

# ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

**А. Китов,**

*кандидат технических наук*

В последние годы получило значительное развитие новое научное направление, называемое кибернетикой. Одним из первых пропагандистов кибернетики является известный американский ученый-математик Норберт Винер. Слово «кибернетика» в переводе на русский язык означает «рулевой», или «управляющий движением». Кибернетика изучает общие закономерности в различных самоуправляемых системах, включая процессы автоматического управления в машинах, различные процессы управления и саморегулирования в живых организмах.

Для кибернетики как нового научного направления характерными являются две основные черты: применение точных количественных математических методов исследования явлений, в том числе явлений в области биологии, физиологии и других областях, которые до последнего времени изучались только качественными описательными методами, и выявление глубоких аналогий, общей природы и закономерностей в процессах управления и регулирования, происходящих в самых различных физических областях, с различными физическими объектами. Последнее обстоятельство отличает кибернетику от теории автоматического регулирования, занимающейся изучением вопросов управления в автоматических машинах. Так как высшим и наиболее сложным органом управления в живых организмах является нервная система и мозг, то одной из важных областей кибернетики является изучение с функциональной точки зрения процессов работы нервной системы и моделирование этих процессов с помощью средств современной электронной автоматики — быстродействующих электронных вычислительных машин.

Теоретической основой кибернетики является теория информации, изучающая статистическими методами законы преобразования и передачи сообщений при помощи сигналов.

Обычно под информацией понимают сведения о результатах каких-либо событий, которые заранее не были известны. Существенным при этом является то, что фактически поступившая информация является всегда каким-либо одним из определенного числа возможных различных вариантов сообщений. Понятию информации кибернетика придает очень широкий смысл, включая в него как всевозможные внешние данные, которые могут восприниматься или передаваться какой-либо определенной системой, так и данные, которые могут вырабатываться внутри системы, в последнем случае сама система будет являться источником сообщений.

Информацией могут являться, например, воздействия внешней среды на организм животного и человека; сведения, получаемые человеком в процессе обучения; сообщения, предназначенные для передачи с помощью какой-либо линии связи; исходные, промежуточные и окончательные данные в вычислительных машинах.

Теория информации устанавливает возможность единым способом измерять любую информацию, независимо от ее конкретной физической природы, путем представления ее в виде совокупности элементарных сообщений: «да» или «нет». Такое элементарное сообщение принимается за единицу количества информации.

Количество информации, которое несет с собой более

сложное сообщение, определяется тем запасом сообщений, который был подготовлен для передачи, и, в частности, если все варианты сообщений, образующие этот запас, имеют равную вероятность быть переданными, то количество информации, полученной при передаче одного сообщения из данного запаса, определяется логарифмом числа сообщений, образующих запас. Такой подход к измерению количества информации в некоторой мере согласуется с принятой обычно оценкой важности и объема информации в сообщении.

Обычно считают, что если получено сообщение, которое дает ответ на такой вопрос, на который ожидается ограниченное количество возможных ответов (в крайнем случае два), то количество новой информации сравнительно невелико, так как уже заранее можно было предвидеть все возможные варианты ответов. Если же получен ответ на такой вопрос, на который заранее нельзя предугадать всех возможных ответов, то, естественно, такой ответ содержит значительно большее количество информации.

Теория информации дает весьма общий метод оценки качества информации, ее надежности. Любая полученная информация может рассматриваться как результат воздействия двух процессов: закономерного процесса, предназначенного для передачи требуемой информации, и случайного процесса, вызванного действиями помех. Такой подход к оценке качества работы различных систем является общим для ряда наук: радиотехники, теории автоматического регулирования, теории связи, теории вычислительных машин.

При этом качество информации оценивается не по отношению уровней полезного сигнала к помехе, а статистическим методом — по вероятности получения правильной информации.

Большое значение, например, в теории информации имеет положение о том, что количество информации в сообщении может быть увеличено за счет понижения надежности, и, наоборот, качество информации, ее надежность, может быть повышено уменьшением количества информации за счет введения так называемой избыточности сообщений.

