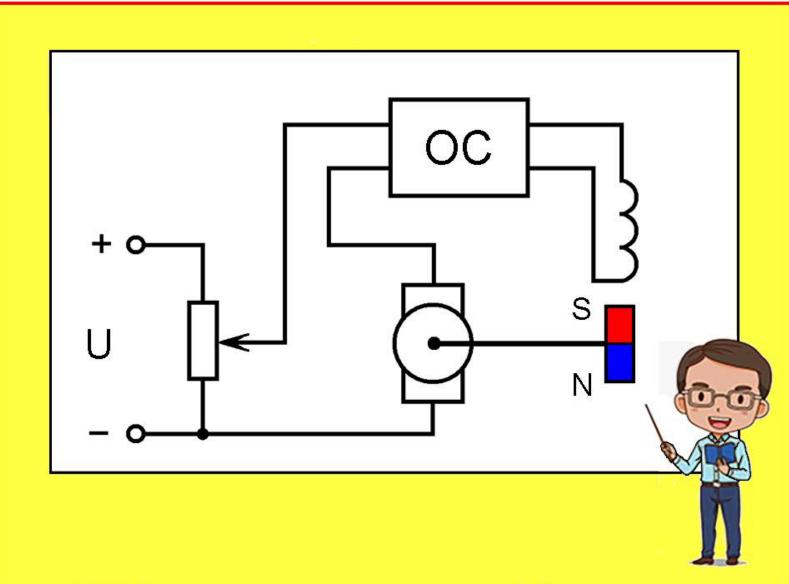
Майер Р.В.

ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

И ЕЕ ФОРМИРОВАНИЕ У СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ГЛАЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени В. Г. Короленко»

Р. В. Майер

ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА И ЕЕ ФОРМИРОВАНИЕ У СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Монография

Научное электронное издание на компакт-диске

Глазов

ГГПИ

2022

[©] Майер Р. В., 2022

[©] ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко», 2022

УДК 37.02 ББК 32.81 М14

Рекомендовано УМО по математике педвузов и университетов Волго-Вятского региона для студентов и преподавателей высших учебных заведений.

Рецензенты:

- А. А. Мирошниченко, профессор Глазовского государственного педагогического института, доктор педагогических наук;
- Ю. А. Сауров, доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент РАО; профессор кафедры физики и методики обучения физике ВятГУ

М14 **Майер, Р. В.** Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование у студентов педагогических специальностей : монография / Р. В. Майер. – Глазов : Глазовский государственный педагогический институт, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Электронная монография посвящена актуальной проблеме формирования информационно-кибернетической картины мира и соответствующего ей инфокибернетического мышления у студентов педагогических вузов. В ней решены следующие задачи: 1) определены понятие «информационно-кибернетическая картина мира» и его содержание; 2) введено новое понятие «информационно-кибернетическое мышление», определены его компоненты; 3) предложена методическая система формирования информационно-кибернетической картины мира и инфокибернетического мышления у студентов педвузов; 4) проанализированы психолого-педагогические факторы, повышающие эффективность изучения основ информатики и кибернетики. Книга содержит конкретные методические рекомендации, позволяющие сформировать инфокибернетическую картину мира у студентов педагогических вузов.

Монография предназначена для ученых и работников образования, интересующихся проблемами преподавания информатики и кибернетики.

Системные требования: PC не ниже класса Pentium I; 128 Мб RAM; свободное место на HDD 8,7 Мб; Windows 95/98/2000/XP/7/8; Adobe Acrobat Reader; дисковод CD-ROM 2-скоростной и выше; мышь.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Роберт Валерьевич Майер

Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование у студентов педагогических специальностей

Монография

Технический редактор, корректор М. В. Пермякова Оригинал-макет: М. В. Пермякова

Изображение преподавателя на обложке взято с сайта https://ru.freepik.com/

Подписано к использованию 10.03.2022. Объём издания 8,7 Мб. Тираж 8 экз. Заказ № 538—2022.

ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

427621, Россия, Удмуртская Республика, г. Глазов, ул. Первомайская, д. 25 Тел./факс: 8 (34141) 5-60-09, e-mail: <u>izdat@mail.ru</u>

Назад Оглавление Введение

Предисловие

Важным профессиональным качеством учителя является наличие в его сознании единой научной картины мира, которая, как известно, включает в себя естественно-научную картину мира, социально-экономическую, технологическую и информационно-кибернетическую картины мира. Последняя особенно актуальна для преподавателей информатики, так как при изучении этой дисциплины приходится анализировать различные технические системы с точки зрения информатики и кибернетики, выявляя информационные потоки и цепи управления. Настоящая монография посвящена проблеме формирования у студентов педагогических вузов информационно-кибернетической картины мира и соответствующего инфокибернетического мышления, заключающегося в умении применять информационно-кибернетический подход для объяснения функционирования технических, биологических, социальных, экономических и других систем, способности создавать алгоритмы и компьютерные программы. Для ее решения необходимо установить содержание информационно-кибернетической картины мира, разработать методическую систему ее формирования в сознании студентов, определить психолого-педагогические, содержательные и организационно-методические аспекты изучения основ информатики и кибернетики. Автор не претендует на всеобъемлющее решение обозначенной проблемы, но планирует рассмотреть ее наиболее важные аспекты.

Р. В. Майер

Предисловие

Оглавление

Глава 1

Введение

В настоящее время ученые выделяют два аспекта организации окружающего мира: вещественно-энергетический и кибернетико-информационный. Им соответствуют естественно-научная и информационно-кибернетическая картины мира, входящие в состав единой научной картины мира. Информационно-кибернетическая картина мира (инф.-киб. КМ) тесно связана с перечисленными выше картинами мира и включает в себя систему основных понятий, идей, теорий информатики и кибернетики, которые позволяют объяснить сущность информационных процессов и функционирование различных систем управления. Она возникла в середине XX века в результате исследования технических, биологических, социальных систем и информационных процессов различной природы.

В идеале выпускник педагогического вуза не только усваивает научные знания, но и овладевает профессионально-методическими умениями. Будущие учителя информатики, физики и математики должны владеть информационно-кибернетическим подходом при объяснении функционирования сложных систем, уметь решать типовые задачи по информатике, разбираться в алгоритмах и программах, успешно взаимодействовать с различными электронными устройствами, ресурсами Интернета и т. д., а также объяснять школьникам основные положения информатики и кибернетики. Развитие инф.-киб. КМ и инфокибернетического мышления у студентов педагогических вузов является важным условием формирования их профессиональных компетенций. Актуальность этой проблемы обусловлена тем, что в современной науке при анализе технических, биологических, социально-экономических и других систем применяется один и тот же инфокибернетический подход, состоящий в разбиении системы на

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

блоки (преобразователи информации), выявлении информационных потоков и цепей управления, использовании фундаментальных принципов управления, обработки, хранения и передачи информации. Все это требует формирования у школьников и студентов целостного взгляда на информационные и кибернетические процессы различной природы, выявления и изучения общих особенностей и закономерностей.

Цель монографии: 1) изучить важнейшие аспекты формирования в сознании студентов педагогических вузов информационно-кибернетической картины мира и инфокибернетического мышления; 2) выявить наиболее важные вопросы информатики и кибернетики, входящие в инф.-киб. КМ, и требуемый уровень их изучения. Из этой цели вытекают следующие задачи:

- 1) дать определение новым понятиям «информационно-кибернетическая картина мира», «информационно-кибернетическое мышление» и «информационно-кибернетическое мировоззрение», конкретизировать их содержание;
- 2) разработать методическую систему формирования информационнокибернетической картины мира, сформулировать цели и задачи, установить содержание, средства, используемые методы и методику обучения, в которой отражены современные тенденции обучения информатике и кибернетике;
- 3) на основе обсуждения особенностей преподавания информатики и развития системно-кибернетических представлений студентов, изучить наиболее важные аспекты формирования инфокибернетического мышления, а также умения использовать инфокибернетический подход для анализа технических, биологических, педагогических и социально-экономических систем;
- 4) выявить дидактические условия активизации учебно-познавательной деятельности студентов при формировании инф.-киб. КМ, связанные в первую очередь с повышением их мотивации к учебному процессу, интереса к изучаемым вопросам, реализацией модульного принципа обучения и использованием наукоемких образовательных технологий;
- 5) разработать систему учебных заданий для теоретического и экспериментального изучения важнейших принципов теории управления, методов

компьютерного моделирования технических систем, развития кибернетического и алгоритмического мышления; отобрать наиболее важные элементы учебного материала, изучение которых обеспечит формирование инф.-киб. КМ у студентов педагогических вузов.

Автор исходит из **предположения** о том, что дальнейшее совершенствование методики преподавания информатики и кибернетики требует использования понятий «информационно-кибернетическая картина мира», «инфокибернетическое мышление» и «инфокибернетическое мировоззрение», а также разработки методической системы формирования инф.-киб. КМ и выявления дидактических условий ее эффективного внедрения в педагогическую практику.

Теоретико-методологическую основу исследования составляют работы следующих ученых:

- 1) Б. М. Величковского [15], В. И. Загвязинского [31], М. А. Захарищевой [32], И. А. Зимней [35], А. С. Казаринова [40], В. В. Майера [61], Ю. А. Саурова [130], В. Э. Штейнберга [159], П. М. Эрдниева и Б. П. Эрдниева [161] (когнитивная психология и дидактика);
- 2) Н. Винера [189], А. К. Гуца [24], С. П. Капицы, С. П. Курдюмова и Г. Г. Малинецкого [41], А. А. Крушанова [52], В. П. Мельникова и А. Г. Схиртладзе [105], Д. А. Новикова [113, 187], И. Р. Пригожина, Л. В. Розановой [127], Г. Хакена [149] (кибернетика и синергетика);
- 3) С. Н. Гринченко [20], О. В. Красновой и А. А. Краснова [51], Н. А. Кузнецова, О. Е. Баксанского и Н. А. Гречишкиной [54], Л. В. Моисеевой [111], S. Beer [163] (информационно-кибернетический подход);
- 4) Е. В. Андреевой, Л. Л. Босовой, И. Н. Фалиной [2], С. А. Бешенкова [8], В. В. Губарева [22], О. Е. Данилова [25], М. П. Лапчика, М. И. Ригулиной и И. Г. Семакина [56], К. Ю. Полякова и Е. А. Еремина [118], И. В. Роберт [124, 125] (методика преподавания информатики);
- 5) А. Ж. Асаиновой [5], А. Г. Гейна, А. Б. Ливчака, А. И. Сенокосова и Н. А. Юнермана [19], В. В. Губарева [22], Н. П. Деменкова и Е. А. Микрина [28], Б. В. Соболя, А. Б. Галина, Ю. В. Панова, Е. В. Рашидовой и Н. Н. Садова

- [134], Н. Д. Угриновича [142, 143], М. С. Цветковой и И. Ю. Хлобыстовой [151, 152], С. Е. Shannon [188] (содержание курса информатики);
- 6) Л. П. Леонтьева и О. Г. Гохмана [57], Т. В. Минькович [107], А. А. Мирошниченко [109], А. П. Свиридова [131], А. П. Усольцева [144], В. Е. Фирстова [145] (математическая теория обучения, кибернетическая педагогика);
- 7) В. Д. Боева и Р. П. Сыпченко [11], Л. А. Булавина, Н. В. Выгорницкого и Н. И. Лебовки [13], Х. Гулда, Я. Тобочника [23], С. И. Дворецкого, Ю. Л. Муромцева и В. А. Погонина [27], С. Е. Попова [119], В. И. Ращикова и А. С. Рошаля [123], Ф. С. Робертса [126], В. А. Саранина [129], Р. Шеннона [156], N. J. Giordano [166], В. Сhopard и М. Droz [164], М. М. Woolfson и G. J. Pert [190] (компьютерное моделирование);
- 8) Н. Е. Кобринского, Е. З. Майминас и А. Д. Смирнова [46], Дж. Форрестера [146, 147], А. А. Шияна [157] (социально-экономическая кибернетика);
- 9) Л. А. Блюменфельда [10], А. Б. Когана, Н. Н. Наумова, В. Г. Режабек, О. Г. Чораяна [47], Е. В. Шевченко, Л. К. Вороновой и В. Г. Нечаевой [154], И. И. Шмальгаузена [158] (биологическая кибернетика).

Настоящую монографию следует рассматривать как развитие идей и концепций, обсуждавшихся в других научно-методических работах автора, которые относятся к следующим областям: 1) дидактика [67, 94, 101]; 2) методика преподавания [62, 63, 66, 68]; 3) компьютерное моделирование физических систем [64, 65, 82, 86]; 4) компьютерное моделирование процесса обучения [73, 168–182]; 5) инфокибернетический подход к обучению [76, 84, 91, 95–97]; 6) формирование инф.-киб. картины мира и развитие инфокибернетического мышления [99, 100, 102, 183].

Глава 2

Введение Оглавление

Глава 1. ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА КАК СИСТЕМА ЗНАНИЙ

Человечество пережило шесть информационных революций, связанных с изобретением: 1) языка; 2) письменности; 3) книгопечатания; 4) телеграфа и телефона, радио и телевидения; 5) микропроцессорной технологии и компьютера; 6) глобальной компьютерной сети. Последняя информационная революция связана с возникновением виртуального этапа в развитии социальных коммуникаций; ей присущи: 1) полная информатизация общества; 2) глобализация информационной среды мирового сообщества на основе Интернета; 3) быстрое развитие информационной экономики, рынка и бизнеса; 4) цифровизация техносферы, а также гуманитарной сферы; 5) усиление интеллектуальных способностей с помощью ИКТ; 6) формирование информационного мировоззрения, изменяющего научную картину мира и методологию научных исследований; 7) появление целого комплекса проблем информационной безопасности [54]. Ученые отмечают, что человечество переходит на качественно новый уровень, вступая в новую фазу – в фазу киберэволюции. Все это обуславливает необходимость более глубокого изучения информационных процессов и систем управления. Развитие профессиональных компетенций учителя информатики, физики и математики предполагает формирование у студентов педагогических специальностей информационно-кибернетической картины мира (инф.-киб. КМ) как важной составляющей единой научной картины мира [20, 30]. Инф.киб. КМ начала развиваться в середине XX века в результате исследований технических, биологических, социальных систем и информационных процессов различной природы; тогда же появились информатика, кибернетика, информационно-кибернетический подход и т. д. [26].

1. Логико-смысловая модель инф.-киб. картины мира

Анализ научно-методической литературы [26, 30, 37, 54, 105, 106, 111, 151], посвященной проблеме формирования единой научной картины мира и ее некоторых составляющих, позволил сформулировать следующее определение. Инф.-киб. картиной мира называется обобщенная модель окружающего мира, включающая в себя представления об информации и методах ее измерения, общих принципах управления, объяснение информационных процессов и функционирование кибернетических систем различной природы. Существующая в сознании ученых инф.-киб. КМ является частью единой научной КМ, в которую она входит вместе с естественно-научной КМ, исторической, социально-экономической и технической картинами мира, образуя целостную систему. Инф.-киб. КМ включает в себя совокупность теорий, позволяющих понять сущность информационных процессов и функционирование кибернетических систем [104], важнейшие принципы и идеи информатики, кибернетики, искусственного интеллекта (ИИ) [59, 121], робототехники [132].

В педагогическом вузе учебная инф.-киб. КМ формируется в первую очередь при изучении дисциплин, входящих в модуль «Информатика». К ним относятся «Информатика», «Программирование», «Искусственный интеллект», «Базы знаний», «Основы робототехники», «Операционные системы», «Сети и интернет-технологии», «Практикум по решению задач на ЭВМ», «Теоретические основы информатики», «Информационные системы», «Архитектура компьютера», «Компьютерное моделирование», «Основы искусственного интеллекта». При необходимости могут быть организованы факультативные курсы «Основы кибернетики» или «Информационно-кибернетическая картина мира» для изучения обсуждаемых вопросов. Ядро инф.-киб. КМ образуют фундаментальные понятия, идеи и принципы обработки информации и функционирования кибернетических систем, такие как [1, 22, 105, 117]: формула Хартли—Шеннона, теоремы Шеннона о передаче сообщений по каналу связи, методы кодирования, архивирования, шифрования, принципы кибернетики и др. Пе-

риферия учебной инф.-киб. КМ включает в себя знания: 1) физических принципов работы компьютеров, калькуляторов, сотовых телефонов и других устройств, обрабатывающих информацию, а также их блоков: процессора, ПЗУ, ОЗУ, шифратора и т. д.; 2) примеров использования основных идей информатики и кибернетики для объяснения функционирования технических, биологических, социально-экономических и других систем.

Существующая в науке инф.-киб. КМ связана с технической картиной мира, включающей в себя закономерности развития технических объектов и обобщенное представление о принципах их работы. Ученые-методисты, осуществляя адаптацию этой инф.-киб. КМ к условиям обучения, получают упрощенную учебную инф.-киб. КМ, находящуюся в сознании преподавателей информационных дисциплин. В процессе изучения составляющих ее элементов у студентов формируются индивидуальные образы инф.-киб. КМ, которые являются упрощенными «слепками» с научной инф.-киб. КМ; параллельно у них развивается информационно-кибернетическое мышление [99, 100, 102, 183]. В дальнейшем речь пойдет только об учебной инф.-киб. КМ, которую сокращенно будем называть инф.-киб. КМ, отбрасывая слово «учебная».

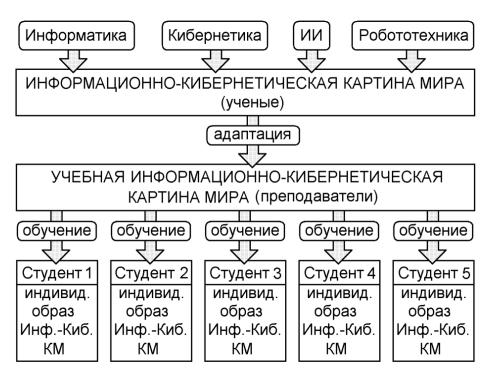


Рис. 1.1. Формирование у студентов индивидуального образа инф.-киб. КМ

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Необходимость формирования инф.-киб. картины мира у школьников и студентов обусловлена следующим. При анализе различных технических, биологических и социальных систем студенты используют понятия «информация», «кодирование», «пропускная способность», «управление», «обратная связь» и т. д., обсуждают разнообразные информационные процессы и цепи управления, которые, несмотря на различную природу, подчиняются общим закономерностям. Для повышения системности знаний целесообразно сформировать целостный взгляд на функционирование информационных и кибернетических систем, изучить фундаментальные принципы управления, обработки, хранения и передачи информации, установить соответствующие межпредметные связи, выработать единый подход к анализу информационных процессов различной природы [99, 100].

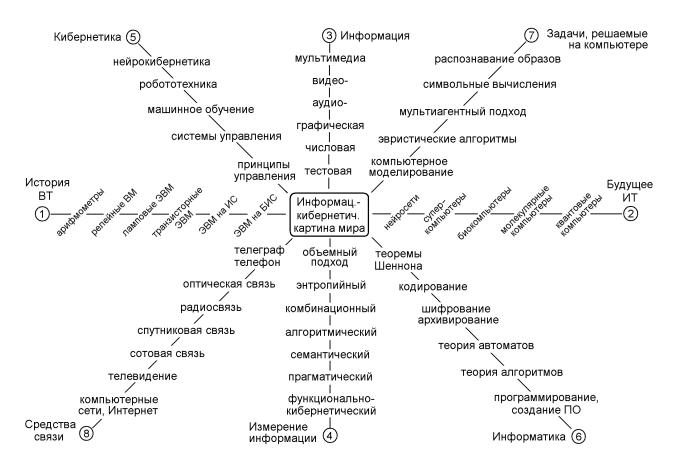


Рис. 1.2. Логико-смысловая модель информационно-кибернетической КМ

С целью визуализации содержания инф.-киб. КМ будем использовать логико-смысловое моделирование (ЛСМ), основоположником которого является В. Э. Штейнберг [159]. Этот метод заключается в представлении содержания некоторой области знаний с помощью многолучевого графа, вершинами которого являются понятия или дидактические единицы, а ребра символизируют связи между ними. Для создания ЛС-модели выписывают ключевые понятия и выделяют «силовые информационные линии», вокруг которых группируются дидактические единицы, образующие разнородные смысловые группы [159]. Один из возможных вариантов логико-смысловой модели информационно-кибернетической КМ представлен на рис. 1.2. В пространстве признаков выделены основные смысловые координаты: 1) прошлое вычислительной техники; 2) будущее компьютерной технологии; 3) виды информации; 4) методы измерения информации; 5) кибернетика; 6) информатика; 7) задачи, решаемые с помощью компьютера; 8) средства связи.

