диапазона Deaband width и начальный уровень сигнала на выходе Initial output (по умолчанию 1 и 0). Уровень Initial output является также срединным значением входного сигнала, а Deaband width определяет ширину петли гистерезиса передаточной характеристики блока. Сигнал на входе будет равен заданному значению Initial output, пока при возрастании не достигнет значения $U + (\text{Deaband width})/2$, после чего перестает меняться. При спаде сигнал перестает меняться, достигнув границы $U - (\text{Deaband width})/2$.

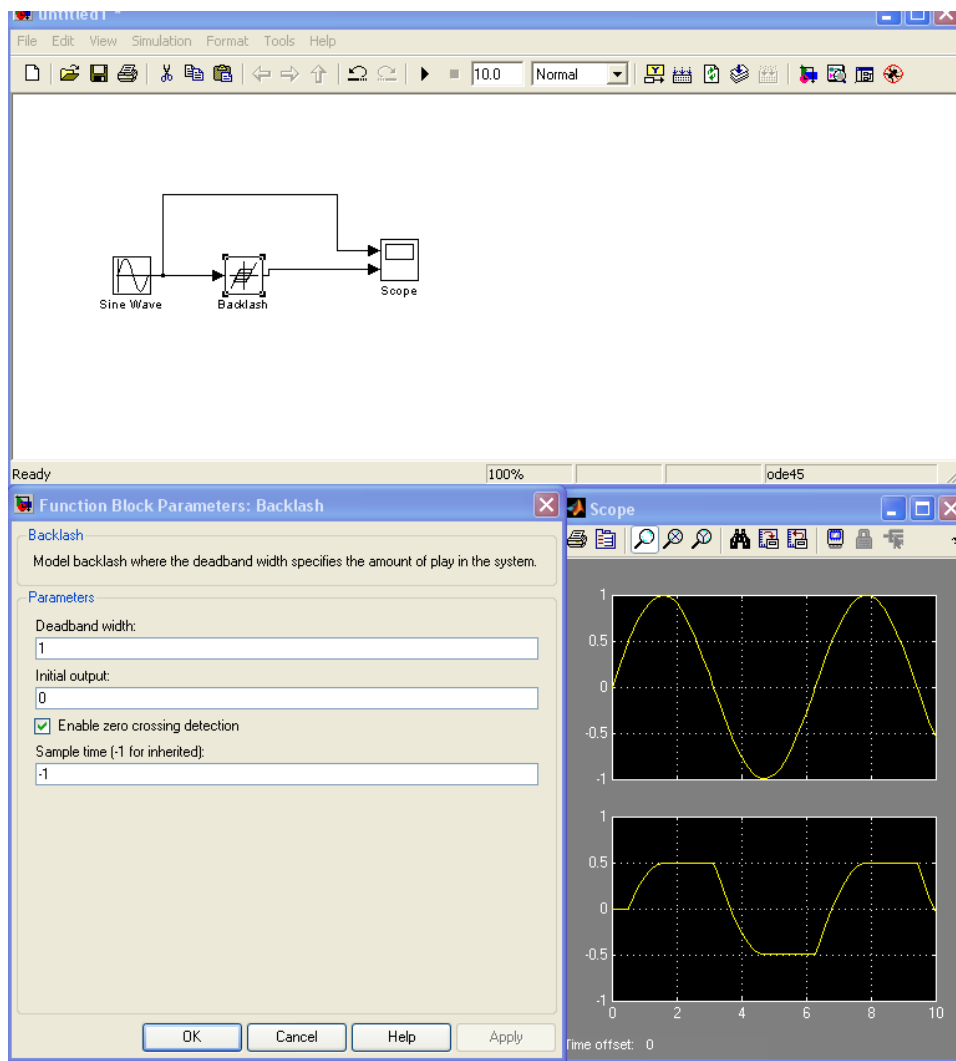


Рис. 11.11. Блок люфта и окно установки его параметров

11.2.8. Детектор пересечения заданного уровня Hit Crossing

Блок **Hit Crossing** (рис. 11.12.) фиксирует прохождение сигналом заданного уровня (по умолчанию нулевого) и при каждом пересечении вырабатывает короткий импульс единичной амплитуды.

Окно установки параметров данного блока позволяет задать следующие параметры:

- Hit crossing offset – порог пересечения;
 - Hit crossing directions – направление пересечения (either – любое, rising – нарастание, falling – при спаде);
 - Show output port – показать выходной порт;
- Enable zero crossing detection – фиксировать прохождение через нуль.