Помимо широких научных обобщений и выработки нового единого подхода к исследованию различных процессов, теория информации указывает и важные в практическом отношении пути развития техники связи. Большое значение, например, в настоящее время имеют разработанные на основе теории информации методы приема слабых сигналов при наличии помех, значительно превышающих по своей мощности принимаемые сигналы. Многообещающим является метод повышения эффективности и надежности линий связи за счет перехода от приема отдельных единичных сигналов к приему и анализу совокупностей этих сигналов и даже к приему сразу целых сообщений, на возможность которого указывает теория информации. Однако этот метод в настоящее время встречает еще серьезные практические трудности, связанные главным образом с необходимостью иметь в аппаратуре связи достаточно емкие и быстродействующие запоминающие устройства.

В учении об информации кибернетика объединяет различные области науки: теорию связи, теорию фильтров и упреждения, теорию следящих систем, теорию

автоматического регулирования, теорию электронных счетных машин, физиологию и другие, рассматривая различные объекты этих наук с единой точки зрения как системы обработки и передачи информации.

Подобно тому, как введение понятия энергии позволило рассматривать все явления природы с единой точки зрения и отбросило целый ряд ложных теорий (теория флогистона, вечных двигателей и др.), так и введение понятия информации, единой меры количества информации, позволяет подойти с единой, общей точки зрения к изучению самых различных процессов взаимодействия тел в природе.

Различные системы автоматического управления представляют собой устройства, перерабатывающие информацию. Сущность управления заключается в том, что движение и действие больших масс или передача и преобразование больших количеств энергии направляются, контролируются при помощи небольших количеств энергии, затрачиваемой на передачу информации. Этот принцип управления лежит в основе организации и действия любых управляемых систем — автоматических машин и живых организмов.

Любая автоматически управляемая система состоит из двух основных частей — управляемого объекта и системы управления (регулятора) — и характеризуется наличием замкнутой цепи передачи информации.

От регулятора к управляемому объекту информация передается в виде сигналов управления; в управляемом объекте под воздействием этих сигналов осуществляется преобразование больших количеств энергии (сравнительно с энергией сигналов) в работу. Цель передачи информации замыкается сигналами обратной связи, представляющими собой информацию о действительном состоянии управляемого объекта, поступающую от объекта в регулятор.

Примером системы управления с обратной связью является система автоматического переключения стрелок или семафоров на железной дороге. Стрелочник, находясь в будке, переключает стрелки или семафор, посылая необходимые управляющие сигналы по линиям связи. Проверка исполнения поданных команд осуществляется при помощи линии обратной связи, передающей сигналы в будку о действительном положении переключаемых устройств. Примером системы управления с обратной связью, работающей без участия человека, является термостат — прибор для автоматического поддержания в помещении требуемой температуры. Назначение любого регулятора заключается в преобразовании информации, характеризующей действительное состояние объекта, в информацию управления, т. е. в информацию, которая должна определять будущее поведение объекта.

Таким образом, регулятор представляет собой устройство преобразования информации. Законы преобразования информации определяются принципами действия и конструкцией регулятора. В простейшем случае регулятор может быть просто линейным преобразователем, в котором сигнал обратной связи, показывающий отклонение регулируемого объекта от требуемого состояния, — сигнал ошибки — линейно преобразуется в управляющий сигнал.

Основной характеристикой любого регулятора, как устройства переработки информации, является закон преобразования информации, реализуемый регулятором.

Задачей кибернетики является изучение принципов построения и действия различных регуляторов и создание общей теории управления, т. е. общей теории преобразования информации в регуляторах. Основную роль при этом играет принцип обратной связи, обеспечивающий управление процессами в механических системах и в живых организмах с учетом действитель-

ного состояния управляемой системы в каждый данный момент времени.

В настоящее время благодаря развитию науки и техники появилась возможность глубже применить метод аналогий для изучения законов деятельности нервной системы, мозга и других органов животных, моделируя процессы, происходящие в этих органах, с помощью сложных электронных машин и приборов.