2. Содержание инфокибернетической картины мира

Инф.-киб. КМ включает в себя основные понятия, идеи и принципы информатики и кибернетики. Вообще термин «информатика», образованный из слов «информация» и «автоматика», обозначает науку, изучающую методы автоматизированной переработкой информации [110, 128]. Изначально информатика возникла как часть технической кибернетики, которая исследовала получение, кодирование, обработку, передачу и хранение информации. Сейчас она также занимается изучением структуры и общих свойств информации и информационных процессов, а также разработкой информационных технологий и методов решения различных практических задач на компьютере [1, с. 24].

Содержание информатики представлено на рис. 1.3; оно выступает в качестве **информационной составляющей** инф.-киб. картины мира и включает в себя [22, 110, 134, 137]: 1) теорию информации (информация и ее виды, методы измерения информации, формулы Хартли, Шеннона и т. д.); 2) теорию кодирования (теоремы Шеннона, код Хаффмана, код Шеннона–Фано, архивирование и

т. д.); 3) теорию алгоритмов (блок-схемы, машина Поста, машина Тьюринга, алгорифмы Маркова и т. д.); 4) теорию автоматов (детерминированные и вероятностные автоматы, диаграмма Мура и т. д.); 5) программирование (решение задач на компьютере, компьютерное моделирование, создание программного обеспечения и т. д.); 6) развитие ИКТ (совершенствование средств связи, компьютеров, нейросетей и т. д.); 7) искусственный интеллект (распознавание образов, символьные вычисления, обучение машин, эволюционные вычисления и т. д.).



Рис. 1.3. Информатика и ее составляющие

Другим важным компонентом инф.-киб. картины мира является система кибернетических знаний. **Кибернетика** — наука об общих законах управления в природе, обществе, живых организмах и машинах, изучающая информационные процессы, связанные с функционированием динамических систем [187]. Иными словами, она изучает управляемые системы любой природы; общие принципы, цели, закономерности и механизмы целенаправленного и самоконтролируемого поведения технических, биологических, социальных систем; проблемы разума и его роли в управлении [17, 22]. К основным задачам кибернетики относятся: 1) изучение особенностей, присущих всем кибернетическим системам; 2) установление общих принципов функционирования систем

управления; 3) практическое использование установленных фактов и закономерностей при создании систем управления. При этом применяются следующие методы: 1) экспериментальное изучение систем; 2) физическое, математическое или компьютерное моделирование систем.

Кибернетика (К.) как наука появилась в 1948 году после выхода книги Норберта Винера «Об управлении и связи в животном и машине» [187, 189]. У ее истоков стояли известные ученые: Уильям Эшби (техническая К.) и Стаффорд Бир [163] (экономическая К.). Винеровская кибернетика (версия 1.0), или К. наблюдаемых систем, включает в себя теорию управления; теорию связи и информации; общую теорию систем, системотехнику и системный анализ; методы оптимизации; исследование операций; искусственный интеллект; анализ данных и принятие решений; робототехнику; экономическую К.; физическую К.; социальную К., педагогическую К.; квантовую К.; космическую К.; техническую К.; эволюционную К., биологическую и медицинскую К. [186, 187]. При этом не учитываются влияние наблюдателя и его параметры. Сейчас уже существуют: 1) кибернетика 2.0, то есть К. наблюдения систем, которая учитывает роль субъекта, осуществляющего управление автоматическими устройствами; 2) кибернетика 3.0, изучающая саморазвитие полисубъектной рефлексивно-активной среды (например, общества).



Рис. 1.4. Составляющие кибернетики

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Кибернетическая составляющая инф.-киб. картины мира содержит (рис. 1.4): 1) теоретическую кибернетику (основные идеи и принципы теории управления); 2) техническую кибернетику (системы автоматического управления, следящие системы, робототехника, космическая кибернетика и т. д.); 3) биологическую кибернетику (медицинская, физиологическая, нейрокибернетика, бионика и т. д.); 4) социальную кибернетику (управление обществом, компьютерное моделирование социальных процессов, военная кибернетика и т. д.); 5) педагогическую кибернетику (моделирование дидактических систем, управление учебным процессом и т. д.); 6) экономическую кибернетику (моделирование и управление развитием предприятия, экономики и т. д.) [24].

3. Понятие «инфокибернетическое мышление»

В психологии мышлением называется форма психического отражения объективной реальности, позволяющая человеку изучать различные объекты и получать такие знания об их свойствах, связях и отношениях с другими объектами, которые не могут быть установлены с помощью органов чувств [15]. Мыслительный процесс неразрывно связан с речью и является необходимым условием усвоения новых знаний [12, с. 53]. Он совершается в результате мыслительных операций (сравнение, анализ, синтез, конкретизация, обобщение), в ходе которых человек постигает сущность объекта познания [35, 115]. Психологи выделяют следующие основные типы мышления: наглядно-действенное, наглядно-образное и словесно-логическое. Ученые-методисты также используют понятия: физическое, математическое, историческое, пространственное и др. мышление. Анализ содержания дисциплин информационно-кибернетического цикла [8, 19, 29, 39, 110, 118, 128, 133, 134, 137], изучение научнометодической литературы [17, 24, 33, 34, 37, 51, 56, 104, 106, 141] позволило определить инф.-киб. мышление как когнитивный процесс установления связей между частями информационных и кибернетических систем, особый способ объяснения их функционирования, предусматривающий: 1) выделение основ-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ных блоков, информационных потоков и цепей управления; 2) объяснение анализируемых процессов, их логическое сведение к основным положениям информатики и кибернетики; 3) создание алгоритмов и компьютерных программ; 4) взаимодействие с информационными и кибернетическими системами с целью решения практических задач. При этом проводятся умозаключения и высказываются суждения с использованием понятий «информация», «энтропия», «сигнал», «кодер», «канал связи», «управление», «датчик», «исполнительный орган», «обратная связь», «черный ящик», «робот», «гомеостаз» и т. д.

Иными словами, **инфокибернетическое мышление** — это совокупность мыслительных действий и приемов, позволяющих объяснить функционирование информационных и кибернетических систем (спутниковое телевидение, Интернет, компьютер, робот), опираясь на основные положения информатики и кибернетики; создавать алгоритмы путем разбиения сложных операций на элементарные действия, выполнение которых приведет к решению исходной задачи; программировать различные кибернетические устройства; взаимодействовать с электронными девайсами для удовлетворения своих информационных потребностей и решения практических задач [99, 100]. Инф.-киб. мышление является методологической основой, а ее развитие — необходимым условием формирования инф.-киб. картины мира, которое возможно только при единстве содержательной и процессуальной сторон приобретаемых знаний.

Как правило, инфокибернетические системы представляют собой синтез «железа» и программного обеспечения, поэтому при изучении их функционирования необходимо объяснить: 1) методы измерения количества информации, способы кодирования и передачи сообщений по каналу связи; 2) исполнение алгоритмов и компьютерных программ, обрабатывающих входную информацию; 3) физические принципы работы микросхем, запоминающих устройств, передачи сигналов по каналу связи и т. д. Все это приводит к формированию инфокибернетического мышления, включающего в себя инфологическое, алгоритмическое и кибернетическое мышление (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Составляющие инфокибернетического мышления

Инфкиб.	Теоретические умения	Практические умения
мышление	1	1
1. Инфологиче-	Умения объяснять методы коди-	Умения определять ко-
ское мышление	рования цифровой, текстовой,	личество информации в
	графической и др. информации;	сообщении; переводить
	логически обосновывать и приме-	числа в другую систе-
	нять теоремы Шеннона, Котель-	му счисления; выпол-
	никова, формулу Хартли-	нять логические опера-
	Шеннона, основные положения	ции и т. д.
	информатики и т. д.	
2. Алгоритмиче-	Умения анализировать и создавать	Умения создавать ком-
ское мышление	алгоритмы; рисовать блок-схемы;	пьютерные программы;
	программировать «исполнителя»,	взаимодействовать с
	машины Поста и Тьюринга; анали-	компьютером, сотовым
	зировать алгорифмы Маркова, ав-	телефоном; устанавли-
	томаты, нейросети и т. д.	вать ПО и т. д.
3. Кибернетиче-	Умения обосновывать принципы	Умения создавать ав-
ское мышление	кибернетики; объяснять функцио-	томатические и инфо-
	нирование инфокибернетических	кибернетические сис-
	систем, взаимодействие блоков,	темы на базе реле,
	логических элементов; «изобре-	транзисторов, логиче-
	тать» новые системы управления с	ских микросхем; соби-
	заданными свойствами и т. д.	рать роботов и т. д.

Наличие у обучаемого инф.-киб. мышления предусматривает:

- 1) умение устанавливать связи между частями информационных и кибернетических систем (мобильная связь, GPS-навигация, робот, компьютер) и объяснять их функционирование, выделяя блоки, информационные потоки, цепи управления, опираясь на основные положения информатики и кибернетики;
- 2) знание физической сущности информационных процессов, проведение умозаключений с использованием понятий «информация», «сигнал», «управление», «датчик», «исполнительный орган», «обратная связь», «алгоритм», «черный ящик», «робот», «гомеостаз», «адаптация» и т. д.;

- 3) алгоритмическое мышление, предполагающее способность к алгоритмизации и программированию (то есть к составлению алгоритмов и программ);
- 4) умение пользоваться электронными девайсами для удовлетворения своих информационных потребностей и решения практических задач.

При обучении следует уделять внимание как предметным знаниям (фактам, закономерностям, теориям), так и способам их получения (эмпирическим и теоретическим методам познания), устанавливая между различными «квантами знаний» логические связи. Инф.-киб. мышление развивается параллельно с формированием инф.-киб. картины мира (то есть инфокибернетической составляющей научной КМ) — обобщенной модели окружающего мира, включающей в себя представления: 1) об информации и методах ее измерения, общих принципах управления; 2) об алгоритмизации и программировании; 3) о протекании информационных процессов и функционировании кибернетических систем различной природы.

На основе инф.-киб. картины мира, инфокибернетического мышления, а также системы ценностей и убеждений, возникающих в результате взаимодействия с различными информационными, кибернетическими системами и обсуждения их функционирования с преподавателем, у студентов формируется инф.-киб. мировоззрение. Эта составляющая научного мировоззрения включает в себя объективный компонент (инф.-киб. картину мира как предметную основу) и субъективный компонент (систему ценностей и убеждений, то есть эмоционально окрашенных знаний). Информационно-кибернетическое мировоззрение — это система взглядов на явления окружающей действительности и место человека в этом мире с точки зрения информатики и кибернетики, а также убеждения в их истинности. Его наличие предполагает сформированность у студента определенной инфокибернетической культуры, которая предусматривает владение методами взаимодействия с информационными и кибернетическими системами с целью удовлетворения индивидуальных информационных потребностей. Автор убежден в целесообразности использования перечисленных выше понятий при обсуждении проблем обучения [100].

4. О понятиях «информация» и «управление»

Одна из важнейших проблем информатики связана с определением понятия **информации** (И.) и **методов измерения ее количества** [138]. Термин «информация» появился в XIX веке от слова forme (форма) и означал «что-то оформляющее и упорядочивающее». Некоторые ученые абсолютизируют И., утверждая, что окружающие нас объекты якобы созданы из И., другие отрицают существование И. как материальной субстанции. В настоящее время существуют три подхода к понятию «информация»:

- 1. Атрибутивный (философия, физика): И. разнообразие, отраженное в любых объектах и процессах, семантическое свойство материи, ее неотъемлемый атрибут. И. является организующим началом в живой и неживой природе, она существовала и будет существовать всегда. Сторонники этой концепции считают, что информацию содержат не только распространяющиеся сигналы, но и любые материальные структуры (связанная, потенциальная, априорная, внутренняя И., информация «в себе»). Эта информация «связана» с объектом, она не может переходить на другие носители, а является закодированным «нечто», которое пытаются разгадать ученые [1, 9].
- 2. Функциональный (кибернетика, физиология и биология): И. форма отражения и функция управления, существующая только в кибернетических системах. И. реализует функцию управления в биологических, социальных и социотехнических (человеко-машинных) системах. В системах, не достигших уровня психического развития (технические устройства, низшие животные), понятия «информация» и «сигнал» эквивалентны [17].
- **3. Антропоцентрический** подход (лингвистика, социология, психология): И. существует в сознании людей, то есть в системах, достигших психического уровня развития; это смысловое содержание сообщения, полученного из внешнего мира, а не физические свойства каких-то сигналов (световых, звуковых и т. д.).

Некоторые сторонники **атрибутивного подхода** ошибочно утверждают, что существует «матрица» (запоминающее устройство большого объема), в которой хранится информация о координатах и скоростях всех микрочастиц Вселенной. При этом предполагается наличие измерительного устройства (ИУ),

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

непрерывно осуществляющего измерения координат, скоростей частиц и записывающего их значения в «матрицу». Современная наука утверждает, что это невозможно, так как: 1) нельзя объяснить функционирование подобного ИУ и «матрицы»; 2) нельзя указать область Вселенной, где они расположены; 3) любое измерение осуществляется с погрешностью и требует времени; 4) в процессе измерения происходит взаимодействие ИУ с микрочастицей, при котором она изменяет свое состояние; 5) невозможно объяснить образование ИУ и «матрицы», учитывая, что на ранних стадиях развития Вселенной температура превышала 10^{15} К. Таким образом, говорить о существовании «матрицы» бессмысленно.

Различают следующие виды И., соответствующие трем физическим сущностям кибернетических систем [17]: 1) биологическая И. внутри живых организмов и между ними; 2) машинная И. внутри и между техническими системами; 3) социальная И. в человеческих сообществах. К основным свойствам информации относятся: 1) истинность И., то есть адекватность отражения рассматриваемого объекта; 2) действенность И. – будучи включена в соответствующую информационную систему, И. может вызвать ее целенаправленное функционирование; 3) полезность – свойство И. содействовать осуществлению некоторого события, которое не может произойти само собой; 4) бренность И., то есть возможность (или неизбежность) исчезновения вследствие разрушения ее носителей; 5) транслируемость И. – возможность быть переданной с одного носителя на другой; 6) размножаемость И., проявляющаяся, когда скорость транслируемости превосходит скорость уничтожения И.; 7) мультипликативность И. – возможность одновременного существования одной и той же информации в виде некоторого числа идентичных копий на одинаковых или разных носителях; 8) изменчивость И. – деформируемость физических носителей и ошибки при передаче по каналу связи приводят к ее изменениям; 9) полипотентность И. – одна и та же И. может быть использована для решения самых разных задач; 10) ценность И. – определяется приращением вероятности достижения той цели, для которой данная И. предназначена [54, 110]. Для концепта «информация» родственным является понятие «информационный объект»,

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

обозначающее синтаксическую структуру, составленную из знаков некоторого языка и несущую определенный смысл [34].

Другим важным элементом инф.-киб. картины мира является понятие **«управление».** Оно обозначает организацию целенаправленных действий, приводящих систему к заданному состоянию, путем переработки информации и соответствующего воздействия одних элементов системы на другие [28]. Под **управлением** объектом (процессом) понимается выработка и осуществление целенаправленных воздействий, улучшающих его функционирование [110]. Между работой землекопа, оказывающего силовое воздействие на лопату, и экскаваторщика, манипулирующего рычагами и кнопками экскаватора, существует принципиальная разница. Во втором случае экскаваторщик подает слабые сигналы, которые управляют работой мощных двигателей, вызывающих соответствующие движения экскаватора.

Управление предусматривает сбор и анализ информации о состоянии управляемого объекта (или процесса), принятие требуемых решений и оказание соответствующего воздействия на управляемый объект. Цель управления состоит в обеспечении максимальной эффективности выполняемых операций при минимальных (или фиксированных) временных и иных затратах [52]. К задачам управления относятся: 1) задача целеполагания (задание требуемого состояния или поведения системы); 2) задача стабилизации управления (удержание системы в существующем состоянии при наличии внешних воздействий); 3) задача выполнения программы (перевод системы в новое состояние в соответствии с программой); 4) задача слежения (обеспечение заданного поведения системы в случае изменения входных величин); 5) задача оптимизации управления (удержание или перевод системы в состояние наиболее эффективного функционирования) [105].

Управление системой достигается ее организацией — структурой и способом функционирования. Чтобы система обладала свойством управляемости, она должна быть достаточно сложной (организованной). В системе возможно управление, если она имеет: 1) цель управления; 2) управляющий орган, воздействующий на объект управления; 3) каналы сбора информации о состоянии

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

среды и объекта; 4) способ управления, позволяющий достичь поставленной цели, располагая информацией о состоянии объекта и среды [139, 149].

Большое значение для формирования у студентов инф.-киб. КМ имеет усвоение таких понятий, как «информационная система», «кибернетическая система», «система управления» (последние два термина эквивалентны). Информационной системой называется «взаимосвязанная совокупность информационных, технических, программных, математических, организационных, правовых, эргономических, лингвистических, технологических и других средств, а также персонала, предназначенная для сбора, обработки, хранения и выдачи экономической информации и принятия управленческих решений» [191]. Информационная система в узком смысле — это программно-аппаратная система, занимающаяся получением, обработкой и хранением информации. Часто она состоит из датчиков, канала связи, блока хранения информации, исполнительного устройства, одного или нескольких операторов и управляющего блока [1, 29]. В некоторых случаях это процессор, запоминающее устройство, устройства ввода, монитор и пользователь. Отличительной особенностью информационных систем является наличие информационных потоков – слабых сигналов, переносящих информацию по каналу связи от источника к потребителям с целью удовлетворения их информационных потребностей.

Как правило, любая информационная система является кибернетической, но не любая кибернетическая – информационной (например, амеба, червь, холодильник, регулятор Уатта и т. д.). То есть понятие «кибернетическая система» является более широким и включает в себя все информационные системы. Кибернетические системы (или системы управляемия) представимы в виде двух взаимосвязанных подсистем: управляющей и управляемой, находящихся в постоянном взаимодействии: управляющая подсистема передает команды или сигналы управляемому объекту, а тот посылает информацию о своем текущем состоянии. Сложным кибернетическим системам присущи саморегулирование, самоорганизация и саморазвитие [24].

Глава 1 Оглавление Глава 3

Глава 2. ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА

Важной задачей обучения студентов педагогических специальностей является овладение умениями, связанными с планированием и проведением уроков по соответствующему предмету. Для выбора методики преподавания основ информатики и кибернетики от учителя требуется: 1) понимать сущность вопросов (то есть элементов учебного материала), рассматриваемых на уроке; 2) разбираться в различных логических схемах их изложения и обсуждения; 3) уметь подбирать необходимые дидактические средства (учебные пособия, программное обеспечение и т. д.); 4) владеть методикой проведения уроков различного типа. При этом желательно, чтобы студенты имели представления о методических теориях А. П. Ершова, В. С. Леднева, А. А. Кузнецова, В. М. Монахова, М. П. Лапчика, С. А. Бешенкова и других ученых-методистов [8, 56, 106].

Из всей совокупности существующих подходов к преподаванию информатики и кибернетики в школе [56] следует отметить подход В. С. Леднева, А. А. Кузнецова, С. А. Бешенкова, заключающийся в создании базового кибернетического образования. Его важнейшей целью является формирование основ научного мировоззрения в части, связанной с информационными процессами в системах различной природы [56, с. 65]. При этом Э. В. Миндзаева и С. А. Бешенков предлагают в основу школьного курса информатики положить триаду «данные – информация – знания» [106], отмечая, что: 1) данные – это «уровень и продукт первоначальной фиксации сигналов, знаков, символов в некоторой форме средствами некоторой доступной знаковой системы»; 2) информация – «более высокий (по отношению к данным) уровень фиксации и продукт, кото-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

рый в обязательном порядке содержит семантическое наполнение (интерпретацию) и предполагает выбор соответствующей знаковой системы, которая отражает необходимую форму, необходимое смысловое наполнение и в дальнейшем может использоваться в разных целях»; 3) знания — «наиболее высокий уровень фиксации (по отношению к данным и информации), который предполагает выбор определенной знаковой системы, высокой степени формализации, систематизации информации с целью получения адекватной информационной модели, отражающей окружающую действительность, что и является "продуктом"».