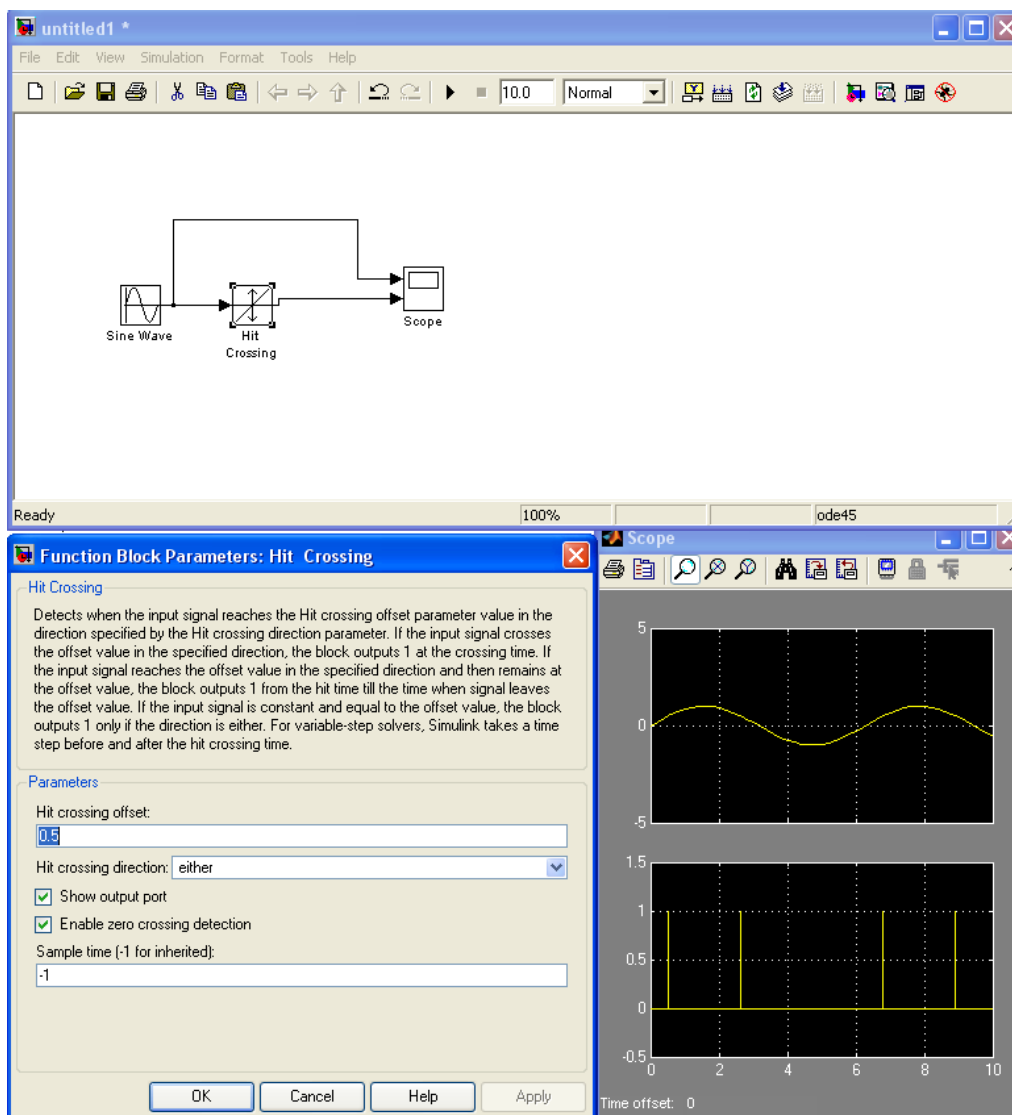


Рис. 11.12. Блок пересечения заданного уровня и окно установки его параметров

11.3. Назначение пакета Simulink Response Optimization Blockset

Пакет прикладных программ для построения нелинейных систем управления Simulink Response Optimization (SRO) Blockset реализует метод динамической оптимизации. Этот инструмент, строго говоря, представляющий собой набор блоков, разработанных для использования с Simulink, автоматически настраивает параметры моделируемых систем, основываясь на определенных пользователем ограничениях на их временные характеристики.

Пакет использует метод Click And Drag («щелкни и тяни») (см. рис 11.13) для изменения временных ограничений. Он реализует следующие возможности:

- легкую настройку переменных;
- указание неопределенных параметров систем;
- интерактивную оптимизацию;
- моделирование методом Монте-Карло;
- поддержка проектирования как одномерных, так и многомерных систем управления;
- моделирование подавления помех;
- моделирование процессов слежения;
- моделирование объектов с запаздыванием;
- решение других задач правления.

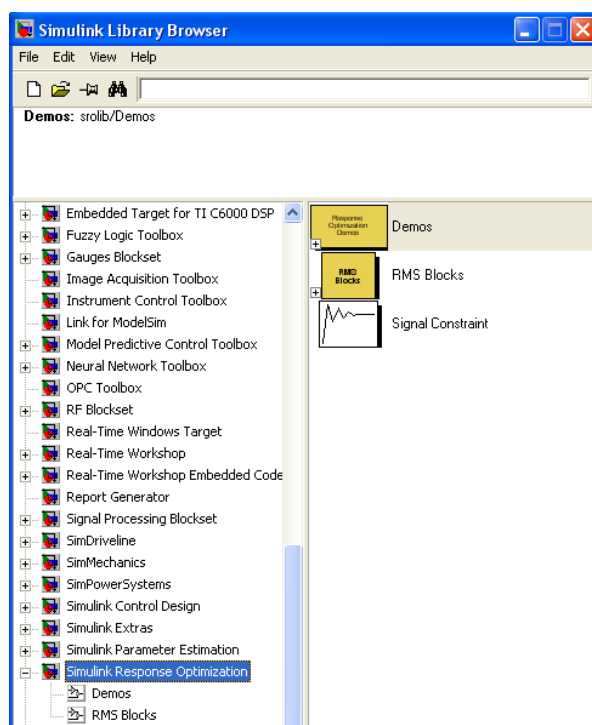


Рис. 11.13. Пакет Simulink Response Optimization

Демонстрационные модели, демонстрирующие работу данного блока, приведены на рис. 11. 14.