Электронная вычислительная машина может выполнять несколько определенных элементарных операций: сложение двух чисел, вычитание, умножение, деление, перенос числа из одного места хранения в другое и некоторые другие. Такие операции над числами выполняет и обычный вычислитель, работающий на арифмометре. Качественным отличием электронной вычислительной машины от арифмометра и других ручных счетных приборов является огромная скорость вычислений (десятки тысяч операций в секунду) и полная автоматизация вычислительного процесса. Эти свойства электронных машин обеспечивают их колоссальную производительность: задачи, которые при ручном счете решались годами, на электронных машинах решаются в течение минут.

Но выполнение вычислительной работы — это одна из узких областей умственного труда человека. Возможна механизация и других областей умственной работы, например: механизация работ экономико-статистического и комбинаторного характера, таких, как составление расписаний для железнодорожного, воздушного и другого транспорта, планирование производства, снабжения, перевод с одного языка на другой, подбор и классификация литературы и т. д. Необходимым условием для применения электронных вычислительных машин для механизации той или иной области умственной работы является наличие математического описания процесса в виде формул или системы однозначных правил.

В связи с этим основная трудность в применении машин в той или иной области умственного труда заключается в разработке системы четких однозначных правил, формальное выполнение которых даст требуемое решение. После того как такая работа проделана, применение машин уже не вызовет принципиальных затруднений.

Исключительно большое значение имеет применение электронных вычислительных машин в области автоматики.

На основе электронной счетной техники практически разрабатываются и строятся сложные автоматы, способные учитывать изменения внешних условий, запоминать свои действия, осуществлять лучшие решения, обеспечивающие наилучший способ управления. Применение таких автоматов для управления производственными процессами вплоть до создания автоматических заводов и энергетических систем имеет большое народнохозяйственное значение.

Большое значение имеет применение электронных вычислительных машин для автоматического управления военными объектами: создание автоматических установок для воздушной стрельбы, бомбометания и навигации; создание систем для автоматического наведения самолетов-перехватчиков и беспилотных объектов на цели и т. д.

С точки зрения принципа работы любая электронная вычислительная машина может рассматриваться как состоящая из трех основных частей: арифметического устройства, предназначенного для выполнения операций над числами; запоминающего устройства, предназначенного для приема, хранения и выдачи чисел; устройства управления, предназначенного для управления автоматической работой машины. Эти устройства соединены между собой системой магистралей, по кото-

рым передаются необходимые числа и управляющие сигналы. Каждая операция выполняется машиной под воздействием специального управляющего сигнала, так называемой команды, определяющей, какую операцию и над какими числами должна выполнить машина и куда должен быть помещен результат операции. Последовательность таких команд составляет программу работы машин. Программа должна быть составлена человеком-математиком заранее и задана в машину перед решением задачи, после чего все решение задачи выполняется машиной автоматически. Для введения в машину каждая команда программы кодируется в виде условного числа, которое машиной в процессе решения задачи соответствующим образом расшифровывается и необходимая команда выполняется. Условные числа, обозначающие программу, хранятся в машине в тех же запоминающих устройствах, что и обычные числа.

Очень важными с точки зрения принципа работы электронных счетных машин являются следующие две особенности. Машина может автоматически выбирать нужный ход вычислений в тех случаях, когда в процессе вычисления встречаются несколько путей. В машине это обеспечивается введением в состав операций, выполняемых машиной, специальных команд условного перехода, которые, будучи поставлены в определенные места программы, изменяют порядок выполнения команд программы. Обычно команды программы выполняются подряд в том порядке, как они записаны в программе, до тех пор, пока не дойдет очередь до команды условного перехода. Эта команда изменит порядок следования команд. В зависимости от результата той операции, которая выполнялась непосредственно перед командой условного перехода, следующей после команды условного перехода может выполняться не только очередная команда программы, но и любая другая как из числа последующих, так и из числа предшествующих команд. Какая именно команда должна выполняться в данном случае, т. е. между какими командами должен быть сделан выбор, может определяться заранее при составлении программы или же самой машиной в ходе вычислений по заданным в машину правилам.