Для эффективного формирования у студентов педвузов инф.-киб. картины мира как целостного образования необходимо создать методическую систему, которая бы включала цели, задачи, содержание, формы, методы и средства изучения основ информатики и кибернетики. Предлагаемая система вряд ли будет сильно отличаться от существующей системы обучения информатике и кибернетике; речь идет о совершенствовании ее отдельных элементов и смещении акцентов в сторону формирования инф.-киб. КМ и развития инфокибернетического мышления.

1. Методическая система формирования инф.-киб. картины мира

Любая методическая система обучения той или иной дисциплине представляет собой систему из целевого, содержательного, организационного, технологического и диагностического компонентов [119]. Формирование инф.-киб. КМ должно происходить в соответствии с важнейшими общедидактическими принципами научности, последовательности, систематичности, связи теории и практики, единства конкретного и абстрактного, наглядности, доступности, продуктивности и надежности обучения, индивидуального и группового подхода, единства учебной и обучающей деятельности, сознательности, самостоятельности и активности, соответствия обучения возрастным и индивидуальным особенностям обучаемых, доступности к информационным ресурсам, сотрудничества студента с преподавателем [15, 35].

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Анализ учебных и методических пособий [2, 19, 39, 110, 137, 143], а также психолого-педагогической литературы [5, 15, 35, 141] позволил следующим образом определить различные элементы обсуждаемой методической системы, которую следует рассматривать как один из возможных вариантов модификации существующей системы обучения информатике и кибернетике в педвузе.

Методическая система формирования информационно-кибернетической картины мира

Цель: сформировать в сознании студентов: 1) инф.-киб. картину мира как часть единой научной картины мира, опирающуюся на фундаментальные положения информатики и кибернетики; 2) инф.-киб. мышление, состоящее в умении объяснять происходящие вокруг процессы, применяя основные понятия и идеи инф.-киб. картины мира, конструировать и программировать инфокибернетические системы.

Задачи: 1) обучить основам информатики и кибернетики; 2) сформировать представления о теоретических и экспериментальных методах изучения сложных систем; 3) научить объяснять функционирование информационных и кибернетических систем путем выявления информационных потоков, прямых и обратных связей и цепей управления; 4) укрепить межпредметные связи с другими дисциплинами (математика, физика, биология, педагогика, социология); 5) сформировать знания о современном состоянии и перспективах развития информационно-кибернетических систем; 6) научить взаимодействовать с информационными и кибернетическими системами с целью удовлетворения индивидуальных информационных потребностей.

Содержание: 1) теоретические основы информатики и кибернетики, фундаментальные понятия и положения; 2) физические принципы работы информационных и кибернетических систем; 3) примеры использования основных идей информатики и кибернетики для объяснения технологических, биологических, социально-экономических процессов; 4) алгоритмизация и программирование, использование компьютера для создания моделей и решения прикладных задач; 5) современные информационные технологии и перспективы их развития.

Формы: мультимедийная лекция, семинар, лабораторный практикум в лаборатории электроники, занятия в компьютерном классе.

Средства: лекционная аудитория, лаборатория электроники, компьютерный класс, учебно-методические материалы, программное обеспечение, обору-

дование для выполнения лабораторных работ, мультимедийный проектор с экраном, интерактивная доска.

Методы: словесные, наглядные, практические, проблемно-поисковые, мультимедийного изложения учебного материала, устного и письменного опроса, управляемых открытий.

Методика: 1) модульное обучение; 2) проблемное и развивающее обучение; 3) деятельностный подход; 4) применение наукоемких образовательных технологий; 5) углубление межпредметных связей между информатикой, кибернетикой, физикой, техникой, биологией и социальными науками; 6) активизация мыслительной деятельности, формирование познавательного интереса. Предусмотрено выполнение учебных заданий: 1) на теоретическое изучение понятий и законов, составляющих ядро инф.-киб. КМ; 2) решение профессионально ориентированных задач по теоретическим основам информатики и кибернетики; 3) вербальное, математическое и компьютерное моделирование изучаемых систем; 4) алгоритмизацию и программирование различных устройств; 5) «изобретение» информационных и кибернетических систем с заданными свойствами и объяснение их работы; 6) создание технических систем и их экспериментальное изучение.

Диагностика результатов обучения осуществляется с помощью тестовых заданий для проверки: 1) знаний определений и формулировок; 2) понимания важнейших идей; 3) степени сформированности интеллектуальных умений.

2. О формировании инф.-киб. мышления

Чтобы объяснить функционирование современных инфокибернетических систем, необходимо знать: 1) логические и математические основы информационных технологий; 2) логику исполнения алгоритмов и компьютерных программ, обрабатывающих входную информацию; 3) физические принципы работы различных микросхем, запоминающих устройств, кодеров и других узлов ЭВМ, каналов связи и т. д. Эти соображения, а также изучение научной и учебно-методической литературы [56, 103, 108, 115, 134, 136] позволили выделить три основных компонента инф.-киб. мышления: 1) инфологическое мышление, заключающееся в логическом объяснении функционирования информационных систем, методов кодирования различных видов информации и вычислении количества информации в сообщении; 2) алгоритмическое мышление как

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

совокупность мыслительных действии, приводящих к созданию алгоритма или компьютерной программы, решающей данную задачу; 3) кибернетическое мышление, то есть умение применять инф.-киб. подход для анализа и синтеза информационно-кибернетических систем. Для формирования у обучаемых инф.-киб. мышления необходимо развивать: 1) способность анализировать информационно-кибернетические системы, используя инф.-киб. подход; 2) умение решать типовые задачи по информатике и кибернетике; 3) умение создавать алгоритмы и программировать электронные устройства; 4) умение взаимодействовать с информационными и кибернетическими системами. Формирование перечисленных умений предполагает выполнение следующих типов учебных заданий (табл. 2.1).

Важным профессиональным качеством учителя является умение излагать свои мысли, рассуждать и объяснять учебный материал, поэтому формирование компетенций педагога предполагает развитие у студентов устной и письменной речи, являющейся материальным результатом мыслительной деятельности, развивающимся параллельно с мышлением. Студенты должны учиться устно объяснять новый материал, обсуждать решение задач, анализировать работу систем управления, используя научную терминологию, логические рассуждения, ссылаясь на важнейшие идеи информатики и кибернетики.

Как известно, мышление в конкретной предметной области формируется в процессе: 1) изучения соответствующей системы рассуждений и логических доказательств; 2) выполнения интеллектуальных заданий, требующих проведения рассуждений; 3) устного обсуждения отдельных вопросов соответствующей дисциплины, написания рефератов и других письменных работ. В педагогическом вузе инф.-киб. мышление развивается в первую очередь при изучении информационных дисциплин: «Информатика», «Программирование», «Сети и интернет-технологии», «Искусственный интеллект», «Основы робототехники», «Теоретические основы информатики», «Информационные системы», «Архитектура компьютера», «Основы искусственного интеллекта» и др. Анализ контектура компьютера компьют

кретных систем управления должен сопровождаться использованием научной терминологии и фундаментальных положений информатики и кибернетики.

Таблица 2.1

Формирование компонентов инф.-киб. мышления

1. Инфологическое мышление.

Выполнение учебных заданий: 1) на кодирование цифровой, текстовой, графической, аудио- и видеоинформации; 2) вычисление энтропии опыта и количества информации в текстовом, графическом, аудио- и видеофайле; 3) обоснование и применение теорем Шеннона и других положений информатики; 4) перевод чисел в другие системы счисления; 5) создание различных кодов (равномерного, кода Шаннона—Фано, кода Хаффмана и т. д.), кодирование и декодирование сообщений; 6) решение логических задач, анализ логических цепей, составление логических функций.

2. Алгоритмическое мышление

Выполнение учебных заданий: 1) на анализ алгоритма или программы, предсказание результата их выполнения; 2) создание алгоритма, решающего определенную задачу; 3) написание компьютерных программ, которые решают уравнения, моделируют различные системы, вычисляют производные и интегралы, строят графики и т. д.; 4) применение нормальной системы подстановок Маркова; 5) программирование машин Поста и Тьюринга; 6) анализ работы детерминированного и вероятностного автоматов; 7) создание презентаций, текстовых, аудио-, фото- и видеофайлов; 8) работу в электронных таблицах и базах данных; 9) использование поисковой системы, электронного переводчика, словаря; 10) взаимодействие с электронной почтой, социальными сетями, другими ресурсами сети Интернет; 11) использование сотового телефона, подключение периферийных устройств к компьютеру, программирование роботов, установка программного обеспечения и т. д.

3. Кибернетическое мышление

Выполнение учебных заданий: 1) на овладение системным подходом; 2) применение основных положений информатики и кибернетики; 3) обсуждение принципа действия различных инфокибернетических систем; 4) «изобретение» информационной или кибернетической системы, решающей определенную задачу; 5) объяснение и обсуждение функционирования нейросетей, искусственного интеллекта, квантового компьютера и т. д.

1. Формирование инфологического мышления. В идеале будущие учителя информатики должны уметь логически объяснять принцип работы различных информационных систем, понимать методы кодирования текстовой, числовой, графической, аудио- и видеоинформации, вычислять энтропию опыта и количество информации в сообщении. Примеры изучения этих вопросов представлены в Приложении 1. На лекциях студенты осваивают математические модели информационных процессов, методы обработки данных (сбор, фильтрация, сортировка, архивация, преобразование, защита, передача), учатся выполнять арифметические операции с двоичными числами, логические операции, решать различные информационно-поисковые, логико-аналитические и поисково-оптимизационные задачи, связанные с преобразованием информации.

Для развития механизмов мышления недостаточно познакомиться с известными рассуждениями о функционировании сложных систем, необходимо самостоятельно выполнять соответствующие интеллектуальные задания. Вузовский курс информатики [1, 2, 21, 39, 110, 128, 134, 137] содержит достаточное количество учебных заданий по темам: «Энтропия и количество информации», «Кодирование и декодирование сообщений», «Системы счисления», «Кодирование чисел», «Префиксный код Шеннона—Фано», «Код Хаффмана», — решение и устное обсуждение которых способствует развитию у студентов инфологического мышления. При выполнении этих заданий они активно используют понятия «энтропия», «информативность сообщения», «производительность источника», «емкость канала связи», «средняя длина» и «относительная избыточность кода», «равномерный код», «префиксный код», «кодовое расстояние», «формат с плавающей запятой», «дополнительный код числа» и т. д.

2. Формирование алгоритмического мышления. Важной составляющей инф.-киб. мышления является алгоритмическое мышление, то есть совокупность интеллектуальных действий и приемов, в результате которых создается алгоритм решения задачи. К ним относятся: разбиение анализируемой проблемы на блоки (подзадачи), их решение с последующей детализацией и сведени-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ем к определенной последовательности операций, выполнение которых приведет к решению исходной проблемы. Алгоритмическое мышление отличается формальностью, ясностью и логичностью, способностью перейти от расплывчатой идеи к алгоритму — дискретной последовательности элементарных операций, преобразующих информацию или материю, выполнение которых позволит достичь цели. Этот вид мышления развивается в процессе обсуждения различных алгоритмов и программирования сложных кибернетических устройств (компьютера, робота, процессора Arduino, сотового телефона и т. д.).

Для формирования алгоритмического мышления студенты выполняют следующие задания: 1) анализируют работу известного алгоритма или программы, предсказывая результат (числа, символы, графические изображения); 2) самостоятельно создают алгоритм, решающий определенную задачу; 3) пишут компьютерные программы в ABCPascal, Lazarus и других средах, которые решают уравнения, моделируют различные системы, вычисляют производные и интегралы, строят графики функции и т. д.; 4) работают с нормальной системой подстановок Маркова; 5) выполняют задания на программирование машин Поста и Тьюринга; 6) анализируют работу детерминированного и вероятностного автоматов; 7) с помощью прикладных программ создают презентации, текстовые, аудио-, фото- и видеофайлы; 8) работают в электронных таблицах и базах данных; 9) используют поисковую систему, электронный переводчик, словарь; 10) взаимодействуют с электронной почтой, социальными сетями, другими ресурсами сети Интернет; 11) работают с сотовым телефоном, подключают периферийные устройства к компьютеру, программируют роботов и т. д. Это приводит к углублению понятия «алгоритм» и развитию алгоритмической культуры, формированию практических умений взаимодействовать с информационными и кибернетическими системами для решения практических задач.

Алгоритмическое мышление развивается в процессе создания компьютерных программ. Компьютер является сложным кибернетическим устройством, поэтому его программирование — интересная задача. Особый интерес

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

представляет собой работа с компьютерными программами, моделирующими различные информационные или кибернетические процессы и системы. Методом компьютерного моделирования могут быть изучены следующие вопросы [71, 72, 82]: 1) кодирование, декодирование и шифрование сообщений; 2) функционирование детерминированного и вероятностного автоматов; 3) проверка алгоритмической разрешимости задач с помощью машин Поста и Тьюринга, нормальных алгоритмов Маркова; 4) работа регулятора скорости вращения и других систем управления; 5) функционирование гомеостата Эшби и т. д. При изучении компьютерных моделей социально-экономических систем можно рассмотреть учебную модель экономического и демографического развития общества, предложенную автором в учебном пособии [82, с. 531–535].

Работая с подобными компьютерными моделями, студенты, с одной стороны, учатся алгоритмизации и программированию, а с другой стороны, усваивают особенности функционирования моделируемой инфокибернетической системы. Выполнение подобных заданий на занятии позволяет реализовать интерактивный диалог между студентом и компьютером, визуализировать информацию о состоянии объекта, научиться строить графики различных зависимостей. Все это способствует развитию умения применять компьютер для решения разнообразных задач, углубляет межпредметные связи между математикой, физикой и информатикой.

3. Развитие кибернетического мышления предусматривает формирование у студентов умения использовать инф.-киб. подход при обсуждении функционирования инфокибернетических систем. Это, в свою очередь, предполагает системный анализ изучаемого объекта, выявление управляющей и управляемой подсистем, информационных потоков, цепей управления и обратных связей, объяснение его функционирования с помощью основных идей информатики и кибернетики. Для развития этой способности необходимо познакомить студентов – будущих учителей информатики с системным подходом и несколько раз применить его при анализе различных информационных и кибернетических

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

систем. Сущность системного подхода заключается в том, что любой объект рассматривается как система, то есть совокупность взаимосвязанных элементов (подсистем), имеющая выход (цель), вход (ресурсы, управляющие воздействия), связь с внешней средой и обратную связь [22, с. 36; 120, с. 22–35]. При этом используются: 1) принцип целостности; 2) принцип иерархичности; 3) принцип структуризации; 4) принцип множественности описания; 5) принцип системности. В монографии А. В. Чугунова [153, с. 37] перечислены восемь аспектов системного подхода. Из них следует, что для анализа системы S необходимо: 1) выявить элементы, составляющие S; 2) установить связи между элементами, представить внутреннее строение системы S; 3) определить функции, для выполнения которых предназначена S; 4) установить цели и подцели системы S; 5) выявить ресурсы, требующиеся для решения системой S той или иной проблемы; 6) определить свойства S, обеспечивающие ее целостность и особенность; 7) выявить внешние связи S с окружающей средой (другими системами); 8) изучить условия возникновения S, ее прошлое, настоящее и возможные перспективы развития.

С целью формирования кибернетического мышления студентам могут быть предложены учебные задания на «изобретение» информационно-кибернетических систем, предназначенных для решения определенных задач. Например, нужно разработать систему стабилизации полета ракеты, состоящую из гироскопа с датчиками поворота, акселерометра, электронного устройства управления и исполнительных устройств, поворачивающих руль и регулирующих подачу топлива в двигатель. Выполнение этих и других учебных заданий должно сопровождаться их обсуждением с использованием соответствующей терминологии, проведением логических рассуждений, опирающихся на основные положения информатики и кибернетики. При этом всякое целенаправленное поведение анализируемой системы рассматривается как результат управления, обсуждаются способы кодирования информации, адаптация сложных систем, гомеостаз и т. д.

3. Используемые виды обучения

Изучение основ информатики и кибернетики требует усвоения достаточно большого объема учебного материала. Для повышения результативности обучения и предотвращения перегрузок и переутомления студентов рекомендуется использовать виды обучения, перечисленные ниже.

- 1. Модульное обучение. Учебный материал следует структурировать, то есть разбить на блоки или учебные модули (целостные по смысловому значению и логически завершенные блоки учебного материала, имеющие конкретные цели и функции). В основе модульного обучения лежит концепция укрупнения дидактических единиц (УДЕ), созданная П. М. Эрдниевым в 60-70-е гг. ХХ в. [161]. Ее основная идея в том, что знания усваиваются быстрее, прочнее и образуют систему тогда, когда они предъявляются сразу крупным блоком, содержащим систему взаимосвязанных элементов. Принцип модульности предполагает представление учебного материала в виде законченного блока и использование таких форм и методов обучения, которые приводят к достижению намеченной цели. Этот подход обеспечивает некоторую гибкость и свободу в отборе изучаемых вопросов и учебных заданий. Учебная дисциплина может содержать до 100 модулей, которые связаны друг с другом логическими связями и образуют сложную сетевую структуру. Примерами таких модулей являются следующие блоки: обоснование первой или второй теоремы Шеннона, кодирование сообщений методом Хаффмана, вероятностные автоматы, изучение нейросетей и т. д. (Приложение 1). Каждая из этих порций учебного материала является логически завершенной и не делится на составные части. Важным элементом модульного обучения является рейтинговая (накопительная) система оценки знаний, при которой оценивается усвоение студентами каждого модуля, а затем находится взвешенная сумма оценок.
- 2. Программированное обучение осуществляется по специально разработанной программе, состоящей из последовательности учебных заданий, регламентирующих деятельность преподавателя и студентов [140]. При этом предполагается использование специальных средств обучения: программированного

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

(электронного) учебника, персональной ЭВМ с соответствующим программным обеспечением, что позволяет каждому учащемуся изучать материал в индивидуальном темпе. Преподаватель делит учебный материал на небольшие порции, каждая из которых включает информационный и контрольный блоки. Чтобы студенты не потеряли интереса к их выполнению, задания не должны быть слишком трудными. Они пытаются самостоятельно решить возникающие проблемы, последовательно проходя все задания каждый в своем темпе.

Алгоритм обучения может быть линейным, разветвленным и смешанным. В случае разветвленного алгоритма от правильности ответа зависит траектория обучения учащегося, последовательность предлагаемых ему задач [140]. Программированное обучение способствует рационализации мышления, формированию умения логически мыслить, однако требует больших затрат времени и не приводит к развитию самостоятельности. Его удобно использовать при решении задач в компьютерном классе или при организации дистанционного обучения. Преподаватель может заготовить электронный документ, в котором приведены теоретические сведения и перечислены задания по теме, например, «Циклы и их виды», и разместить его на сервере. Студенты скачивают этот документ на свои компьютеры и последовательно решают подобранные задачи. Преподаватель контролирует их работу, помогает отстающим.

Контрольный блок может включать в себя тестирующую программу, которая, например, предлагает выполнить перевод числа в двоичную или шестнадцатиричную систему счисления, определить значение логической функции, выбрать правильный ответ из списка или что-нибудь подобное. Компьютер в случае неправильного ответа может сообщить студенту об этом и предложить повторить попытку. В конце тестирования на экран монитора выводится число правильных ответов и оценка. Преимущества такого контроля результатов обучения несомненны: 1) преподаватель не может за один урок каждому студенту задать 10–20 примеров, выслушать ответ и поставить оценку; 2) студенты понимают, что полученные ими оценки объективны, их ставит не преподаватель, а компьютер.

3. Проблемное обучение. Психологи утверждают, что умственная деятельность человека активизируется в случае, когда он сталкивается с трудной задачей, некоторым затруднением, преодоление которого требует определенных усилий, интеллектуального напряжения [12, с. 53]. Обучение, предполагающее создание проблемных ситуаций и их разрешение в ходе совместной деятельности преподавателя и студента, называется проблемным.

Если при традиционном обучении преподаватель сообщает студентам готовые знания, то проблемное обучение предполагает такую организацию деятельности обучаемых, при которой они приобретают новые знания посредством решения теоретических и практических проблем в создаваемых преподавателем проблемных ситуациях. В основе проблемных ситуаций лежит противоречие между традиционным способом решения подобных задач и необходимостью найти оригинальное решение, выход из нестандартной ситуации. В идеале студент должен работать на пределе своих возможностей, решая задачи, требующие активизации интеллектуальных способностей и составляющие зону ближайшего развития [12, 15]. При этом у него активизируется перцептивная (связанная с восприятием) и мыслительная деятельность, усиливается мотивация, прививаются навыки исследовательской аналитико-синтетической деятельности, формируются основные черты научного мышления [31, 35, 61].