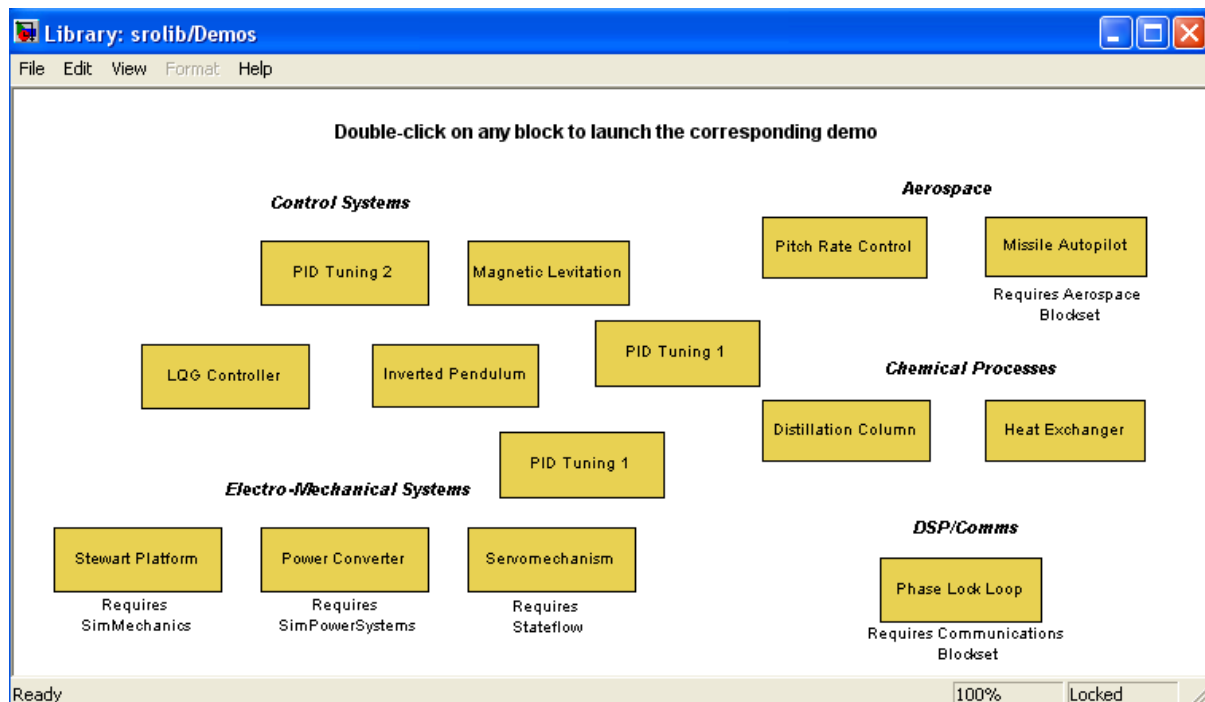


Рис. 11. 14. Демонстрационные модели

Демонстрационную модель можно вызвать из библиотеки (рис 11.2) или командой из рабочей области MATLAB **pidtune_demo** рис. 11.15.

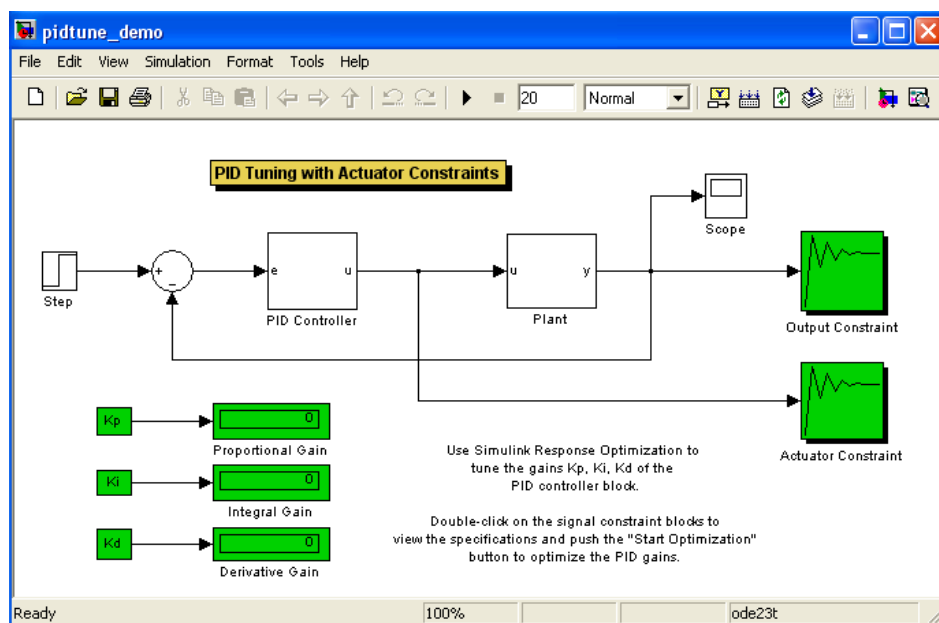


Рис. 11.15. Модель pidtune_demo

Для наглядной демонстрации метода настройки регулятора с использованием блока **Signal Constraint**, построим простейшую САУ, состоящую из:

- объекта регулирования;
- интегрального регулятора, представленного блоком Gain и Integrator;
- источника единичного сигнала;
- сумматора, реализующего отрицательную обратную связь;
- блока Signal Constraint.