Так как программа работы машины, представленная в виде последовательности условных чисел, хранится в том же запоминающем устройстве машины, что и обычные числа, то машина может производить операции не только над обычными числами, представляющими величины, участвующие в решении задачи, но и над условными числами, представляющими команды программы.

Это свойство машины служит для обеспечения возможности преобразования и многократного повторения всей программы или ее отдельных участков в процессе вычислений. Этим обеспечивается значительное уменьшение объема первоначально вводимой в машину программы и резкое сокращение трудоемкости процесса составления программы.

Отмеченные особенности электронных вычислительных машин являются основными для осуществления полностью автоматического вычислительного процесса. Они позволяют машине оценивать по определенным критериям получающиеся в процессе вычислений результаты и вырабатывать программу дальнейшей работы, основываясь только на некоторых общих исходных принципах, заложенных в первоначально введенной в машину программе.

Таким образом, основным в принципе работы вычислительной машины является наличие всегда некоторого самоорганизующегося процесса, который определяется, с одной стороны, характером введенных исходных данных и исходными принципами первоначально введенной

программы и, с другой стороны, логическими особенностями конструкции машины. Этот процесс состоит из огромного числа последовательных альтернативных выборов, причем возможности последующих выборов определяются результатами предыдущих выборов. Таким образом, работа счетной машины заключается в реализации длинной и непрерывной логической цепи, каждое звено которой может иметь только два значения: «да» или «нет».

Конкретные условия, имеющие место каждый раз в момент выполнения отдельного звена, обеспечивают всегда вполне определенный и однозначный выбор одного из двух состояний. Этот выбор определяется исходными данными задачи, программой решения и логическими принципами, заложенными в конструкции машины.

Особенно наглядно такой характер работы вычислительных машин виден на примере машин, работающих по двоичной системе счисления.

В двоичной системе счисления в отличие от общепринятой десятичной системы счисления основанием системы является не число 10, а число 2. В двоичной системе счисления участвуют только две цифры: 0 и 1.

Все действия в двоичной арифметике сводятся к ряду двоичных выборов, и устройство машины представляет собой совокупность реле, каждое из которых может иметь только одно из двух состояний: «включено» или «выключено». Физически реле могут быть различными: механическими, электромеханическими, электрическими, электронными и др.

Очень важной функцией вычислительных машин является «память». В вычислительных машинах имеется несколько видов «памяти»: оперативная, или быстродействующая, «память» для быстрого запоминания и выдачи отдельных чисел, необходимых в данный момент для использования в операции, и постоянная «память». Оперативная «память» в машинах имеет обычно небольшую емкость (1000—2000 чисел), осуществляется с помощью электронных триггерных ячеек, электроннолучевых трубок, электроакустических линий задержки и других электронных или магнитных приборов.

Постоянная «память», или внешний накопитель, имеет емкость порядка 100 000—1 000 000 чисел для длительного хранения данных, которые потребуются в будущих операциях. Особенностью работы внешних накопителей является то, что они не участвуют непосредственно в вычислительных операциях, а являются резервом для оперативной памяти, и прием и выдача внешними накопителями чисел осуществляются большими группами, а не отдельными числами. Накопители большой емкости осуществляются в машинах с помощью магнитной записи на ленту, барабан или проволоку, с помощью перфолент, перфокарт, фотографии и других опосовов. Техника электронных вычислительных машин в настоящее время бурно развивается. В машинах находят широкое применение полупроводниковые приборы, ферроэлектрические материалы, внедряется техника печатных схем, обеспечивающая возможность массового производства. Все это приводит к повышению надежности, уменьшению габаритов и стоимости электронных вычислительных машин и способствует расширению области их применения, как для выполнения непосредственно вычислительной работы, решения логических и комбинаторных задач, так и для целей автоматического управления. В связи с этим большое значение приобретает кибернетика, изучающая теоретические основы применения электронных вычислительных машин и вообще автоматических устройств для механизации и автоматизации различных видов умственного труда человека.