Перечислим **этапы проблемного обучения:** создание проблемной ситуации, ее анализ и формулировка проблемы, выдвижение гипотезы, решение проблемы и его проверка. В идеальном случае преподаватель ставит проблему, создавая некоторое противоречие между имеющимися у студента знаниями и информацией, требующейся для ее решения, а студент самостоятельно ее анализирует, выдвигает гипотезу, принимает решение. Примеры проблемных ситуаций: 1) создать алгоритм и (или) написать программу, которая упорядочивала бы заданный числовой массив, располагая его элементы по возрастанию; 2) на базе реле создать электрическую цепь, которая при поднесении магнита к геркону включала бы двигатель; 3) собрать и запрограммировать робота, который перемещается, не натыкаясь на препятствия.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

К преимуществам проблемного обучения относится то, что самостоятельность обучаемых формирует личностную мотивацию и познавательные интересы, приводит к трансформации знаний в убеждения, развивает мыслительные способности, диалектическое мышление. Недостатками являются большие временные затраты на изучение материала; невысокая эффективность при формировании практических умений и навыков; низкая результативность при усвоении новых тем, в которых не может быть использована опора на прежний опыт, а также при изучении сложных вопросов, когда требуются объяснения преподавателя, а самостоятельный поиск студентов не приводит к результатам.

4. Развивающее обучение. Теория активного формирования психических процессов и свойств личности исходит из того, что студент (учащийся) должен усваивать новые знания в процессе активной деятельности. Цель обучения состоит не только в передаче определенной информации, но и в развитии личности обучаемого. При этом студенты усваивают новые знания и учатся мыслить; задача преподавателя — управлять этим процессом и контролировать результаты. Развитие происходит в случае, когда студенты самостоятельно выявляют признаки усваиваемых понятий, овладевают способами решения задач.

Каждого человека охватывает волнение, когда он познает что-то новое, «открывает» необычное явление, устанавливает закон, осваивает новую для себя теорию, обнаруживает связь между объектами, которые на первый взгляд никак не связаны. Возникающий при этом интерес способствует более глубокому проникновению в сущность изучаемого вопроса, стимулирует самостоятельную познавательную активность студента, что может быть использовано при обучении [31, 35]. Опытные преподаватели в своей работе применяют обучение методом управляемых открытий.

Психологи отмечают, что инсайт, то есть внезапное открытие (прозрение), происходит при наличии мотива к достижению желанной цели, которая при этом воспринимается как решаемая задача. Для того чтобы организовать обучение методом управляемых открытий, необходимо создать перцептивное поле обучаемого, обеспечить соответствующую мотивацию учебно-исследова-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

тельской деятельности, предоставить различные возможности для решения проблемы. При этом студенты совместно с преподавателем решают одну и ту же проблему, учатся оценивать факты, сопоставлять их с выводами теории, использовать законы, формулировать принципы. Это приводит к развитию эвристических способностей, позволяющих решать задачи методом интеллектуальных догадок, когда имеется лишь часть необходимых данных.

Элементы развивающего обучения могут применяться при решении задач на компьютере и выполнении лабораторных работ по информатике, автоматике и робототехнике. Студенты используют электронное методическое пособие с инструкциями выполнения работы. Осуществляя заданную последовательность действий, они занимаются учебно-познавательной деятельностью — создают компьютерные программы, проводят эксперименты, наблюдения, измерения, анализируют получающиеся результаты.

Эффективная методика формирования инф.-киб. картины мира предполагает выполнение студентами лабораторных работ [21, 148], в ходе которых студенты приобретают практические навыки работы с компьютером, программным обеспечением, различными электронными и автоматическими устройствами. Другие задания выполняются в лабораториях физики и робототехники: экспериментальное изучение электромагнитного реле, подключение к компьютеру и программирование различных датчиков, изучение цифроаналогового и аналого-цифрового преобразователя, изучение реле времени, фотореле и т. д. Некоторые задания выполняются в компьютерной лаборатории при изучении следующих тем: изучение OC Windows, текстового редактора Word, электронных таблиц Excel, базы данных Access; создание макросов в языке VBS (Visual Basic Scripting Edition) [21]; моделирование различных физических явлений (движение камня, механические колебания, волны, теплопроводность) [142, 110]; определение количества информации в сообщении по формуле Шеннона; построение равномерных кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки; изучение метода кодирования Шеннона-Фано и Хаффмана, детерминированных и вероятностных автоматов; компьютерное моделирование машин Поста и Тьюринга, алгорифмов Маркова; изучение нейросетей; решение логических задач и т. д. При дистанционном обучении можно выполнять лабораторные работы удаленно, используя соответствующую среду для дистанционного обучения. Например, в статье [148] рассмотрена лабораторная работа в LMS Moodle по теме «Алгебра логики».

4. Методика формирования инфокибернетической картины мира

Формирование в сознании студентов инф.-киб. КМ — целенаправленный педагогический процесс, связанный с организацией учебно-познавательной деятельности обучаемых, предусматривающий овладение научными знаниями, касающимися функционирования информационно-кибернетических систем различной природы. Основным компонентом методической системы является содержание обучения (то есть изучаемые факты, принципы, закономерности, выполняемые учебные задания); от него зависят применяемые средства и методы. В рассматриваемом случае речь идет об изучении важнейших положений информатики и кибернетики; основные разделы этих дисциплин представлены на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Две составляющие инф.-киб. картины мира

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

В общих чертах методика формирования инф.-киб. картины мира состоит в следующем: 1) в обобщенно-абстрактной форме изложить основные идеи информатики и кибернетики; 2) научить студентов применять полученные знания для выполнения конкретных заданий по объяснению принципа действия инфокибернетических систем и решению задач; 3) активизировать психологические механизмы, затрагивающие личностную значимость, сознание, мышление обучаемых и повышающие их мотивацию к изучению основ кибернетики. Важными особенностями обсуждаемой методики являются следующие: 1) при изучении теории реализуется модульный принцип обучения, при котором учебный материал разбивается на отдельные модули, а модули – на дидактические единицы; 2) на практических и лабораторных занятиях используются деятельностный подход, а также элементы проблемного и развивающего обучения; 3) объяснение основных понятий, идей и принципов информатики и кибернетики сопровождается анализом технических, биологических, педагогических и социально-экономических систем управления; 4) при решении профессионально ориентированных задач по информатике и кибернетике повышается интерес студентов, растет их мотивация к обучению; 5) на лабораторных занятиях при изучении инф.-киб. систем применяется метод компьютерного моделирования; 6) используются наукоемкие образовательные технологии (мультимедийный проектор, компьютеры, объединенные в сеть, и т. д.); 7) преподаватель систематически проводит контрольные и самостоятельные работы, ставит оценки. На занятиях студенты выполняют учебные задания: 1) на проверку знаний: сформулируйте теорему Шеннона, принцип обратной связи, определение гомеостаза, запишите формулу Хартли и т. д.; 2) на понимание: объясните, как работает стабилизатор скорости вращения Уатта, терморегулятор, компьютер и т. п.; 3) на интеллектуальные умения: вычислите относительную избыточность кода, закодируйте и декодируйте сообщение, переведите число в другую систему счисления, постройте таблицу истинности для комбинационной схемы из логических элементов и т. д.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

К основным этапам организации учебной деятельности студентов на занятии относятся: 1) вводно-мотивационный этап: преподаватель создает основную проблемную ситуацию, объясняет значение изучаемой темы для студентов, формулирует цели и задачи, а также план их работы; 2) операционально-познавательный этап: преподаватель излагает учебный материал, демонстрирует эксперименты, решает задачи, руководит учебно-познавательной деятельностью; 3) контрольно-оценочный этап: преподаватель обобщает материал, проводит итоговый контроль, оценивает работу, выявляет недостатки. При этом обычно применяются методы устного изложения, обсуждения, демонстрации, упражнения, убеждения и самостоятельной работы.

Преподаватель, реализующий методику формирования инф.-киб. КМ: 1) на лекции применяет модульный принцип обучения, при котором учебный материал разбивается на отдельные модули, а модули — на дидактические единицы; 2) на практических и лабораторных занятиях использует деятельностный подход, элементы проблемного и развивающего обучения; 3) объясняет сущность основных понятий, идей, принципов информатики и кибернетики, анализирует примеры; 4) решая задачи по информатике и кибернетике, формирует алгоритмическое и кибернетическое мышление, системные и кибернетические представления о технике; 5) на лабораторных занятиях при изучении информационно-кибернетических систем применяет метод компьютерного моделирования; 6) использует наукоемкие образовательные технологии (НОТ), мультимедийные лекции, лабораторные работы в компьютерном классе; 7) систематически проводит контрольные работы и тесты, ставит оценки.

Современные педагогические технологии предполагают использование компьютеров, Интернета, мультимедийных проекторов, сотовых телефонов и т. д. Их важными качествами являются: 1) наглядность, обусловленная применением комбинированных форм представления информации; 2) интерактивность, возможность взаимодействия с различными источниками информации; 3) гибкость, способность изменять подход к проблеме и стратегию решения задач; 4) возможность индивидуализировать процесс выполнения учебного

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

задания (написание программы, работа над рефератом или проектом); 5) быстрая обработка и хранение больших объемов информации. В монографии [150, с. 41–47] рассмотрены различные примеры организации учебно-исследовательской работы школьников в естественно-научной лаборатории, кабинетах робототехники, экспресс-диагностики здоровья, аудиовидеомонтажа и т. д. с помощью информационных технологий. Подобные учебно-исследовательские лаборатории организуются и в педагогических вузах. Все это способствует раскрытию индивидуальных способностей студента, развитию творческого потенциала, повышению мотивации к учебно-познавательной деятельности.

Глава 2 Оглавление Глава 4

Глава 3. МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

Несмотря на значительное количество исследований по проблеме повышения эффективности обучения в период информатизации образования [4, 45, 103, 112, 114, 124, 141], они не создают полной картины всех психологопедагогических аспектов учебной деятельности студентов - будущих педагогов, связанной с изучением информатики и кибернетики. Необходимо выявить психолого-педагогические условия изучения информатики и кибернетики, обеспечивающие высокую результативность работы студентов на занятиях. Формирование инф.-киб. картины мира у студентов педагогического вуза требует обеспечения сознательности и самостоятельности обучения, а также выявления способов ее активизации с акцентом на применение наукоемких образовательных технологий и решение профессионально ориентированных задач. Только так удастся перейти «от репродуктивного подхода в обучении к развитию продуктивной творческой мыслительной деятельности» [124, с. 29] и добиться реальных успехов. Ситуация осложняется тем, что при обучении студентов – будущих учителей акценты смещены на гуманитарные дисциплины, а некоторые студенты не имеют требуемой математической подготовки. Психологи установили, что изучение сложных теорий, в которых используются математические абстракции, работа с компьютерными программами, решение задач на ПЭВМ, требует наличия развитого аналитического и логического мышления, умения работать с искусственными языковыми системами, высокой познавательной активности. Это несоответствие отрицательно влияет на результаты изучения основных положений информатики и кибернетики.

1. Психологические факторы обучения

Формирование в сознании студентов инф.-киб. КМ, развитие инфокибернетического мышления можно рассматривать как процесс стимуляции внешней и внутренней активности учащегося и управления его деятельностью, в ходе которой возникают новые психические образования: формируются знания, умения, навыки, развиваются способности, воспитываются убеждения и т. д.

Приобретение новых знаний и умений, развитие когнитивных способностей происходит в процессе самостоятельной учебно-познавательной деятельности студентов. В идеале преподаватель формулирует цели, определяет содержание учебного материала, создает мотивацию к обучению, организует учебно-познавательную деятельность студентов, придает ей эмоционально положительную окраску, осуществляет регулирование и контроль, оценивает результаты работы [31, 35, 67]. Обучаемые осознают цели и задачи обучения, воспринимают, осмысляют и усваивают учебный материал, применяют полученные знания для решения практических задач, производят самоконтроль и самооценку результатов.

Обучение может быть представлено как последовательное выполнение специальным образом подобранных учебных заданий, связанных с изучением материала, запоминанием определений и законов, доказательством теорем, написанием компьютерных программ, подготовкой докладов и т. д. Эти учебные задания одновременно являются и целью, и средством обучения. Как отмечает С. Л. Рубинштейн, учебный процесс будет эффективным лишь тогда, когда учебные задания будут поняты и внутренне приняты учащимися, приобретут для них определенную значимость [15, 31, 35].

В процессе обучения человек овладевает различными элементами знаний, которые укладываются в некоторую систему. Из теории когнитивного диссонанса, предложенной Л. Фестингером, следует, что система знаний человека стремится к равновесию, согласованности и гармонии. При возникновении рассогласованности и дисгармонии человек стремится снять или ослабить это

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

противоречие. Для этого он изменяет один из элементов знания, добавляет новые элементы знаний, уменьшает значимость несогласующихся между собой знаний. Поэтому перед изучением нового вопроса преподавателю следует осознать это противоречие между знаниями студентов, с одной стороны, и изучаемым вопросом (задачей, теоремой, программой), с другой стороны.

Приобретение новых знаний, формирование умений и навыков реализуются за счет следующих процессов [31, 35]: 1) формирование ассоциативных связей между новыми и уже имеющимися у студента знаниями (передача сообщения по каналу связи – движение автомобилей по дороге); 2) подражание, в ходе которого студент повторяет действия преподавателя: рисует таблицу, рисунок, решает задачу, набирает программу и т. д. 3) различение и обобщение: переход от отдельных фактов к эмпирическому закону, установление закономерностей, классификация объектов, отнесение того или иного объекта к определенному классу; 4) инсайт (догадка), то есть качественный скачок от разрозненных фактов и утверждений к некоторому принципу, их объясняющему, внезапное понимание существа ситуации, приводящее к решению проблемы, усмотрение чего-то неизвестного в уже известном; 5) творчество: решение нестандартных учебных задач, представляющих новизну для конкретного студента, создание новых объектов или информационных продуктов (презентации, программы, робота и т. д.) при отсутствии образцов и т. д.

Успех учения определяется рядом **психологических факторов**, среди которых индивидуальные особенности процессов восприятия, внимания, воображения, памяти, мышления, мотивация, интеллектуальная развитость, настойчивость, целеустремленность, ответственность, сознательность и т. д. [15, 31, 36]. Большое значение имеет **установка**, которую дает преподаватель, обосновывая необходимость выполнения конкретного учебного задания: изучения темы, решения задачи, создания компьютерной программы, сборки робота. Например, перед изучением первой и второй теорем Шеннона (Приложение 1) преподавателю следует подчеркнуть, что эта тема имеет принципиальное значение для

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

понимания целого ряда вопросов, связанных с кодированием и передачей информации по каналу связи, что ее необходимо изучить, чтобы справиться с контрольной работой и т. д. Следует стремиться к тому, чтобы студент принял учебное задание и сознательно стремился его выполнить.

2. О способах активизации мышления студентов

К основным факторам, вызывающим активность студентов, относят познавательный интерес, возможность реализовать свой творческий потенциал, состязательность, профессиональный или игровой характер заданий. Важным качеством интеллекта является способность к нестандартному мышлению, характеризующаяся возможностями человека предлагать новые подходы и оригинальные решения в необычных ситуациях.

Преподаватель с целью активизации мыслительной деятельности студентов может специально создать проблемную ситуацию, организовать соревнование между группами учащихся, ролевую игру, в основе которой — столкновение противоположных интересов, позиций, взглядов. Большое значение для развития интеллекта имеет решение логических и математических задач, написание компьютерных программ [4].

Как известно, студент развивается, обучаясь, и учится, развиваясь; обучение происходит в результате деятельности по присвоению общественного опыта и в процессе общения с людьми (закон развития). Поэтому следует использовать деятельностный подход, основанный на принципе: студент должен получать знания не в готовом виде, а добывать их самостоятельно в процессе собственной учебно-познавательной деятельности. Это относится не только к теоретическим знаниям, но и к практическим умениям, сформировать которые возможно только в процессе деятельности. Задача преподавателя состоит в правильной организации учебно-познавательной деятельности студента, при которой тот приобретает требуемые знания, умения и навыки. При этом критерием работы преподавателя является деятельность студентов и полученные им ре-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

зультаты. Важно не то, как много усилий приложил преподаватель, проводя занятие, а то, чем занимались на занятии студенты, какие учебные задачи решили. Для этого преподавателю при подготовке к занятию требуется планировать не только свою деятельность, но и деятельность каждого студента.

При анализе любой деятельности следует учитывать мотив (для чего делать?), цель (к какому результату стремимся?), способ (как делать?) и объект (что преобразовывать?). Успешность учебно-познавательной деятельности определяется тремя факторами: знаниями, умениями и мотивацией. Повышение мотивации может быть обеспечено: 1) содержательной составляющей, подбором наукоемких учебных заданий; 2) вариативностью действий при решении теоретических задач, создании компьютерных программ и изучении кибернетических устройств; 3) стимулированием мыслительной активности вопросами и оценками.

Как показывают исследования психологов, одним из факторов, отрицательно влияющих на результаты обучения, является отсутствие интереса студентов к предмету. Познавательный интерес – важнейший стимул к познанию нового, приводящий к активизации восприятия, внимания, памяти, воображения, мыслительной деятельности. Основными источниками развития интереса к учению являются содержание изучаемой дисциплины и методы ведения занятия (или форма организации учебно-познавательной деятельности студентов). Перечислим основные стимулы развития интереса к содержанию информатики и кибернетики: 1) новизна получаемых знаний, принципов, законов, теоретических построений; 2) новизна подхода к известному вопросу; 3) важность приобретаемых знаний, их значимость для учащихся; 4) рассмотрение исторических фактов развития науки; 5) рассмотрение современных достижений науки и техники. На появление и развитие познавательного интереса могут влиять различные факторы, связанные с особенностями преподавания дисциплины, содержанием учебного материала, качеством его изложения в учебнике, со степенью сформированности у учащихся умения самостоятельно приобретать знания и использовать их на практике, с личностью преподавателя.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Интерес к информатике и кибернетике может быть обусловлен логической стройностью теорий, а также возможностью: 1) обоснования важнейших научных положений с помощью объяснения работы компьютерных программ; 2) проведения самостоятельных экспериментов с кибернетическими системами; 3) применения знаний на практике при взаимодействии с компьютером, сотовым телефоном и другими устройствами. Эффективным способом повышения интереса к предмету является обсуждение задач творческого характера, приводящих к нестандартному решению теоретической проблемы, «построению» новых компьютерных моделей, созданию оригинального кибернетического устройства (робота) или объяснению работы того или иного прибора. При этом большое значение имеет активность и самостоятельность студентов, которые без помощи преподавателя попытаются создать компьютерную программу, решить задачу, сделать выводы, объяснить принцип действия устройства, сформулировать собственное отношение к изучаемому вопросу. За хорошую работу студент должен быть поощрен высокой оценкой, о чем преподаватель сообщает всей группе. Это подкрепляет интерес обучаемых к информатике и кибернетике, способствует повышению активности всей группы.

Изучение работ по психодидактике [15, 31, 35] позволило сформулировать следующие психолого-педагогические условия успешного формирования у студентов инф.-киб. мышления: 1) учет особенностей развития мышления обучаемых; 2) применение системно-деятельностного подхода, элементов модульного, проблемного и программированного обучения; 3) организация учебно-исследовательской деятельности при изучении отдельных вопросов; 4) обучение рациональным приемам научного анализа, структурирование учебного материала в соответствии с логикой изучаемой темы и дисциплины; 5) разработка системы познавательно-развивающих заданий для студентов, формирование навыков работы с различными источниками информации, ресурсами Интернета, выполнение заданий творческого характера на создание проектов, докладов и презентаций; 6) организация учебно-познавательной деятельности студентов, приводящая к развитию логических способов и приемов ана-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

лиза рассматриваемых вопросов; 7) формирование психологической установки на обучение, при которой студент принимает учебное задание и сознательно стремится его выполнить; 8) повышение интереса, мотивация содержанием и процессом обучения, подбор профессионально ориентированных учебных заданий; 9) применение наукоемких образовательные технологий; 10) вариативность действий при создании алгоритмов, компьютерных программ и работе с ними; 11) стимулирование мыслительной активности вопросами и оценками, формирование мотивации, обеспечиваемое соревновательностью, удовлетворением потребности в самоутверждении и самореализации.