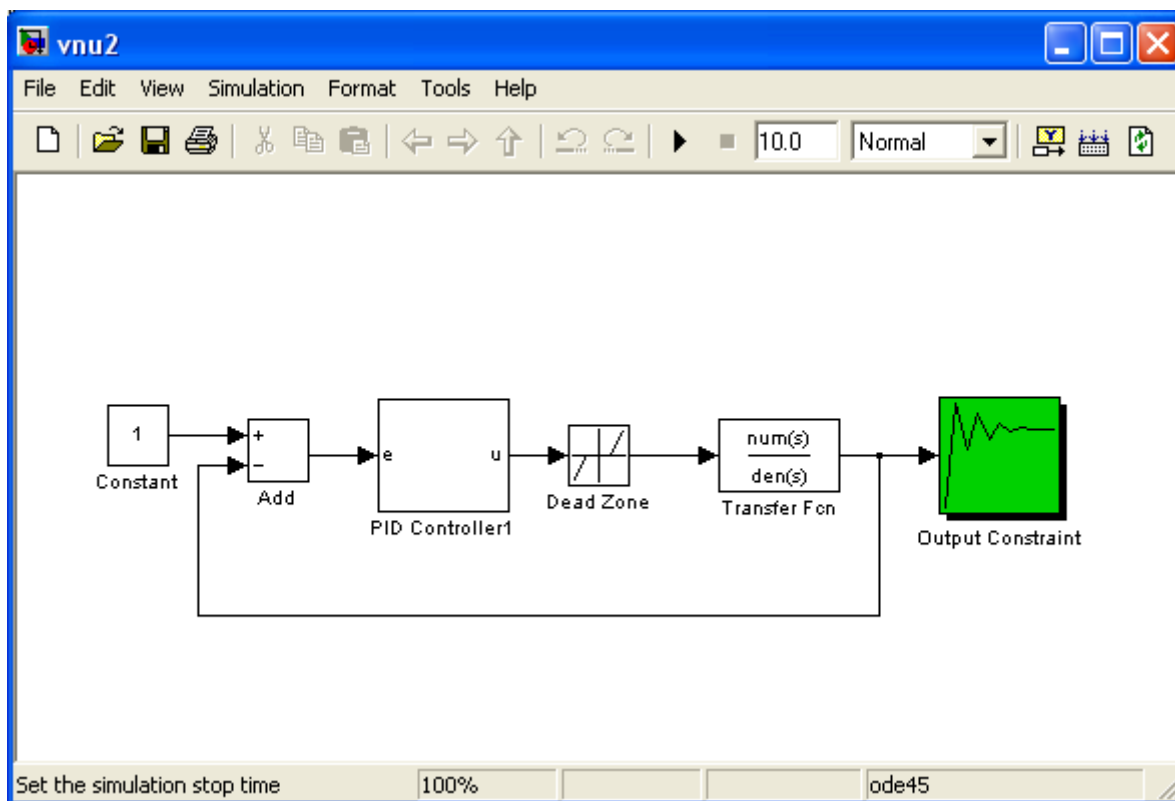


Рис. 11.16. Модель САУ сушильной камерой с ПИД-регулятором

Зададим требования, предъявляемые к качеству переходного процесса. Для установки ограничений, накладываемых на переходную функцию, следует открыть окно настройки блока **Signal Constraint** двойным щелчком по самому блоку (рис. 11.16).

Ограничения можно задавать, непосредственно перетаскивая границы мышью, либо задавая конкретные численные координаты границ. Для этого нужно дважды щелкнуть мышью по любой границе или нажать правой кнопкой мыши и выбрать строчку «**Edit...**».