Развитие интеллекта студентов высших учебных заведений достигает своего пика в 18–20 лет [15, 31, 35]. Мышление успешных студентов характеризуется: овладением эффективными методами практической и теоретической деятельности, в частности формальными операциями; высоким уровнем вербально-логического мышления по сравнению с образным и практическим мышлением; появлением внутренней потребности к созданию теорий и проведению абстрактных логических рассуждений; дивергентностью мышления, то есть поиском различных путей ответа на тот или иной вопрос, различных способов решения задачи; развитием логико-смысловой памяти, запоминанием посредством логических приемов; максимализмом суждений, своеобразным эгоцентризмом мышления; формированием мировоззрения, опирающегося на абстрактно-логические и теоретические рассуждения. В то же время некоторые студенты не всегда способны устно или письменно изложить свою мысль, что свидетельствует о невысоком уровне развития словесно-логического мышления.

3. Активизация учебной деятельности студентов на примере изучения основ компьютерного моделирования

Важным условием эффективного обучения является активизация учебнопознавательной деятельности студентов, повышение их мотивации и личной заинтересованности в результатах. Отсутствие мотивации и недостаточный

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

учет психолого-педагогических особенностей обучаемых приводит к снижению успеваемости [31, 67]. Повышение мотивации предполагает развитие познавательного интереса к изучаемым вопросам, основанного на понимании полезности приобретаемых знаний и умений в работе учителя, а также применение таких форм проведения занятий, при которых студенты заинтересованы в повышении результативности обучения [4].

Одним из компонентов формирования инфокибернетического мышления является освоение методов решения различных задач с помощью современных программных средств, а также путем создания собственных компьютерных программ в той или иной среде программирования. Нами методом педагогического наблюдения была проанализирована учебная деятельность группы студентов во время занятий по компьютерному моделированию (КМ), посвященных решению разнообразных задач, связанных с созданием математических М-моделей и компьютерных К-моделей. Практические занятия длились один семестр и проводились в компьютерной лаборатории, содержащей 12 ПЭВМ, связанных в локальную сеть с выходом Интернет и имеющих стандартное программное обеспечение. Использовался деятельностный подход [31, 67]. Перед студентами ставились разнообразные задачи: набор программы и ее отладка; самостоятельное создание электронной таблицы MS Excel; проведение учебного вычислительного эксперимента; решение серии задач на основе набранной программы или электронной таблицы; оформление решения в тетради. Студенты решали задачи, используя методы математического и компьютерного моделирования. Преподаватель применял различные стратегии оценивания учебных достижений, метод педагогического эксперимента и наблюдения, метод анализа педагогической ситуации.

1. Мотивация содержанием. Студенты, готовясь стать конкурентоспособными специалистами, должны чувствовать заинтересованность в воспитании информационной культуры, формировании умений и навыков информационно-учебной деятельности, поэтому на занятиях по КМ особый акцент был

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

сделан на освоение многофункциональных программ, которые могут быть использованы для решения различных задач в их будущей деятельности. Это в первую очередь относится к пакету программ Microsoft Office, включающему в себя MS Word и MS Excel. Программа MS Word может быть использована для создания различных текстовых документов и написания рефератов. В электронных таблицах MS Excel студенты могут осуществлять вычисления и создавать макросы, моделирующие различные явления. Полученные навыки работы с этими программами в силу их универсальности пригодятся в будущей профессиональной деятельности. Вместе с этим при изучении КМ следует использовать программные среды, позволяющие студентам программировать на языках высокого уровня (Free Pascal, Delphi, Lazarus и т. д.). Язык Pascal изучается в школе, умение программировать на нем проверяется с помощью ЕГЭ, поэтому студенты педагогических вузов заинтересованы в его изучении.

Повысить интерес студентов к компьютерному моделированию можно, решая профессионально ориентированные задачи, связанные с моделированием различных объектов и процессов, которые изучаются в школе, вузе или встречаются в повседневной жизни [55]. К ним относятся: движение камня в поле тяжести Земли с учетом силы сопротивления воздуха, электрический резонанс, расчет интерференционной картины в опыте Юнга, движение планет вокруг Солнца, моделирование излучения абсолютно черного тела и т. д. На рис. 3.1 показаны траектории движения заряженных частиц в однородном и неоднородном магнитном поле, рассчитанные в Excel и Lazarus [65, 82, 86]. Высокое быстродействие ПЭВМ делает возможным очень быстро перерешать сложную задачу при других входных данных и тем самым упростить анализ рассматриваемого явления. К-модели позволяют студенту совершить «микрооткрытие» при изучении того или иного явления, установить направление и степень влияния различных факторов, логическую связь между их величиной и откликом системы, построить траектории, графики, диаграммы и тем самым визуализировать изучаемые закономерности.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

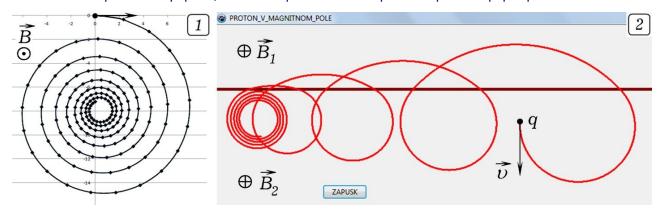


Рис. 3.1. Расчет траектории движения протона в магнитном поле (моделирование в MS Excel и Lazarus)

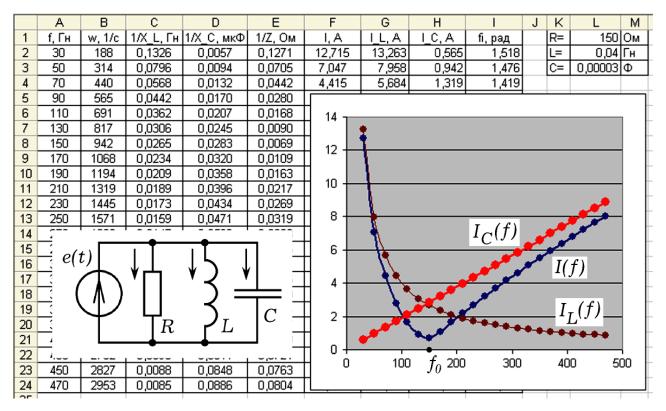


Рис. 3.2. Резонанс токов в параллельном колебательном контуре

На рис. 3.2 представлен фрагмент документа Excel, позволяющего промоделировать резонанс в параллельном колебательном контуре. Получающиеся графики показывают зависимость силы тока через источник, конденсатор и катушку индуктивности от частоты. Для решения этой задачи студенты использовали учебное пособие [86], содержащее математическую модель явления и методику составления электронной таблицы. Студенты, видя, что эти кривые очень похожи на графики, представленные в учебнике, связывают К-модель с уже изученной теорией. Модель движения планеты вокруг Солнца (рис. 3.3.1) позволяет провести серию вычислительных экспериментов при различных начальных скоростях планеты и расстояниях от нее до Солнца. Определяя большую полуось орбиты a и период T обращения планеты, можно подтвердить третий закон Кеплера $T^2/a^3 = const$, строгое математическое доказательство которого требует сложных рассуждений. У обучаемых повышается интеллектуальный потенциал, формируется убежденность в правильности изученной теории и методов моделирования. Сочетание простоты создания, высокой наукоемкости и возможности быстро промоделировать и исследовать большое количество различных ситуаций превращает К-модели в эффективное средство обучения.

Динамизм некоторых К-моделей позволяет сформировать в сознании студентов наглядный образ анализируемого явления, повысить эмоциональное восприятие учебной информации, что способствует развитию нагляднообразного мышления. Например, с помощью программы, написанной на языке Pascal, студенты моделируют хаотическое движение молекул [65, 82], а преподаватель демонстрирует модель диффузии двух газов (рис. 3.3.2). Визуализация взаимодействия молекул, их столкновений со стенками сосуда приводит к формированию правильных представлений о газообразном состоянии вещества.

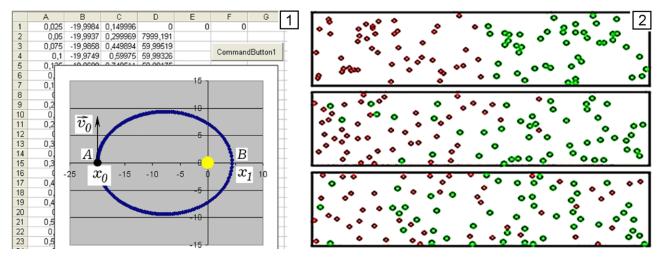


Рис. 3.3. К-модели: 1) движение планеты вокруг Солнца; 2) диффузия газов

2. Мотивация процессом. В то же время применялись такие формы проведения занятий, при которых студенты были заинтересованы в результативности своей деятельности. Учебные задания были небольшими и несложными: в начале занятия студенты получали текст программы (или алгоритм создания документа Excel), которую набирали в течение 10–15 минут, исправляли ошибки и осуществляли ее отладку. Решив типовую задачу, они сверяли полученный результат с известным. После этого, изменяя входные данные (начальные условия, параметры системы и внешние воздействия), студенты проводили серию вычислительных экспериментов, записывая результаты в тетрадь. Затем переходили к решению следующей, аналогичной задачи, требующей незначительных изменений набранной программы (или таблицы Excel). Решив задачу, студенты оформляли ее решение в тетради (5 минут), записывая условие, получающиеся результаты (числовые значения, графики, рисунки) и вывод.

В компьютерной лаборатории студенты решали задачи [65, 82, 86], связанные: 1) с доказательством ранее изученных фактов и законов, которые сложно обосновать теоретически, но легко проверить на К-модели (например, доказательство законов излучения черного тела); 2) овладением методом вычислительного эксперимента (изучение зависимости частоты колебаний маятника от его параметров); 3) изучением численных методов решения уравнений и их систем (уравнения теплопроводности, волнового уравнения). Студенты создавали электронные таблицы, строили графики и диаграммы, набирали программы на Pascal, анализировали результаты вычислений, работали с электронными учебными пособиями и т. д. Интерактивность учебного процесса обеспечивалась за счет непрерывного взаимодействия обучаемых с программной системой, обсуждения алгоритмов, программ и получающихся графиков.

При этом использовались: **1. Метод демонстрации:** преподаватель показывал студентам, как проводится анализ системы, строится математическая модель, создается алгоритм решения системы уравнений и соответствующая программа (или документ Excel), с помощью проектора демонстрировал функционирование программы при различных входных данных. **2. Метод упражнения:**

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

студенты, решая задачи на компьютере, многократно повторяли последовательность умственных и практических действий, добиваясь формирования, закрепления и совершенствования навыков математического вывода, специфических умений и навыков взаимодействия с программным обеспечением. Использовались разнообразные учебные задания, которые соответствовали возможностям студентов. При необходимости преподаватель помогал студентам, исправлял ошибки в программах. 3. Метод самостоятельной работы: каждый студент работал за своим компьютером, проявляя индивидуальную активность при наборе программ, их отладке, внесении изменений и оформлении задач в тетради.

4. Результаты наблюдений за деятельностью студентов

Во время занятия преподаватель наблюдал за работой студентов и оценивал: 1) быстроту и правильность набора компьютерной программы (создания электронной таблицы) по образцу; 2) умение самостоятельно создавать новую или модифицировать имеющуюся программу (электронную таблицу); 3) правильность выполнения вычислительного эксперимента и установления связи между входными параметрами задачи и откликом системы; 4) количество решенных задач, их оформление в тетради; 5) знание методов построения математической модели системы. Использовалась рейтинговая система оценок.

Многолетний опыт проведение занятий по КМ показал, что применение К-моделей имеет определенные преимущества. С их помощью возможно: 1) создать наглядные и динамические образы изучаемых явлений (движение молекул, вращение планет); 2) быстро рассчитать зависимость исследуемой физической величины от времени, координаты или другой физической величины (например, пространственное распределение температуры при теплообмене); 3) изучить зависимость отклика рассматриваемой системы на изменение того или иного фактора (зависимость фазового портрета колебаний от коэффициента сопротивления среды); 4) организовать учебную деятельность студентов, в ходе которой они приобретают умения и навыки использования ИТ для решения

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

разнообразных задач, осваивают метод вычислительного эксперимента. Демонстрация численного решения дифференциальных уравнений, расчет физических полей, моделирование сложных систем оказывают на студентов эмоциональное воздействие, активизируют мыслительную деятельность, приводят к повышению интереса. Некоторые К-модели имеют высокую наукоемкость: если набор студентом компьютерной программы (при наличии листинга) занимает 10 минут, то объяснение применяемого метода моделирования – 0,5 часа, а проведение всевозможных вычислительных экспериментов (их может быть около десятка) при различных входных данных – 1–1,5 часа.

Методами педагогического эксперимента и наблюдения установлено, что в результате студенты учатся: 1) составлять компьютерные программы средней сложности, позволяющие реализовать тот или иной алгоритм решения задачи; 2) грамотно осуществлять математическое описание задачи; 3) применять методы математического моделирования; 4) создавать алгоритм, соответствующий М-модели системы; 5) создавать компьютерные программы и осуществлять их отладку; 6) грамотно интерпретировать результаты компьютерного моделирования, результаты вычислений и графики. При этом у студентов формируется [124, 125]: 1) компетенция в сфере познавательной деятельности: понимание сущности информационного подхода при исследовании объектов различной природы; знание основных этапов системно-информационного анализа изучаемых объектов; овладение основными интеллектуальными операциями (анализ, синтез, сравнение, обобщение и т. д.); системно-аналитический, логический и алгоритмический стили мышления; умение генерировать идеи и определять средства, необходимые для их реализации; 2) компетенция в сфере коммуникативной деятельности: отношение к языкам (естественным, формализованным и формальным) как к средству коммуникации; понимание особенностей использования формальных языков; 3) технологическая компетенция: знание особенностей ИТ; умение выявлять основные этапы и операции в технологии решения задач на ПЭВМ; владение навыками выполнения унифицированных операций, используемых в различных ИТ.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Рассмотренный подход к обучению студентов основам компьютерного моделирования способствует активизации их учебно-познавательной деятельности и повышению эффективности процесса обучения. При этом необходимо учитывать следующее:

- 1. При работе со студентами педагогических специальностей не рекомендуется увлекаться строгими математическими рассуждениями. Акцент лучше сместить на решение разнообразных задач профессиональной направленности, изучение методов создания компьютерных моделей, объяснение используемого алгоритма и результатов моделирования на уровне школы или педвуза.
- 2. На занятиях в компьютерной лаборатории должен доминировать деятельностный подход: студенты, получив задания и примеры типовых программ, самостоятельно решают последовательность задач по данной теме в индивидуальном темпе. Иногда имеет смысл объединить студентов в группы по 2 человека, это поможет сформировать умение работать в команде (в группе).
- 3. Важно нацелить каждого студента на получении положительного результата, создать ситуацию успеха. Для этого следует давать небольшие задания, примеры готовых программ для типовых задач, помогать студентам выполнять задания, способствовать обсуждению результатов моделирования.
- 4. Активизация учебной деятельности студентов обеспечивается: 1) содержательной составляющей, подбором профессионально ориентированных наукоемких учебных заданий; 2) вариативностью действий при создании компьютерных программ, работе с ними и осуществлении моделирования; 3) стимулированием мыслительной активности вопросами и оценками. Необходимо обращать внимание на актуальность решаемых задач и силу применяемых методов, на возможности обсуждаемых компьютерных программ, на неочевидность получающихся результатов и их связь с изученной ранее теорией.
- 5. Занятия следует проводить в форме, позволяющей успешным студентам самоутверждаться за счет быстрого и правильного решения поставленных перед ними учебных заданий. Преподаватель может оценками поощрять тех студентов, которые первыми справились с набором новой программы или ре-

шением задачи. Также следует проверять оформление рабочей тетради, проводить контрольные и самостоятельные работы.

Для формирования у студентов педвуза взаимосвязанных и разносторонних знаний, умений и навыков, связанных с инф.-киб. картиной мира и инфокибернетическим мышлением, следует применять образовательные технологии, включающие в себя психологические, общепедагогические и дидактические методы, опирающиеся на применение компьютерной техники. Это относится: 1) к мультимедиатехнологии, позволяющей создавать, хранить, обрабатывать и передавать информацию, представленную в различных видах; 2) компьютерной технологии, помогающей студентам выполнять разнообразные задания в различных средах программирования и компьютерных приложениях.

Например, при изучении теории алгоритмов традиционная методика обучения может сочетаться с компьютерным моделированием машины Поста (МП), машины Тьюринга (МТ) и нормальных алгоритмов Маркова (НАМ), рассмотренным в учебном пособии [71, 72]. Предлагаемые программы на языке Pascal реализуют соответствующий алгоритм и помогают ответить на вопрос об алгоритмической разрешимости той или иной математической задачи. Преимущество подобных компьютерных моделей состоит в том, что они позволяют в течение одного занятия проанализировать несколько довольно сложных алгоритмов для МП (МТ или НАМ), выполняющих от 50 до 100 шагов при различных входных данных. Безошибочно сделать то же самое вручную (на доске или в тетради) весьма затруднительно, и это потребует больших временных затрат.

```
'*11' → 'A*1'
                    1 1111A*11 | подстановка 1
'*1' → 'A'
                    2 1111АА*1 | подстановка 1
'1A' → 'A1B'
                   3 1111ААА | подстановка 2
'BA' → 'AB'
                   4 111А1ВАА | подстановка 3
'B1' → '1B'
                    . . . . . . . . . . . . . . . .
'A1' → 'A'
                   62 1111111111ВВ | подстановка 8
'AB' → 'B'
                   63 11111111111 | подстановка 8
'B'
                   64 11111111111 | подстановка 8
```

Рис. 3.4. Умножение двух целых чисел с помощью компьютерной программы, реализующей НАМ [72]

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Рассмотрим решение задачи на умножение двух целых чисел, записанных в унарной системе счисления, с помощью **нормального алгоритма Маркова**. На рис. 3.4 представлена система нормальных подстановок, а справа — результат ее применения к входному слову 1111*111 (то есть 4 умножить на 3). После выполнения 64 шагов получается ответ — 111111111111 (то есть 12). Работа программы занимает не более полуминуты; студенты могут легко убедиться в универсальности данного алгоритма, применив его к другим входным словам.

Глава 3 Оглавление Глава 5

Глава 4. РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НА КОМПЬЮТЕРЕ

В практическом плане развитие инф.-киб. мышления у будущих учителей информатики, физики и математики предполагает формирование инфологического, кибернетического и алгоритмического мышления. Последнее связано с развитием умений работать на компьютере, анализировать алгоритмы и несложные компьютерные программы, пользоваться пакетом Microsoft Office, создавать текстовые, графические, видео- и аудиофайлы, работать в сети Интернет, успешно взаимодействовать с сотовым телефоном, компьютером и другими электронными девайсами.

Условием эффективности обучения являются высокая мотивация и личная заинтересованность студентов в его результатах, их осознание полезности приобретаемых знаний и умений [15, 124]. Для активизации учебнопознавательной деятельности студентов необходимо решать профессионально ориентированные задачи, применять проблемный и исследовательский методы обучения, стимулировать мыслительную активность студентов, переходить от репродуктивного воспроизведения изучаемого материала к выполнению заданий творческого характера [35, 116, 125]. В этой связи актуальной является проблема расширения банка задач, решаемых путем создания компьютерных программ. Их обсуждение способствует установлению межпредметных связей между математикой, физикой, информатикой; они могут быть использованы при проведении учебных исследований, в курсовых и дипломных работах. Нами применялись компьютерные программы на языке Pascal (IDE Free Pascal, ABCPascal, Lazarus). Этот язык программирования специально создан для обу-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

чения, он изучается в школе, поэтому студенты педвузов заинтересованы в его освоении. В настоящей главе рассматриваются примеры задач, решение которых на компьютере способствует развитию инф.-киб. мышления.

1. О формировании алгоритмического мышления

Важной составляющей инф.-киб. мышления является алгоритмическое мышление – совокупность мыслительных действий и приемов, в результате которых создается алгоритм решения задачи. К ним относятся разбиение задач на блоки (подзадачи), их решение с последующей детализацией и сведением к определенной последовательности действий, выполнение которых приведет к решению исходной проблемы. Алгоритмическое мышление отличается формальностью, ясностью и логичностью, способностью перейти от расплывчатой идеи к алгоритму, то есть последовательности элементарных операций, выполнение которых позволит решить задачу. Способность мыслить алгоритмами – важное качество современного человека. Для развития алгоритмического мышления следует создавать новые алгоритмы и изучать алгоритмы, созданные другими людьми. Сам компьютер представляет собой сложное кибернетическое устройство, программирование которого – непростая и интересная задача. Это в той же степени относится и к программированию процессора Arduino, написанию приложений для сотового телефона, программированию роботов из набора лего ит. д.