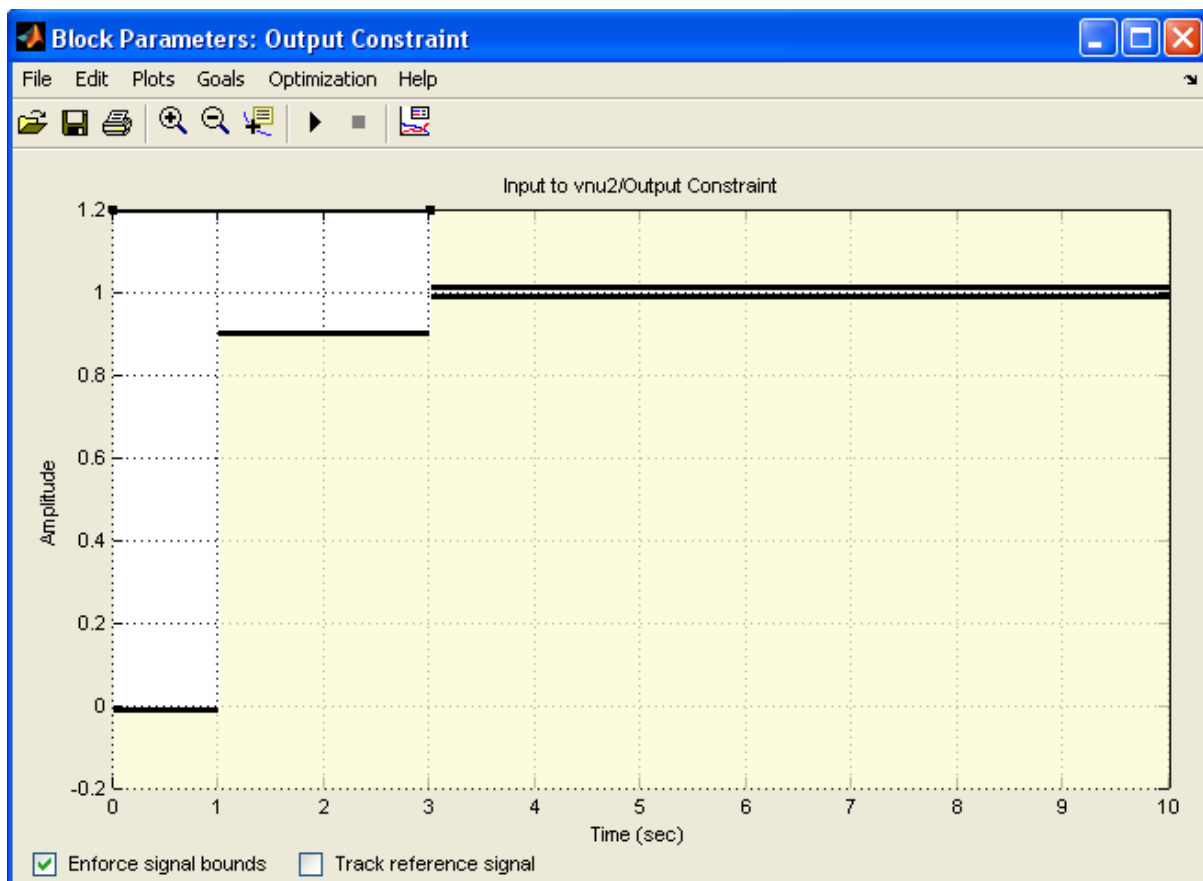


Рис. 11.17. Окно блока Signal Constraint

В самом верху открывшегося окна (рис.11.18) следует выбрать границу для настройки – верхнюю и нижнюю. Каждая граница рассматривается как ряд последовательно идущих сегментов, каждому из которых соответствует своя строка в данном окне. На рис 11.19. изображены границы после настройки.