Для развития алгоритмического мышления большое значение имеет выполнение учебных заданий, в ходе которых студенты: 1) анализируют исполнение заданного алгоритма при известных входных значениях, предсказывая его результат (числа, символы, графические изображения); 2) самостоятельно создают алгоритм, решающий определенную задачу; 3) пишут программу в некоторой среде программирования (например, ABCPascal, Lazarus), которая решает уравнение, моделирует какую-то систему, вычисляет интеграл, строит график функции и т. д.; 4) создают или проверяют готовые программы для машины Поста и машины Тьюринга; 5) работают с нормальной системой подстановок

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Маркова; 6) анализируют работу детерминированного и вероятностного автоматов [71, 72, 82].

Обычно алгоритм изображают с помощью блок-схем, имеющих вид графов, которые состоят из блоков (операторов), соединенных стрелками, показывающими последовательность выполнения операций. Учебное задание может быть сформулировано так [2, 134]: 1) определите значения переменных a и b после выполнения фрагмента алгоритма (рис. 4.1.1); 2) вычислите значение переменной S на выходе программы (рис. 4.1.2). Для решения подобных задач студент мысленно выполняет алгоритм или программу, пошагово определяя значения переменных и заполняя трассировочную таблицу.

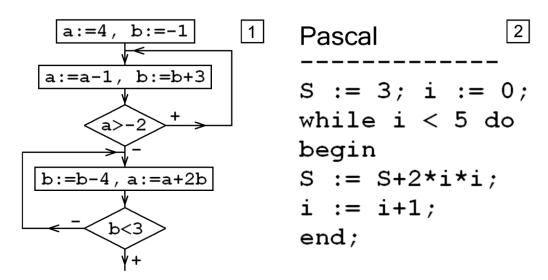


Рис. 4.1. Фрагменты алгоритма и программы

С целью развития алгоритмического мышления студентам также предлагают задачи, решаемые путем создания компьютерных программ [23, 72, 82, 142]: 1) задачи по математике: решение уравнений, вычисление интегралов и производных, упорядочивание массивов, построение графиков на компьютере; 2) задачи по информатике: создание компьютерных программ, вычисляющих количество информации в сообщении, осуществляющих кодирование и декодирование и т. д.; 3) задачи на компьютерное моделирование физических, биологических, социально-экономических и иных систем; 4) задачи на компьютер-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ное моделирование передачи информации по каналу связи, кибернетических систем и т. д.; 5) задачи на анализ или составление блок-схем и алгоритмов.

На рис. 4.2 показано множество Мандельброта — известный фрактал, получающийся в результате использования программы ПР-1 из Приложения 2. Изучение алгоритма построения этого фрактала, создание программы и обсуждение ее работы, применение математических абстракций, вложенных алгоритмов разветвляющейся и циклической структуры, элементов компьютерной графики стимулирует формирование теоретического, алгоритмического и наглядно-образного мышления. Существуют и другие примеры использования компьютера для решения различных математических задач. Автоматизация вычислений, возможность организации циклов позволяют быстро выполнить трудоемкие математические расчеты, получить и исследовать зависимости, которые экспериментально изучить довольно сложно. Сочетание логико-математической обработки информации с модельной наглядностью приводит к активизации памяти, внимания, наблюдательности, развитию интеллектуального потенциала студента.

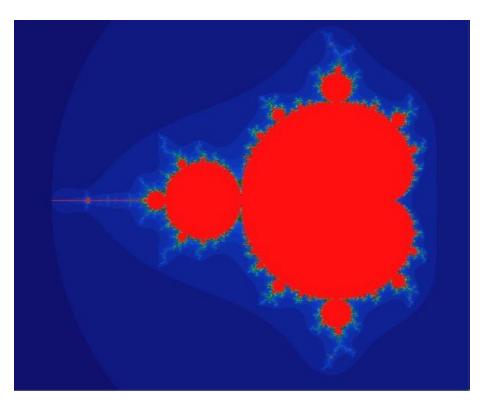


Рис. 4.2. Множество Мандельброта

2. Компьютерное моделирование кибернетических систем

При формировании у студентов инф.-киб. картины мира следует подчеркнуть, что важным методом изучения информационных и кибернетических систем является метод компьютерного моделирования [11, 14, 82]. Его сущность заключается: 1) в создании компьютерной программы (пакета программ), описывающей поведение элементов исследуемой системы в процессе ее функционирования, учитывающей их взаимодействие между собой и внешней средой; 2) проведении на компьютере серии вычислительных экспериментов; 3) интерпретации результатов. В некоторых случаях применяются кибернетические (или функциональные) модели; в них моделируемый объект рассматривается как «черный ящик», внутреннее устройство которого неизвестно. Поведение такого «черного ящика» может описываться математическим уравнением, графиком или таблицей, которые связывают выходные сигналы (реакции) устройства с входными (стимулами). Структура и принципы действия такой модели не имеют ничего общего с исследуемым объектом, но функционирует она похожим образом.

Компьютерное моделирование требует абстрагирования от конкретной природы явлений, построения сначала качественной, а затем и количественной модели. За этим следует проведение серии вычислительных экспериментов на компьютере, интерпретация результатов, сопоставление результатов моделирования с поведением исследуемого объекта, последующее уточнение модели и т. д. [82]. Вычислительный эксперимент фактически является экспериментом над математической моделью исследуемого объекта, проводимым с помощью компьютера. Часто он значительно дешевле и доступнее натурного эксперимента, его выполнение требует меньшего времени, он дает более подробную информацию о величинах, характеризующих состояние системы. Рассмотрим примеры моделирования информационных и кибернетических систем.

1. Канал связи с шумом. Пусть по двоичному каналу связи передается сообщение «101100...10». Для повышения надежности передачи и выявления

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ошибок используется контроль четности. Кодер передающего устройства разбивает сообщение на блоки длиной D-1 и добавляет 1 бит четности так, что получаются кадры длиной D, причем сумма битов в кадре четна. Они поступают в канал связи, в котором с вероятностью p вносятся ошибки (инвертируются биты), и, пройдя через него, попадают в декодер приемника. Для простоты будем считать, что на передачу 1 бита затрачивается 1 с. Декодер находит сумму всех битов в кадре и проверяет их на четность. Реализуется система с переспросом: в случае ошибки (сумма битов нечетна) по каналу переспроса принимающее устройство посылает сигнал о необходимости повторной передачи последнего кадра. На его повторную передачу снова затрачивается D тактов. Допустим, что сигнал по каналу переспроса не вносит задержки. Требуется определить скорость передачи информации методом статистических испытаний.

Для решения задачи используется программа ПР-2 (Приложение 2). Длина кадра D равна величине константы Dlina k, при этом число информационных битов составляет D-1, число передаваемых кадров Chislo $k = 10\,000$. В программе организован цикл, в котором моделируется побитовая передача первого кадра, второго кадра и т. д. При каждой итерации время t увеличивается на 1 и моделируется ошибка с вероятностью p. Генерируется случайное число xиз интервала [0;1], и если оно меньше p, то считается, что бит передан с ошибкой, в этом случае переменной error присваивается 1. Источник продолжает передачу кадра до конца. Если кадр прошел по каналу связи без ошибок (error = 0), то счетчик N правильно переданных кадров увеличивается на 1; в случае хотя бы одной ошибки (*error* = 1) счетчик кадров N не изменяет своего значения, так как приемник требует повторной передачи кадра. После этого моделируется передача следующего кадра и т. д. На экран выводится номер переданного кадра, число безошибочно переданных кадров N и время t. Скорость передачи равна отношению количества правильно переданных информационных битов к затраченному времени: $\upsilon = N(D-1)/t$, где (D-1) – число информационных битов в кадре.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

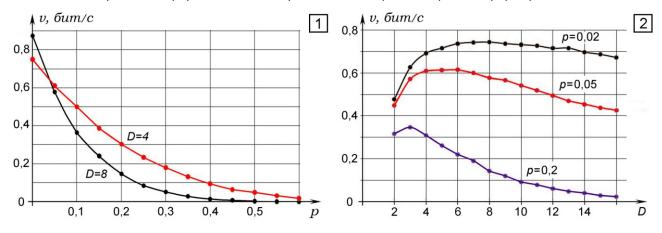


Рис. 4.3. Зависимость скорости передачи от p и D

В случае, когда длина кадра D=8 и сообщение передается без помех (p=0), скорость передачи полезной информации равна $\upsilon=7/8=0.875$ бит/с (из 8 бит 7 информационных). Из результатов моделирования следует, что при увеличении вероятности ошибки p скорость передачи информации υ уменьшается: 1) при p=0.001 $\upsilon=0.867$ бит/с; 2) при p=0.01 $\upsilon=0.808$ бит/с; 3) при p=0.02 $\upsilon=0.747$ бит/с; 4) при p=0.05 $\upsilon=0.574$ бит/с. Это объясняется тем, что при увеличении вероятности ошибки растет число ошибочно переданных кадров. Поэтому графиком зависимости $\upsilon=\upsilon(p)$ является убывающая кривая, приближающаяся к 0 (рис. 4.3.1). Красная кривая соответствует длине кадра D=4, а черная кривая – D=8.

Изучим зависимость скорости передачи информации от длины кадра D при различной вероятности ошибки p. Если p=0,02, то при длине кадра 2 или 3 бита скорость передачи невелика за счет большой доли проверочных битов четности. При больших D она уменьшается из-за увеличения вероятности ошибки в кадре и затрат времени на повторную его передачу. Получающиеся графики зависимости скорости передачи υ от длины кадра D, соответствующие вероятностям ошибки p=0,02, 0,05 и 0,2, приведены на рис. 4.3.2.

2. Регулятор скорости вращения. Рассмотрим компьютерную модель регулятора скорости вращения электрического двигателя, функционирующего по замкнутой схеме (рис. 4.4). Он состоит из устройства управления УУ, с которым соединены двигатель постоянного тока и тахогенератор ТГ, связанный с валом двигателя зубчатой передачей. Механической нагрузкой является станок. При работе двигателя ТГ вырабатывает напряжение, пропорциональное скорости вращения ротора. Оно подается на вход УУ, которое работает следующим образом: при отклонении скорости вращения вала ω от заданной величины Ω происходит изменение напряжения питания двигателя $u(\omega)$ на величину Δu так, что скорость вращения снова возвращается к заданному значению Ω .

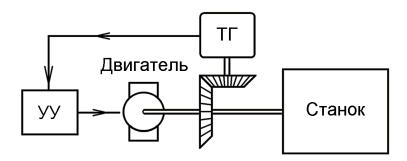


Рис. 4.4. Система автоматического регулирования скорости вращения

Запишем второй закон Кирхгофа для цепи якоря двигателя:

$$L\frac{di}{dt} + Ri + E_{\mathcal{A}} = u(\omega),$$

где $E_{\mathcal{H}} = k_1 \omega \Phi = K_1 \omega$ – противоЭДС, возникающая в обмотке якоря вследствие его вращения, Φ – поток возбуждения, L и R – индуктивность и сопротивление обмотки якоря, $u(\omega)$ – напряжение питания, зависящее от скорости ротора. По законам динамики, $I\varepsilon = M - M_{TP} - M_H$, где I – момент инерции ротора двигателя, $M = k_2 i \Phi = K_2 i$ – вращающий момент, действующий на ротор со стороны магнитного поля статора, $M_{TP} = K_3 \omega$ – тормозящий момент, действующий на ротор со стороны подшипников, $M_H(\omega)$ – механическая нагрузка

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

на валу (влияние станка), $\varepsilon = d\omega/dt$ и $\omega = d\phi/dt$ – угловые ускорение и скорость вала. Получаем систему уравнений:

$$\frac{di}{dt} = \frac{u(\omega) - Ri - K_1 \omega}{L}, \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{K_2 i - K_3 \omega - M_H}{I}.$$

Функционирование регулятора зависит от **закона регулирования**, который выражает алгоритм формирования сигнала управления u на основании первичной информации x, dx/dt и т. д., где x — сигнал отклонения регулируемой величины от заданного значения. Закон регулирования может быть линейным (u = k x) или нелинейным. Во втором случае он может содержать: 1) статические нелинейности, например: $u = k (1 + b \mid x \mid) x$; 2) динамические нелинейности, например: $u = k (1 \pm b \mid x \mid) x$ или $u = k (1 \pm b \mid x \mid) x$.

Допустим, что закон регулирования выражается дифференциальным уравнением: $du/dt = \alpha(\Omega - \omega)$, где Ω — заданное значение угловой скорости. Если $\omega < \Omega$, то du/dt > 0, управляющее напряжение u и скорость ротора ω растут, а если $\omega > \Omega$, то du/dt < 0, u и ω уменьшаются. Заменим производные их конечно-разностными аппроксимациями:

$$u^{t+1} = u^t + \alpha(\Omega - \omega^t) \Delta \tau,$$

$$i^{t+1} = i^t + \frac{u^t - Ri^t - K_1 \omega^t}{L} \Delta \tau, \quad \omega^{t+1} = \omega^t + \frac{K_2 i^t - K_3 \omega^t - M_H^t}{I} \Delta \tau.$$

Используется программа ПР-3 (Приложение 2). Получающиеся графики представлены на рис. 4.5.1. Видно, что при резком изменении момента нагрузки M_H скорость ротора ω , совершив несколько колебаний, возвращается к заданному значению Ω . Программа также позволяет промоделировать работу этой САУ при пропорциональном законе регулирования питания двигателя: если $\omega > \Omega + \Delta \Omega$, то $u^{t+1} = u^t - b$; если $\omega < \Omega - \Delta \Omega$, то $u^{t+1} = u^t + b$. В этом случае скорость ротора ω после нескольких колебаний опять стабилизируется в интервале $\Omega \pm \Delta \Omega$. Такие системы, у которых выходная величина y(t) стремится к установившемуся значению, называются устойчивыми.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

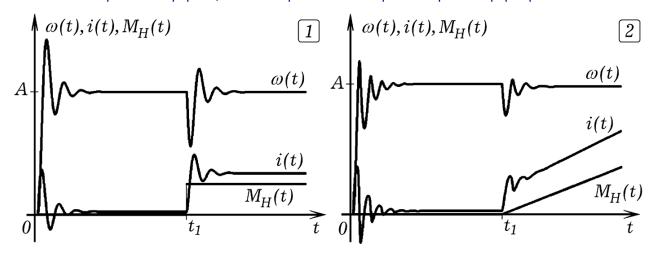


Рис. 4.5. Результаты моделирования САУ

Для того чтобы изучить поведение системы при равномерном увеличении механической нагрузки на валу M_H , следует активизировать оператор: If t > 70 then Mn := 1.1*(t-70);. Если при этом мы хотим учесть, что коэффициент b в законе регулирования для случаев $\omega < A$ и $\omega > A$ имеет различные значения, то необходимо раскомментировать операторы: If w < a then dU := 0.002*(a-w); If w > a then dU := 0.02*(a-w);. Когда коэффициенты неодинаковы, кривые колебаний i(t) и $\omega(t)$ относительно установившихся значений несимметричны (рис. 4.5.2).

3. *Гомеостат***.** Важным понятием теории систем управления является гомеостаз. Познакомимся с простой компьютерной моделью **гомеостата Эш-би** – адаптирующегося устройства с тремя степенями свободы x_1 , x_2 и x_3 , которое при выводе из положения равновесия (0, 0, 0) самостоятельно в него возвращается. В простейшем случае гомеостат Эшби описывается тремя дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3,$$

$$\frac{dx_3}{dt} = a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3.$$

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Для нахождения коэффициентов a_{ij} , определяющих работу гомеостата, используется компьютерная программа ПР-4 (Приложение 2). Начальные значения параметров гомеостата a_{ij} и его переменных состояния x_j задаются случайным образом. В цикле вычисляются скорости $\upsilon_1 = dx_1/dt$, $\upsilon_2 = dx_2/dt$, $\upsilon_3 = dx_3/dt$ и координаты x_1 , x_2 и x_3 в последовательные моменты времени $t=0,\ 1,\ 2,\ \dots$ по формулам: $x_i^{t+1}=x_i^t+(a_{i1}x_1+a_{i2}x_2+a_{i3}x_3)\Delta \tau,\ i=1,\ 2,\ 3.$

Если значения координат x_1 , x_2 и x_3 стремятся к бесконечности, то система не возвращается к положению равновесия (0,0,0); в этом случае набор параметров a_{ij} является неудачным, и его необходимо изменить. Программа в случае $|x_i| > 1$ (для любого i) изменяет коэффициенты a_{ij} случайным образом (рис. 4.6) и снова рассчитывает траекторию движения гомеостата. Так продолжается до тех пор, пока система не вернется в положение равновесия. Найденные значения коэффициентов a_{ij} выводятся на экран.

Допустим, получились следующие значения:

$$A = \begin{pmatrix} -0,089 & -0,001 & 0,07 \\ 0,082 & -0,043 & -0,028 \\ -0,072 & -0,045 & 0,027 \end{pmatrix}.$$

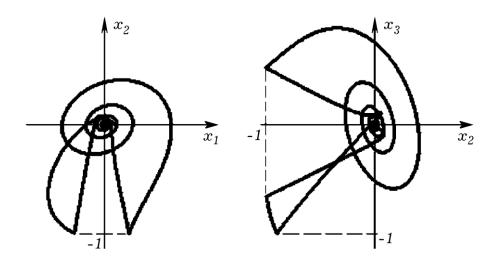


Рис. 4.6. Подбор правильных параметров гомеостата

После нахождения оптимальных параметров гомеостата a_{ij} можно исследовать, как он ведет себя при выходе из положения равновесия. В программе ПР-5 (Приложение 2) случайным образом задаются начальные координаты x_1 , x_2 и x_3 точки A из интервала [-0.9; 0.9] и рассчитывается «поведение» гомеостата с оптимальными a_{ij} в последующие моменты времени (рис. 4.7). Во всех случаях гомеостат возвращается в положение равновесия (0,0,0).

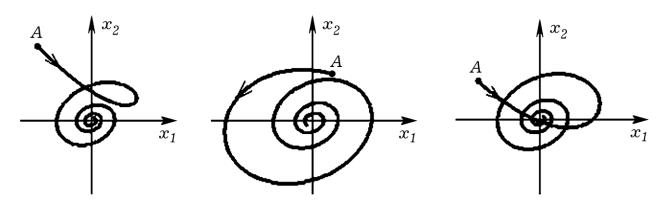


Рис. 4.7. Возврат гомеостата в положение равновесия

2. Компьютерное моделирование физических систем

Известны многочисленные примеры использования компьютерных моделей физических систем и явлений в учебных целях [6, 65, 82, 123]. Среди них: движение камня в поле тяжести Земли с учетом силы сопротивления, электрический резонанс в последовательном и параллельном колебательном контуре, искривление траектории частицы электрическим и магнитным полем, движение молекул газов в процессе диффузии, интерференция света в опыте Юнга, излучение абсолютно черного тела, движение микрочастицы в потенциальной яме, ее прохождение через потенциальный барьер и другие.

В качестве примера рассмотрим модель движения в силовом поле системы из N взаимодействующих частиц. Используемая программа содержит цикл по времени, в котором вычисляются проекции силы $(F_{ix}^{t+1}, F_{iy}^{t+1})$, скорости $(v_{ix}^{t+1}, v_{iy}^{t+1})$ и координаты (x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) в следующий момент (t+1), а результаты выводятся на экран. Используются формулы (для оси Oy — аналогично):

$$F_{ix}^{t+1} = -\sum_{j=1}^{N} \frac{Gm_{i}m_{j}}{(r_{ij}^{t})^{2}} \cdot \frac{x_{i}^{t} - x_{j}^{t}}{r_{ij}^{t}}, \quad \upsilon_{ix}^{t+1} = \upsilon_{ix}^{t} + F_{ix}^{t+1} \Delta t / m_{i}, \quad x_{i}^{t+1} = x_{i}^{t} + \upsilon_{ix}^{t+1} \Delta t.$$

На рис. 4.8 представлены результаты моделирования следующих явлений:

- 1. Движение планеты P и вращающегося вокруг нее спутника вокруг звезды S; масса спутника в 20–100 раз меньше массы планеты (рис. 4.8.1).
- 2. Полет корабля от Земли до Луны (рис. 4.8.2, программа ПР-6). Сначала корабль движется по орбите вокруг Земли, а затем в момент t_1 происходит резкое увеличение скорости, что позволяет ему перейти на сильно вытянутую орбиту и приблизиться к Луне. В момент t_2 он уменьшает скорость и его захватывает гравитационное поле Луны.
- 3. Движение двух звезд вокруг общего центра масс и планеты, вращающейся вокруг одной из них (рис. 4.8.3).
- 4. Движение двойной звезды и планеты, которая захватывается и увлекается гравитационным полем одной из звезд, увеличивает свою скорость и улетает прочь (рис. 4.8.4).

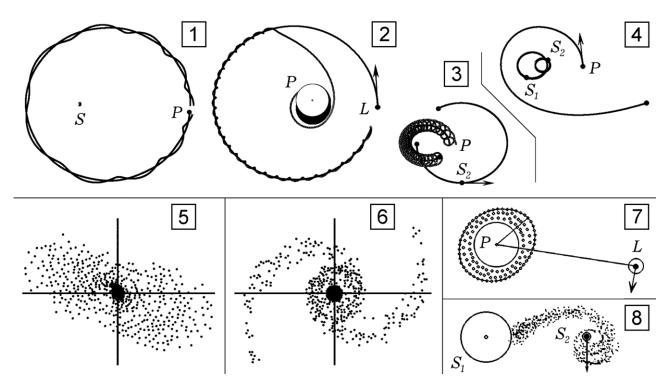


Рис. 4.8. Результаты решения некоторых астрофизических задач

- 5. Формирование спиральной галактики из вращающегося газопылевого комплекса из 800–1000 частиц (рис. 4.8.5 и 4.8.6).
- 6. Движение приливных волн, создаваемых на поверхности планеты вращающимся спутником (рис. 4.8.7). Поверхность воды моделируется частицами, которые связаны между собой вязкоупругими связями. Между остальными частицами воды действуют силы отталкивания и силы вязкого трения.
- 7. Падение частиц вещества одного компонента двойной звезды на другой компонент и образование аккреционного диска (рис. 4.8.8).

На рис. 4.9 представлены результаты моделирования затухающих колебаний пружинного маятника в MS Excel. Для решения этой задачи может быть использовано написанное автором учебное пособие [86], содержащее математическую модель этого явления и методику создания соответствующей электронной таблицы с графиками. Студенты, видя, что полученные кривые очень похожи на графики, изображенные в учебнике физики, связывают эту компьютерную модель с уже изученной теорией затухающих колебаний.

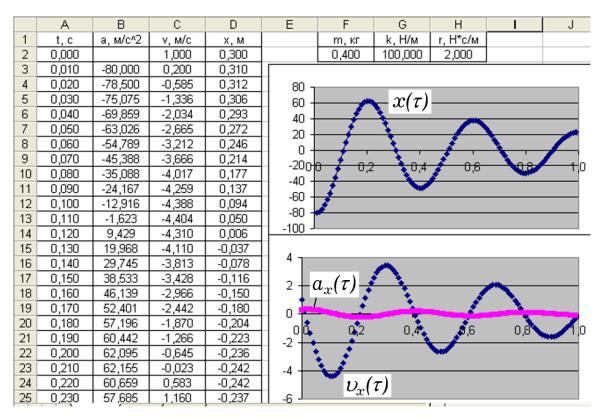


Рис. 4.9. Расчет затухающих колебаний пружинного маятника в MS Excel

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Высокое быстродействие персональных компьютеров позволяет быстро решить сложные задачи с теми или иными входными данными и упростить анализ рассматриваемого явления. С помощью компьютерных моделей студенты совершают «микрооткрытия» и устанавливают направление и степень влияния различных факторов на поведение системы, выявляют логические связи между их величинами и откликом системы, получают траектории, графики, диаграммы, тем самым визуализируя изучаемые закономерности [94, 101]. В результате повышается интеллектуальный потенциал студентов, усиливается уверенность в правильности теории и применяемого метода моделирования. Сочетание простоты, высокой наукоемкости, способности быстро моделировать и исследовать большое количество различных ситуаций превращает компьютерные модели в эффективное средство изучения окружающего мира.

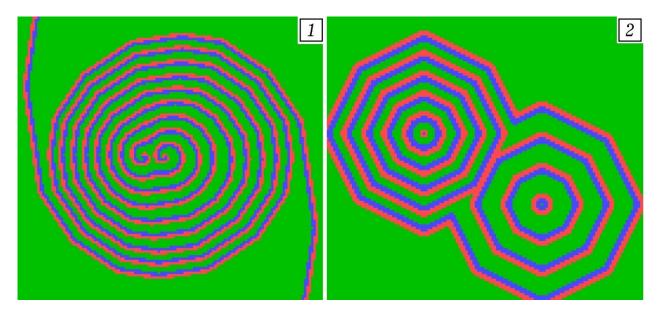


Рис. 4.10. Моделирование автоволнового процесса в активной среде.

Динамизм некоторых компьютерных моделей позволяет создать в сознании студентов наглядный образ явлений, повысить эмоциональность восприятия учебной информации, что способствует развитию наглядно-образного мышления [94, 101]. Например, обсуждая моделирование автоволновых процессов, преподаватель может продемонстрировать образование одно- и двухрукавной автоволн (рис. 4.10.1), а также синхронизацию колебаний элементов ак-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

тивной среды; это обусловлено подавлением низкочастотного пейсмейкера высокочастотным пейсмейкером (рис. 4.10.2). Визуализация образования пространственно-временных структур на экране компьютера приводит к формированию правильных представлений о сущности автоволнового процесса, происходящего в активной среде.

Решение этих и других задач [65, 82, 86] создает условия для актуализации знаний: 1) об основных понятиях и законах физики; 2) о методах численного решения дифференциальных уравнений; 3) о программировании на языке Pascal, построении графиков и создании простейших анимаций. Выполнение подобных заданий на занятии позволяет реализовать интерактивный диалог между студентом и компьютером, визуализировать информацию о состоянии объекта, научиться строить графики различных зависимостей, создавать компьютерные анимации, формирующие наглядный образ изучаемых явлений, способствует развитию физического и алгоритмического мышления, умения использовать координатный метод, осуществлять математическую обработку информации, создавать проблемные ситуации, углублять межпредметные связи между математикой, физикой и информатикой [94].

Анализ представленных выше задач позволяет выявить следующие дидактические возможности моделирования физических систем: 1) возможность изучить огромное количество физических явлений, актуализировать знания соответствующих понятий и законов физики; 2) возможность активизировать учебно-познавательную деятельность студентов, повысить их мотивацию к обучению и его результативность; 3) возможность изучить метод компьютерного моделирования, познакомиться с решением разнообразных задач профессиональной направленности, объяснить используемые алгоритмы и результаты моделирования на уровне школы или педвуза; 4) возможность развивать физическое и алгоритмическое мышление, умение использовать координатный метод, осуществлять обработку информации; 5) возможность организовать интерактивный диалог между студентом и компьютерной программой, в ходе которого студенты задают параметры моделируемой системы, начальные условия и ока-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

зываемые воздействия; 6) возможность визуализировать информацию о состоянии объекта, строить графики зависимостей различных физических величин от времени; 7) возможность создавать различные анимации движения тел, молекул, атомов, заряженных частиц и т. д., формировать наглядный образ соответствующих явлений; 8) возможность создавать проблемные ситуации, требующие редактирования компьютерной программы, изменения параметров системы, начальных условий и внешних воздействий; 9) возможность углубления межпредметных связей между математикой, физикой и информатикой [101].

Глава 5. ОВЛАДЕНИЕ ИНФОКИБЕРНЕТИЧЕСКИМ ПОДХОДОМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

Формирование инф.-киб. картины мира у студентов педвуза требует развития кибернетического мышления, то есть умения применять инфокибернетический подход при объяснении функционирования сложных систем, выделяя основные блоки и цепи управления, используя понятия, принципы и законы информатики и кибернетики. Необходимо определить содержание обучения и разработать систему соответствующих учебных заданий [5]. В настоящей главе рассматриваются вопросы технической кибернетики, которая изучает различные аспекты автоматического регулирования и функционирования технических систем управления, а также информационные процессы, проблемы искусственного интеллекта и т. д. Обсуждаемая методика предусматривает комплексное решение следующих задач: 1) теоретическое изучение основных понятий и принципов информатики и кибернетики; 2) обсуждение принципа действия конкретных информационных и кибернетических систем; 3) экспериментальное изучение автоматизированных систем управления; 4) компьютерное моделирование функционирования инфокибернетических систем; 5) выполнение заданий на «изобретение» САУ с заданными свойствами. Ее содержательный аспект определен в результате анализа работ следующих ученых-методистов: О. А. Акулов и Н. В. Медведев [1], П. К. Анохин [3], И. И. Гармаш [18], А. К. Гуц [24], Н. П. Деменков [28], Н. И. Иопа [39], В. П. Мельников и А. Г. Схиртладзе [105], А. В. Могилев, Н. И. Пак и Е. К. Хеннер [110], Д. А. Новиков [187], Л. В. Розанова [127], Б. В. Соболь, А. Б. Галин, Ю. В. Панов, Е. В. Рашидова и Н. Н. Садовой [134], Г. С. Теслер [139], Е. В. Шевченко, Л. К. Воронова и В. Г. Нечаева [154].

1. Формирование понятия кибернетической системы

Будем использовать принцип генерализации знаний, согласно которому изучение основных элементов учебного материала должно группироваться вокруг фундаментальных понятий, идей, законов и теорий информатики и кибернетики. Центральным является понятие кибернетической системы, которое обозначает систему управления, включающую в себя блок управления, исполнительный орган, объект управления, прямые и обратные каналы связи.

Важной особенностью кибернетических систем является наличие в них цепей управления. Управлением называется процесс целенаправленного воздействия на объект управления, улучшающий его функционирование или развитие и приводящий к преобразованию информации, энергии или материи [24, 187]. Перед изучением принципов кибернетики имеет смысл рассмотреть функционирование какой-нибудь несложной системы управления.

Классическим примером кибернетической системы является центробежный регулятор скорости вращения Уатта (рис. 5.1) [18]. Он состоит из паровой машины (объект управления ОУ), вал которой вызывает вращение центробежного механизма, соединенного рычагом с клапаном (регулирующий орган РО). Когда механическая нагрузка на валу уменьшается, скорость вращения вала увеличивается и шары центробежного механизма поднимаются. Клапан частично закрывается и уменьшает подачу пара в турбину. Тем самым реализуется отрицательная обратная связь, стабилизирующая частоту вращения вала. При увеличении механической нагрузки на валу скорость его вращения уменьшается, шары центробежного механизма опускаются и клапан приоткрывается сильнее. Это приводит к увеличению скорости вращения вала.

Обычно кибернетическая система включает в себя управляющую систему (управляющий орган УО, исполнительный орган ИО) и объект управления ОУ. Различают разомкнутые и замкнутые системы автоматического управления (САУ), работающие без участия человека, и автоматизированные системы управления (АСУ), требующие участия эксперта [28, 105].

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

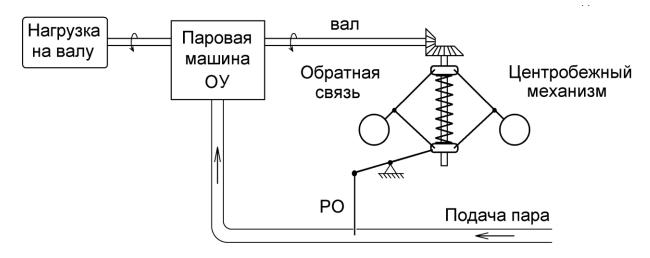


Рис. 5.1. Центробежный регулятор скорости вращения Уатта

3. В разомкнутой системе управления (рис. 5.2.1), исходя из входной управляющей информации УИ, управляющий орган УО посылает сигналы исполнительному органу ИО, который оказывает воздействие на объект управления ОУ. В этом состоит принцип разомкнутого управления. Например, компьютер, исполняя программу, вызывает свечение и гашение нескольких светодиодов в заданной последовательности. Недостаток разомкнутой САУ состоит в отсутствии гибкости, система не может самонастраиваться. Это обусловлено тем, что управляющий орган не получает информации о состоянии объекта управления [24, 160]. Замкнутые САУ имеют такую обратную связь (показана пунктиром), которая состоит из датчика Д и устройства обработки сигнала УОС. На объект управления ОУ влияют внешние воздействия ВВ, изменяющие его состояние. Объект управления ОУ воздействует на датчик, который посылает сигнал через УОС на управляющий орган УО, а тот вырабатывает соответствующие управляющие сигналы. Так реализуется принцип обратной связи [127, 187]. Примерами являются регулятор скорости вращения Уатта, регулятор освещенности, терморегулятор и т. д.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

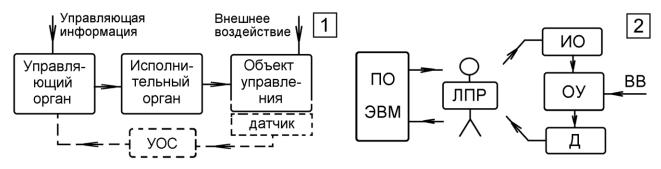


Рис. 5.2. Системы управления (САУ и АСУ)

- **4. Автоматизированная система управления** (АСУ) человекомашинная система, включающая технические, программные средства и эксперта (лицо, принимающее решение, ЛПР), обеспечивающего управление социальным или технологическим процессом (рис. 5.2.2). Эксперт (ЛПР), основываясь на сигналах от датчика Д о состоянии объекта управления ОУ и информации, идущей от ЭВМ, принимает решение и управляет исполнительным органом ИО, который воздействует на объект управления ОУ. Изменения состояния объекта контролируются датчиком Д [28].
- Задание. Для идентификации процессов управления следует убедиться в наличии у анализируемой системы основных признаков кибернетических систем. Перечислите эти признаки. Ответ: Система управления, как правило, содержит: 1) блок управления, задающий цель функционирования системы; 2) исполнительный орган и объект управления; 3) прямой канал связи, по которому управляющие сигналы передаются от блока управления
 к исполнительному органу; 4) обратные связи, по которым блок управления
 получает информацию о состоянии объекта управления.

2. Изучение дискретных регуляторов

Автоматические регуляторы (AP) делятся на регуляторы прерывистого (дискретного) и непрерывного действия [28, 105]. У регуляторов прерывистого действия регулирующий орган может занимать ограниченное число определенных положений, они резко переключаются из одного состояния в другое и под-

разделяются на импульсные и релейные. Наиболее часто используются двухили трехпозиционные регуляторы. Двухпозиционные регуляторы могут находиться в двух состояниях, соответствующих либо полностью открытому (замкнутому), либо полностью закрытому (разомкнутому) регулирующему органу. Трехпозиционный регулятор, кроме двух крайних, имеет одно среднее положение; это приводит к тому, что управляемая величина изменяется более плавно, а число переключений регулирующего органа в единицу времени оказывается меньше.

1. В качестве примера двухпозиционного регулятора рассмотрим AP уровня жидкости в резервуаре. Он состоит из трубы 1 с краном K, двигателя M, поплавка П на пружине и системы контактов (рис. 5.3.1). По трубе 1 жидкость подается в резервуар, а по трубе 2 она расходуется потребителем. Чувствительный элемент регулятора (поплавок) измеряет уровень в баке. Если уровень воды в сосуде ниже требуемой величины, то средний подвижный контакт замыкается с контактом b, и ток течет по нижней секции обмотки двигателя. Двигатель включается и открывает кран. По мере наполнения сосуда поплавок всплывает, и цепь размыкается, сосуд продолжает наполняться. Когда уровень воды превышает требуемое значение, то средний контакт замыкается с контактом a, двигатель закрывает кран. Заданные значения верхнего и нижнего уровней определяются положением передвижных контактов a и b, устанавливаемых вручную.

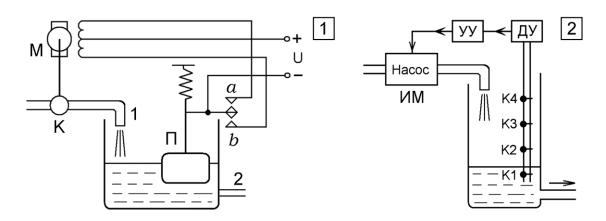


Рис. 5.3. Устройство регуляторов уровня воды прерывистого действия

2. Другим примером регулятора прерывистого действия является четырехпозиционный регулятор уровня жидкости (рис. 5.3.2). Регулятор содержит четыре контакта K1-K4, соединенных с датчиком уровня ДУ, устройство управления (УУ) и исполнительный механизм (насос). При повышении уровня воды контакты последовательно замыкаются, и на выходе датчика уровня ДУ появляется напряжение, величина которого зависит от количества замкнутых контактов. Регулятор УУ в зависимости от напряжения с ДУ изменяет мощность работы насоса. В качестве регулятора может быть использовано электронное устройство, сравнивающее сигнал с ДУ с опорным напряжением U_0 .

3. Изучение непрерывных регуляторов

В регуляторах непрерывного действия используются аналоговые сигналы, то есть плавно изменяющиеся напряжения, принимающие всевозможные значения в заданном интервале. К ним относятся пропорциональные регуляторы (П-регуляторы); у них отклонение регулируемой величины $x_1(t)$ от заданного значения $x_0(t)$ вызывает появление напряжения на исполнительном механизме ΔU , которое пропорционально разности $\Delta x = x_1(t) - x_0(t)$ [105]. У таких регуляторов скорость изменения напряжения на исполнительном механизме ΔU пропорциональна скорости изменения регулируемой величины.

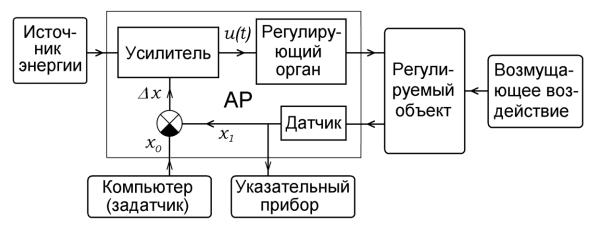


Рис. 5.4. Структурная схема кибернетического устройства [3]

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Рассмотрим структурную схему кибернетического устройства (рис. 5.4), представленную П. К. Анохиным в [3]. Проанализируем ее на примере работы электродвигателя, скорость вращения вала которого должна изменяться в соответствии с программой, заложенной в программном устройстве (задатчике). Регулируемым объектом является вал, который приводит в движение несколько станков. Из-за тормозящего момента, включения и выключения станков, изменяется механическая мощность, потребляемая станками, то есть на вал оказывается возмущающее воздействие.

Для определения скорости вращения двигателя можно использовать индукционный датчик, состоящий из неподвижной обмотки и постоянного магнита, закрепленного на валу. При вращении двигателя в обмотке датчика наводится ЭДС индукции, величина которой пропорциональна скорости вращения вала. Сигнал с датчика поступает на указательный прибор и на вход элемента сравнения ЭС (кружок с зачерненной четвертью). На другой вход ЭС подается сигнал от компьютера $x_0(t)$, который задает скорость вращения вала в данное время суток. Разность сигналов $\Delta x = x_1(t) - x_0(t)$ поступает в усилительнопреобразующее устройство, которое регулирует напряжение питания u(t), подаваемое на двигатель (регулирующий орган) [24, 127]. Допустим, механическая нагрузка на валу растет, в результате скорость вращения вала уменьшается. Это приводит к росту напряжения питания двигателя u(t), и скорость вращения вала возвращается к заданному значению $x_0(t)$.

Теперь обсудим структурную схему автоматической системы (рис. 5.5), состоящей из задающего устройства ЗУ, автоматического регулятора АР непрерывного действия (включает в себя усилительно-преобразовательное устройство УП и исполнительный механизм ИМ), регулирующего органа РО, объекта регулирования ОР, измерительного устройства ИУ и элемента сравнения ЭС [105]. На объект регулирования оказывается внешнее воздействие F(t). Когда выходной сигнал y(t) превышает сигнал с задатчика g(t), разность

 $\Delta y(t) = g(t) - y(t)$ оказывается меньше 0. Исполнительный механизм оказывает воздействие m(t) на регулирующий орган PO, который соответствующим образом изменяет состояние объекта регулирования OP.