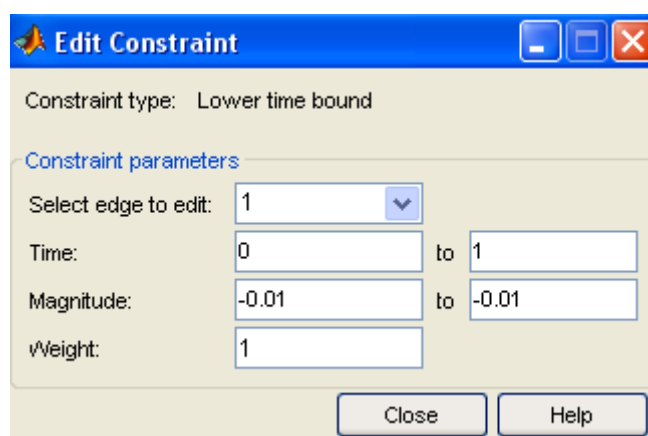


Рис. 11.18. Настройка первого сегмента

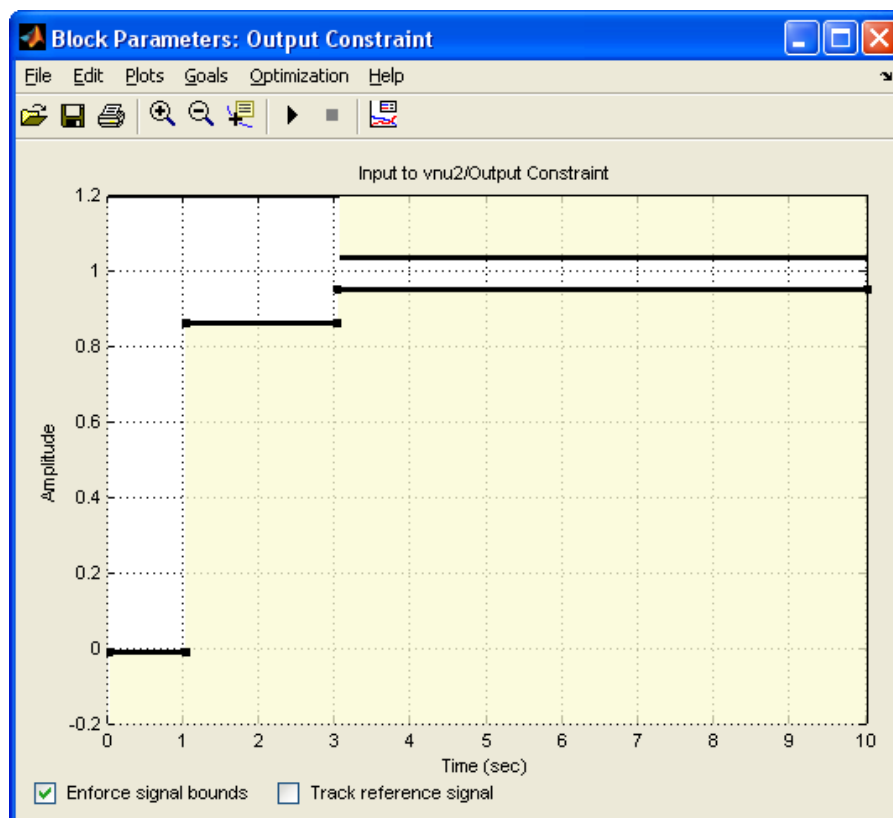


Рис. 11.19. Окно блока Signal Constraint после задания границ

После установки ограничений задаем регулируемые параметры. Это производится в основном окне блока **Signal Constraint** в пункте меню **Optimization** → **Tuned Parameters...** В открывшемся окне нажмем кнопку **Add...** и выберем интересующие нас параметры (рис. 11.20).

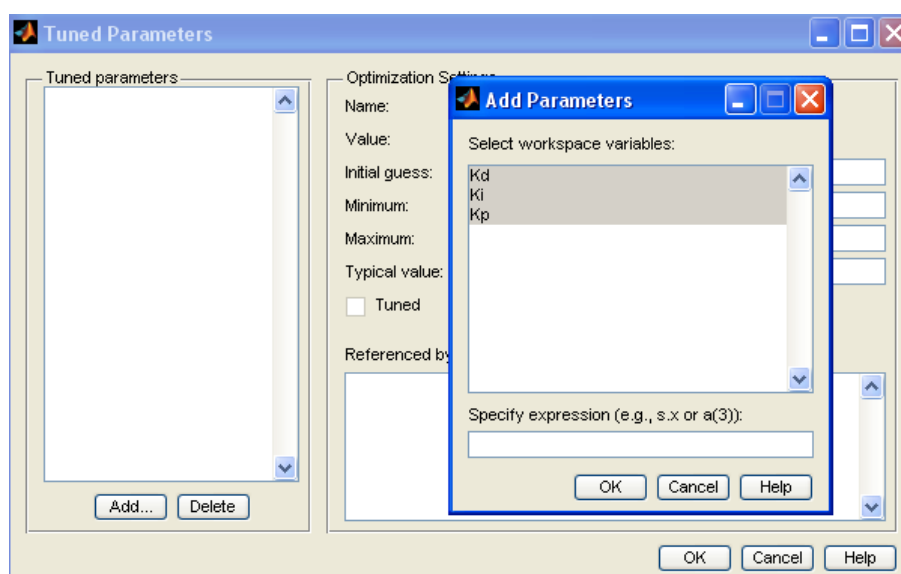


Рис. 11.20. Задание настраиваемых параметров

После этого, при необходимости, можно задать границы, в рамках которых будут изменяться, выбранные параметры (Поля Minimum и Maximum окна Tuned Parameters).

Однако, чтобы параметры отобразились в данном списке, они должны использоваться в системе и быть заданы в рабочей области Matlab (рис. 11.210).

```
>> Kd=0.12; Ki=0.1; Kp=0.5
```

Kp =

0.5000

Name	Value	Class
Kd	0.12	double
Ki	0.1	double
Kp	0.5	double

Рис.11.21. Задание параметров в рабочей области Matlab

В рассматриваемом случае, в блоке **PID controller**, вместо числовых значений надо установить буквенные переменные Kp, Ki, Kd (рис.11.22).

Также, в основном окне **Matlab** этим переменным было присвоено начальные значения.

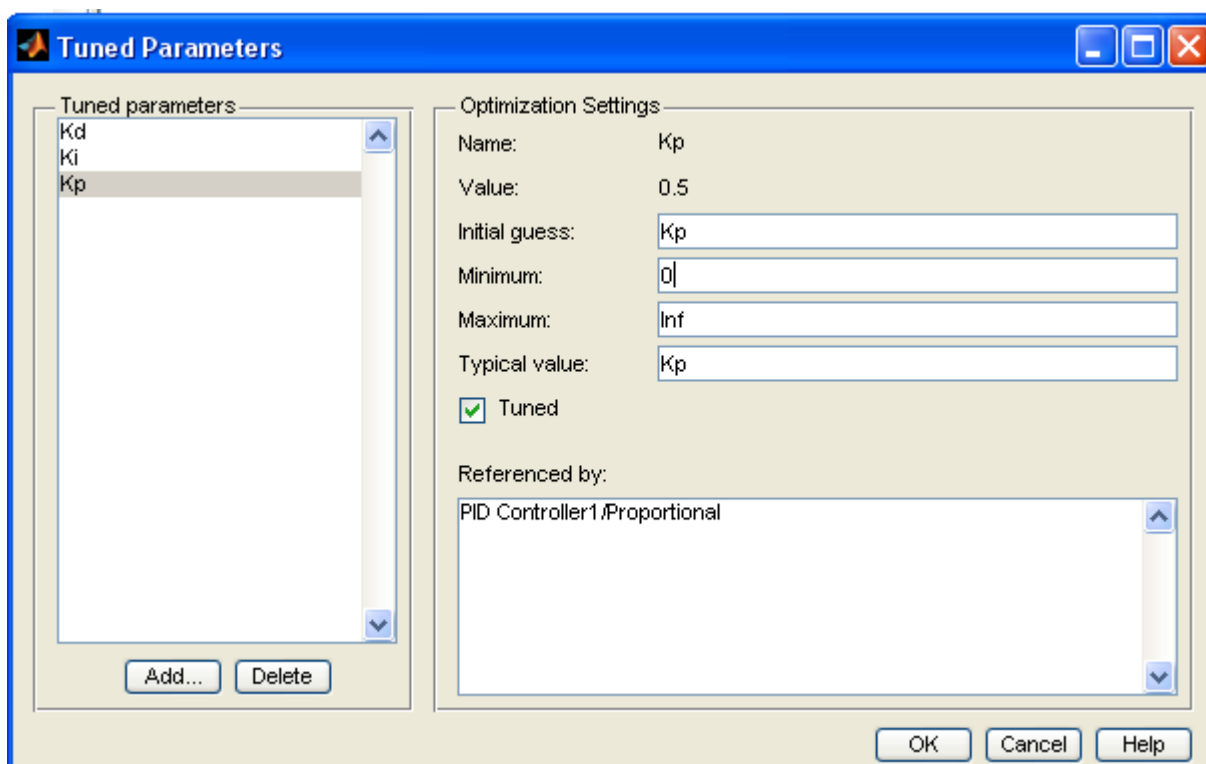



Рис. 11.22. Настраиваемые параметры ПИД-регулятора

Для запуска процесса расчета параметров, удовлетворяющих заданным требованиям, нажмем кнопку  в окне блока **Signal Constraint**. По-

сле откроется окно **Optimization Progress**, в котором будет отображаться переходный процесс (рис. 11.23 и прогресс расчета (рис. 11.24).

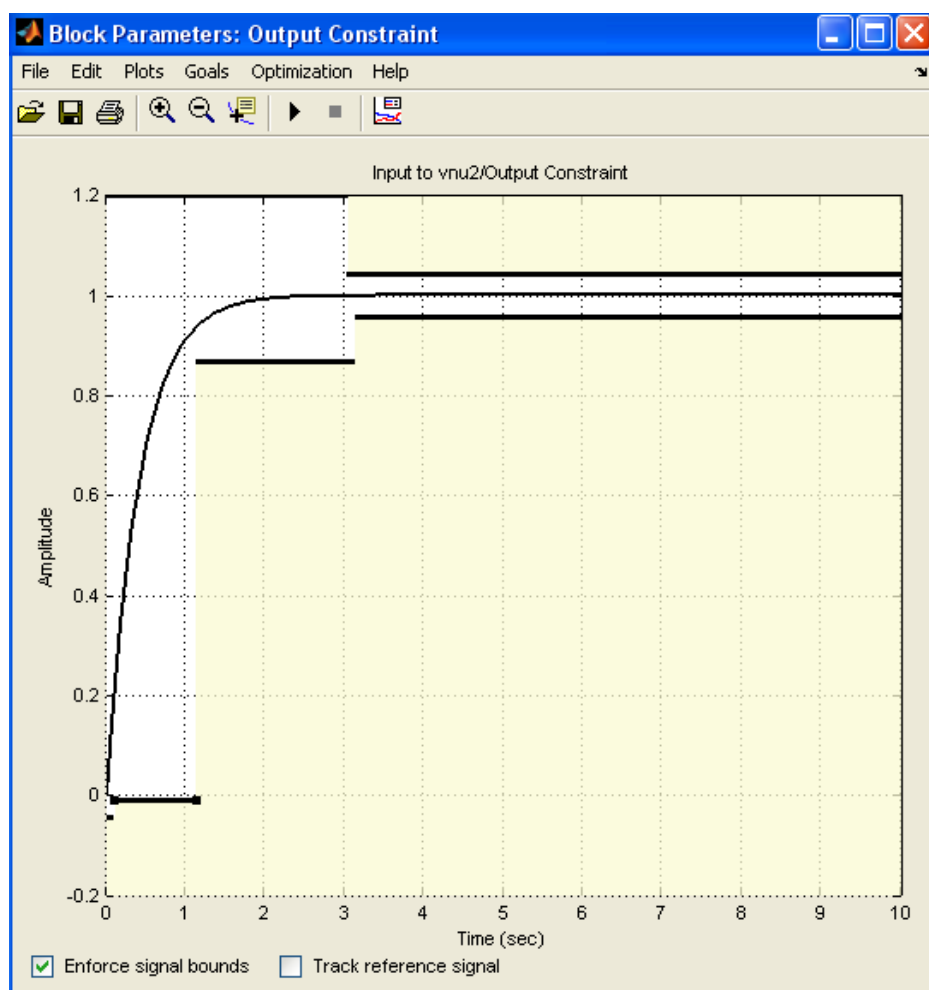


Рис.11.23. Переходный процесс

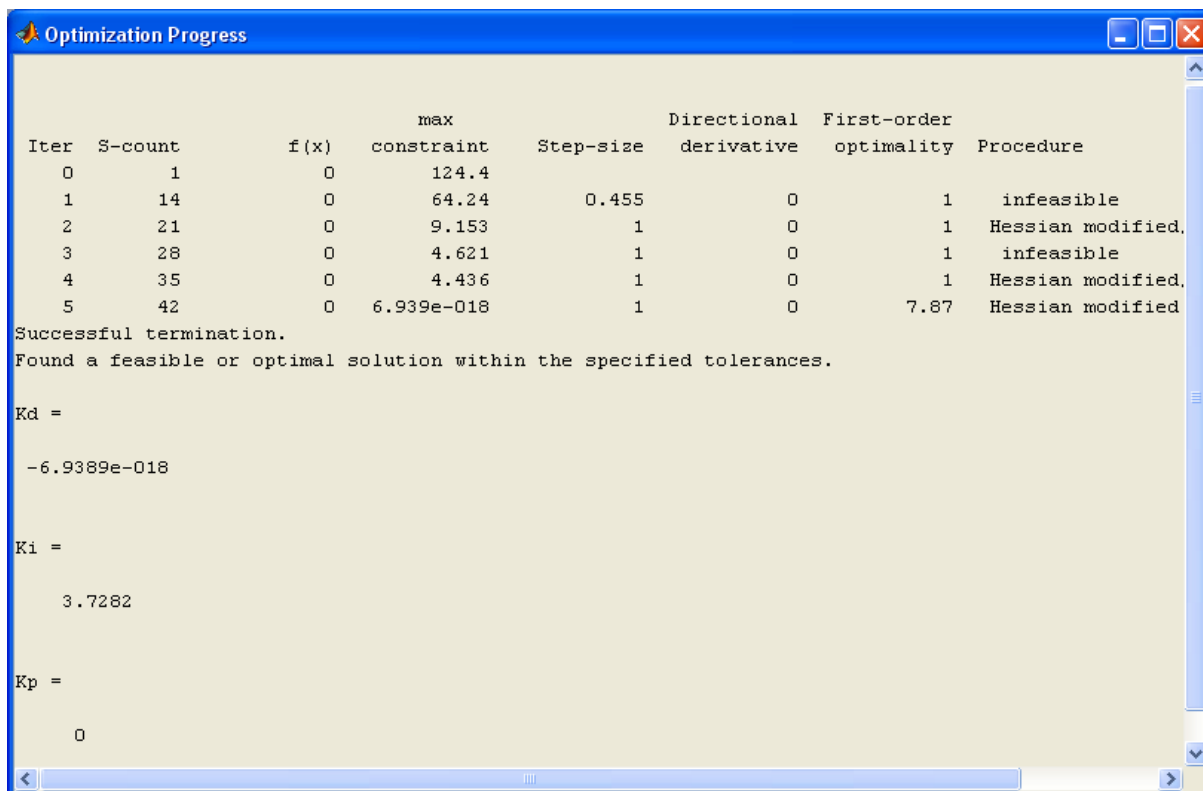


Рис.11.24. Прогресс расчета

Оглавление

Введение.....	3
1. Формирование теории управления как точной научной дисциплины. Базовые понятия и законы.	
1.1. Базовые понятия теории управления.....	4
1.2. Задача автоматизации.....	6
2. Основные этапы в истории науки об управлении: автоматика, теория автоматического регулирования.....	9
3. Основные этапы в истории науки об управлении: кибернетика, общая теория систем, современная теория управления.....	18
4. Современная теория управления.....	25
5. Интегративный характер теории управления, как науки об общности принципов и процессов управления в объектах различной физической природы.....	27
5.1. Управление как наука и искусство.....	27
5.2. Особая сложность и актуальность теории и практики управления.....	32
5.3. Управление как система.....	34

6. Проблема целостного понимания окружающего мира, как единого эволюционного процесса.....	40
7. Роль вычислительной техники и информатики в теории и технике управления.....	43
7.1. История развития вычислительной техники и информатики.....	43
7.2. Тенденции развития вычислительных систем.....	45
7.3. Тенденции развития информатики.....	48
8. Физическая теория управления.....	51
9. Управление как организация целенаправленного взаимодействия энергии, вещества и информации.....	54
10. Методология разработки систем автоматического регулирования и управления. Модели. Анализ. Управление.....	59
10.1. Теоретические и методологические аспекты теории управления.....	59
10.1.1. Понятие и сущность теории управления.....	60
10.1.2. Методология теории управления.....	61
10.1.3. Комплексная модель человека в системе управления.....	64
10.2. Особенности систем автоматизации и управления. Модель. Моделирование.....	66
10.2.1. Построение математических моделей.....	68
10.2.2. Описание автоматизированного процесса.....	69
10.2.3. Виды моделей процесса.....	70
10.2.4. Переменные систем управления.....	73
11. Проектирование нелинейных систем в пакете MATLAB.....	75
11.1. Обзор нелинейных блоков.....	75
11.1.2. Виртуальный осциллограф.....	77
11.2. Нелинейные блоки.....	79
11.2.1. Блок ограничения Saturation.....	79
11.2.3. Релейный блок Relay.....	82
11.2.4. Блок с ограничением скорости Rate Limiter.....	83
11.2.5. Блок квантования Quantizer.....	84
11.2.6. Блок фрикционных эффектов Coulombic and Viscous Friction.....	85
11.2.7. Блок люфта Backlash.....	86
11.2.8. Детектор пересечения заданного уровня Hit Crossing.....	87
11.3. Назначение пакета Simulink Response Optimization Blockset.....	88
Оглавление.....	95