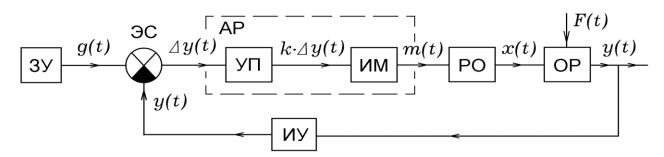


Рис. 5.5. Структурная схема автоматической системы регулирования

Примером такой системы является САУ, поддерживающая заданный температурный режим T(t) в электропечи для закаливания металла [18]. САУ состоит из задатчика — устройства, задающего тепловой режим T = T(t), элемента сравнения ЭС, усилителя мощности, двигателя М, вращение вала которого приводит к изменению сопротивления реостата, электропечи, содержащей спираль нагревателя, и термодатчика, подключенного к усилителю (рис. 5.6).

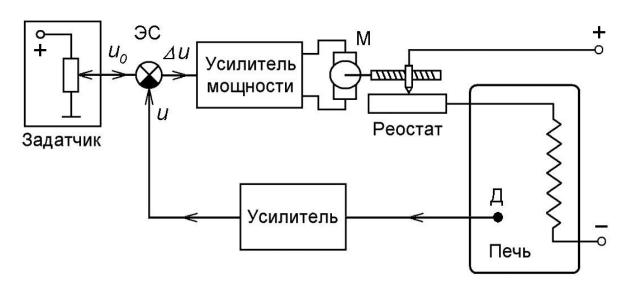


Рис. 5.6. САУ для поддержания заданного температурного режима в печи

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Задатчик температуры вырабатывает опорное напряжение u_0 , пропорциональное требуемой температуре в данный момент времени. Усиленное напряжение с термодатчика подается на ЭС. На его выходе возникает напряжение $\Delta u = u_0(t) - u(t)$, которое вызывает включение двигателя. Если печь нагрета недостаточно ($u_0 > u$, $\Delta u > 0$), то двигатель смещает подвижный контакт реостата вправо, тем самым увеличивая ток через нагреватель. Температура внутри электропечи повышается до тех пор, пока не достигнет значения, соответствующего опорному напряжению u_0 . Если температура в печи слишком высока, то $u_0 < u$, $\Delta u < 0$. Двигатель смещает подвижный контакт реостата влево, уменьшая ток через нагреватель. В качестве задатчика может использоваться потенциометр, ручку которого поворачивает оператор, задающий требуемое значение u_0 , или компьютер, исполняющий заложенную программу, с подключенным к нему цифроаналоговым преобразователем.

4. Методика изучения принципов кибернетики

После обсуждения работы регулятора Уатта и объяснения важнейших понятий кибернетики следует перейти к изучению основных кибернетических принципов [28, 105, 127, 187]. Рекомендуется использовать следующую методику: преподаватель формулирует принцип кибернетики, а затем задает вопрос: на примере какой системы можно обосновать (проиллюстрировать) справедливость этого принципа? Рассмотрим возможные варианты подобных вопросов и ответов.

1. В соответствии с принципом целенаправленности у любой системы управления есть цель. Приведите примеры кибернетических систем и укажите их цели или решаемые задачи. ● Ответ: Цель терморегулятора холодильника — поддерживать температуру холодильной камеры в заданном интервале температур. Цель регулятора скорости вращения — обеспечить вращение вала двигателя с заданной скоростью. Цель автопилота — стабилизировать движение самолета по заданному курсу, который определяется задатчиком.

- 2. Согласно принципу эмерджентности при создании системы из отдельных элементов в ней возникают специфические (системные) свойства, не присущие ни одному из элементов. Свойства системы не сводятся к сумме свойств ее элементов; чем больше система, тем в большей степени ее свойства могут отличаться от свойств составляющих ее элементов. Приведите примеры, подтверждающие этот принцип. Ответ: Свойства радиоприемника, телевизора, калькулятора, компьютера, сотового телефона не могут быть получены в результате суммирования свойств составляющих их микросхем, транзисторов и других радиодеталей. Свойства сложной системы зависят не только от свойств элементов, но и от ее структуры, то есть связей между элементами и их взаимодействия. Функционирование усилителя на одном транзисторе обусловлено усилительными свойствами транзистора и может быть сведено к ним; работа процессора, состоящего из миллиона транзисторов, сильно отличается от функционирования одного транзистора.
- 3. Как гласит принцип необходимого разнообразия, управляющая подсистема должна иметь большее или такое же разнообразие, что и управляемая подсистема. Почему разнообразие регулятора должно соответствовать разнообразие объекта управления? Ответ: В результате управления разнообразие состояний объекта управления уменьшается. Чтобы процессор управлял компьютером, число его внутренних состояний, объем микропроцессорной памяти, разнообразие машинных команд должны соответствовать количеству состояний и разнообразию сигналов, посылаемых процессором в остальные блоки компьютера. Процессор калькулятора имеет мало внутренних состояний и не может управлять компьютером. Если система управления различает меньше состояний, чем может принимать объект управления, то она уменьшает его разнообразие до своего уровня. Чем больше сложность объекта управления, тем должна быть выше сложность управляющей подсистемы.
- **4.** Согласно принципу обратной связи для успешного управления объектом сигнал с датчика, контролирующего состояние объекта, должен поступать на вход регулирующего устройства и учитываться им. Для чего это нуж-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

но? ● Ответ: Рассмотрим работу регулятора освещенности: сигнал с фотодатчика поступает на вход устройства, управляющего яркостью свечения
ламп. При уменьшении общей освещенности на выходе регулирующего устройства увеличивается напряжение, и лампы начинают светить ярче. Благодаря
датчику и цепи обратной связи регулирующее устройство получает информацию о состоянии объекта. Управление свечением ламп без цепи обратной связи
(например, по часам) было бы неэффективным, так как не позволило бы
учесть снижение освещенности в зимнее время и при пасмурной погоде. Часто
управление без обратной связи ведет к неправильному функционированию системы и ее разрушению (катастрофе).

5. Из принципа внешнего дополнения следует, что при управлении сложной системой необходимы корректировки решений, полученных из теоретической модели; эти корректирующие сигналы можно рассматривать как влияние некоего «черного ящика» (дополнительного источника энергии), встроенного между системой управления и управляемым объектом. Объясните, почему любая система управления нуждается в таком «черном ящике», то есть определенных резервах, с помощью которых компенсируются неучтенные воздействия внешней и внутренней среды. • Ответ: При внешних воздействиях на кибернетическую систему внутри нее возникают процессы, направленные на их компенсацию (закон реакции Ле Шателье-Брауна), а для этого требуется источник энергии. При повышении температуры в комнате холодильник начинает чаще включать свой двигатель, потребляя энергию из сети, и за счет этого охлаждать холодильную камеру. В данном случае источником резервов, компенсирующим внешние воздействия, является электроосветительная сеть. Перед проведением экономических реформ правитель создает резервный фонд, чтобы при необходимости компенсировать негативные последствия преобразований экономики. Перед наступлением военачальник создает резерв (отряд), который можно будет направить на проблемный участок фронта.

- 6. В соответствии с принципом адаптации, для устойчивого существования системы средний темп ее адаптации не должен быть меньше средней скорости изменения окружающей среды [122]. Как обосновать это утверждение? Ответ: Если цифровая видеокамера будет наводиться на резкость медленнее, чем приближается объект съемки, то не удастся получить качественную видеозапись. Если волк будет реагировать на зайца с большим запаздыванием, то он не сможет его поймать и умрет от голода. Если главнокомандующий будет слишком долго обдумывать сложившуюся ситуацию, то он не сможет вовремя прореагировать на действия противника.
- 7. Согласно принципу оптимальности следует стремиться к тому, что-бы система управления была максимально эффективной, то есть быстро и экономно достигала цели и имела бы простое устройство при заданных ограничениях. Почему управление должно быть «наилучшим» с точки зрения достижения цели при имеющихся ограничениях? Ответ: Конструктор, создавая новую техническую систему, стремится сделать так, чтобы она максимально быстро и экономно решала поставленную задачу и имела бы простую конструкцию. При этом на нее накладываются ограничения по размерам, стоимости, применяемым материалам (элементной базе) и т. д.
- 8. Из принципа декомпозиции и иерархии управления вытекает: сложное инфокибернетическое устройство представимо в виде системы, которая управляет несколькими подсистемами, расположенными на различных уровнях иерархии; это позволяет рассматривать общее решение задачи как ряд последовательных операций. Приведите примеры проявления этого принципа в технике. Ответ: Рассмотрим систему цифрового телевещания. Усиленный сигнал с цифровой видеокамеры смешивается с несущими колебаниями (модуляция) и поступает в ретранслятор 1, который посылает его к спутникам связи. Каждый спутник отправляет усиленный сигнал на соответствующую территорию; эти сигналы улавливаются ретрансляторами 2 и передаются по кабелю в телевизионные приемники. В этой системе можно выделить несколько уровней иерархии: 1-й уровень ретранслятор 1; 2-й уровень спутники;

3-й уровень — ретрансляторы 2; 4-й уровень — телевизионные приемники. На каждом из этих уровней осуществляется соответствующая обработка и передача сигнала.

9. Как следует из принципа гомеостаза, некоторые замкнутые системы способны поддерживать постоянство своего внутреннего состояния (значения некоторых величин) с помощью скоординированных реакций, направленных на сохранение динамического равновесия. Приведите примеры технических систем, поддерживающих гомеостаз. ● Ответ: Машина Уатта поддерживает постоянство скорости вращения вала; видеокамера автоматически наводится на резкость и в зависимости от освещенности изменяет чувствительность ПЗС-матрицы, на которую проецируется изображение; компьютер отслеживает температуру процессора и при необходимости включает систему охлаждения и т. д.

5. Виды систем автоматического управления

На занятиях, посвященных изучению основ кибернетики, преподаватель может рассмотреть общепринятую классификацию систем автоматического управления [28, 105]:

1. Разомкнутые системы управления по возмущению. Управляющее устройство учитывает сигнал x(t) от задатчика, сигнал от измерителя возмущающих воздействий f(t) и в результате вырабатывает регулирующее воздействие r(t) = F(x(t), f(t)) (рис. 5.7.1). Оно влияет на объект управления ОУ, изменяя величину y(t), характеризующую его состояние (регулируемый параметр). Так управляющее устройство (регулятор) учитывает внешнее возмущающее воздействие f(t), оказываемое на ОУ. При этом реализуется принцип компенсации. Примеры: регулятор освещенности рабочего места, у которого яркость свечения ламп зависит от времени суток (управляется сигналом x(t) от задатчика) и общей освещенности помещения от окон f(t) (в пасмурную погоду f(t) мало, в солнечную — достаточно велико).

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

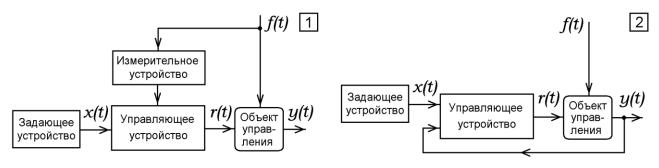


Рис. 5.7. Структурные схемы систем управления

- **2.** Замкнутые системы управления по отклонению. Система содержит цепь обратной связи ОС (рис. 5.7.2), и информация о состоянии объекта управления ОУ подается на вход управляющего устройства, которое сравнивает сигнал с датчика y(t) с управляющим воздействием x(t) и выдает регулирующее воздействие r(t) = F(x(t), y(t)). Например, автопилот, регулятор скорости вращения с задатчиком, терморегулятор холодильника.
- **3.** Системы с комбинированным управлением, сочетающие в себе управление по отклонению и возмущению (рис. 5.8.1). В управляющее устройство поступают: 1) сигнал от задатчика x(t); 2) внешнее возмущающее воздействие f(t); 3) сигнал с датчика y(t), отслеживающего состояние ОУ. Управляющее устройство вырабатывает воздействие r(t) = F(x(t), y(t), f(t)).

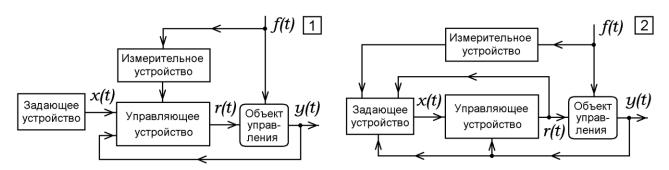


Рис. 5.8. Виды систем автоматического управления

4. Адаптивные системы, способные приспосабливаться к изменению окружающей среды (рис. 5.8.2). На задающее устройство ЗУ влияют внешнее воздействие f(t), регулирующее воздействие r(t) и сигнал с датчика y(t), характеризующий состояние объекта управления ОУ. На управляющее устройство влияют управляющий сигнал с задатчика x(t) и сигнал с датчика y(t); при этом вырабатывается регулирующее воздействие r(t) = F(x(t), y(t)). Например, фотокамера, которая автоматически наводится на резкость, адаптируясь к изменениям освещенности и расстояния до фотографируемого объекта.

В зависимости от назначения различают следующие САУ [24]: 1) системы стабилизации, поддерживающие постоянное значение регулируемой величины, задаваемое задающим устройством (терморегулятор); 2) системы программного управления, предназначенные для изменения значения регулируемой величины по заранее заданной программе управления (станок с числовым программным управлением); 3) следящие системы, у которых управляемая величина (исполнительный орган) воспроизводит произвольно изменяющееся задающее воздействие. К следящим системам относятся: 1) самописец, перо которого в точности повторяет кривую входного напряжения; 2) радиолокационная станция, занимающаяся сопровождением цели с заранее неизвестным законом движения; 3) системы воспроизведения угла поворота, которые поворачивают исполнительную ось на угол поворота командной оси; 4) гироскопические системы, используемые для стабилизации пространственного положения самолета или ракеты; 5) кибершлем, при повороте которого вырабатываются сигналы, отражающие изменения его пространственного положения и вызывающие соответствующие повороты управляемого объекта на экране монитора.

6. Учебные задания на развитие кибернетического мышления

Кибернетическое мышление предполагает умение объяснять работу систем управления, владеть терминологией, понимать важнейшие кибернетические идеи и принципы. Для формирования этих качеств студентам рекомендуется выполнить следующие задания (самостоятельно или с преподавателем).

• Задание 1. С помощью рис. 5.9 объясните устройство и функционирование системы управления. Проанализируйте пример конкретного технического устройства. • Ответ: Любая кибернетическая система состоит из управляющей подсистемы, управляемой подсистемы, которые связаны прямой (ПС) и обратной (ОС) связями. На нее оказывается внешнее воздействие ВВ со стороны среды (то есть объектов, не входящих в состав системы); в результате функционирования система сама воздействует на среду. Например, система автоматического включения освещения улиц. Вечером освещенность датчика уменьшается (воздействие среды), это вызывает срабатывание фотореле (управляющая подсистема), которое замыкает цепь; лампы освещения (управляемый объект) загораются. При этом увеличивается освещенность улиц, растет мощность, потребляемая от генератора, нагреваются провода и т. д. (воздействие системы на окружающую среду).

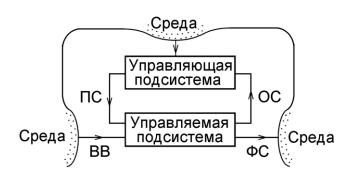


Рис. 5.9. Обобщенная структура кибернетической системы

● Задание 2. Объясните, для чего нужен датчик и цепь обратной связи в системах автоматического регулирования? ● Ответ: Для эффективного управления объектом необходима информация о его текущем состоянии y(t), которая поступает от датчика по цепи обратной связи, а затем сравнивается с заданной величиной x(t). При наличии рассогласования x-y между заданным значением x(t) и реальным y(t) этот сигнал подается в автоматический регулятор, который воздействует на регулирующий орган таким образом, чтобы объект изменил свое состояние, и различие x-y уменьшилось до нуля.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

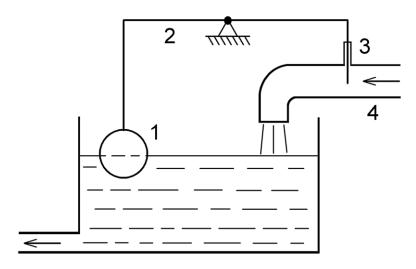


Рис. 5.10. Автоматический регулятор уровня воды в резервуаре

- Задание 3. Предложите устройство, поддерживающее постоянный уровень воды в резервуаре, из которого периодически вытекает вода. Устройство состоит из поплавка, рычага и клапана. Ответ: Такое устройство должно содержать поплавок 1, рычаг 2 и заслонку 3, перекрывающую трубу 4, по которой поступает вода (рис. 5.10). При понижении уровня поплавок опускается вниз и поднимает заслонку (регулирующий элемент). Когда уровень воды повышается, заслонка закрывается. В данном случае чувствительным элементом является поплавок, а исполнительным механизмом − рычаг с заслонкой.
- Задание 4. На рис. 5.11.1 изображена схема логического элемента 2И [38]. Объясните, как она работает. Ответ: При подаче на входы x_1 и x_2 лог. 1 (напряжения высокого уровня) реле срабатывают и замыкают обе пары контактов K_1 и K_2 ; на выходе y появляется лог. 1, через резистор R течет ток. Когда хотя бы на одном из входов x_1 или x_2 лог. 0, соответствующая пара контактов разомкнута, на выходе y лог. 0 (он соединен через R с общим проводом).

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

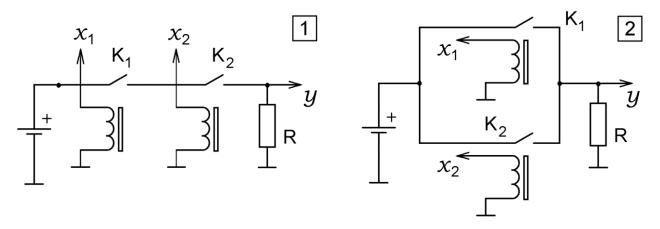


Рис. 5.11. Элементы 2И и 2ИЛИ, собранные на базе реле

• Задание 5. Как, используя два электромагнитных реле, создать логический элемент 2И? • Ответ: Рассмотрим схему, изображенную на рис. 5.11.2 [38]. Нормально разомкнутые пары контактов K_1 и K_2 реле соединены параллельно. При подаче на входы x_1 и x_2 (обмотки реле) напряжения высокого уровня (то есть лог. 1) соответствующие контакты замыкаются. На выходе y устанавливается лог. 1, когда хотя бы на одном из входов лог. 1. На выходе y лог. 0, когда на обоих входах x_1 и x_2 лог. 0.

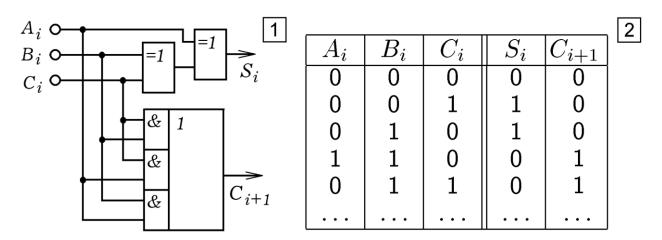


Рис. 5.12. Одноразрядный сумматор и его таблица истинности

• Задание 6. На рис. 5.12.1 изображена схема одноразрядного сумматора. Объясните ее работу, заполните таблицу истинности. • Ответ: Параллельные сумматоры n-разрядных чисел состоят из n одноразрядных сумматоров, которые соединены цепями переноса из младшего разряда в старший, и позволяют складывать два двоичных числа $A_7A_6...A_0$ и $B_7B_6...B_0$. На входы сумматора поступают две двоичные цифры A_i и B_i , а также цифра переноса C_i из младшего разряда. На выходе — сумма S_i и цифра переноса C_{i+1} в старший разряд. Схема содержит 2 элемента «исключающее ИЛИ» и сложный элемент, описывающийся логической функцией $y = x_1x_2 + x_3x_4 + x_5x_6$. Таблица истинности представлена на рис. 5.12.2; схеме соответствуют логические функции: $S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_i$, $C_{i+1} = A_iB_i + A_iC_i + B_iC_i$.

• Задание 7. Как работает автофокус, осуществляющий автоматическую фокусировку цифровых фото- и видеокамеры? • Ответ: Это адаптивная система, состоящая из датчика, управляющей системы (микропроцессора МП) и привода М, который перемещает объектив или его отдельные линзы Л (рис. 5.13). Объектив создает изображение И на матрице светочувствительных элементов (ПЗС-матрице), которое сначала получается нерезким. Микропроцессор МП камеры сравнивает контраст мелких деталей и вырабатывает управляющие сигналы, поступающие на привод, который смещает объектив в положение наивысшего контраста. При этом иногда происходят затухающие колебания объектива.

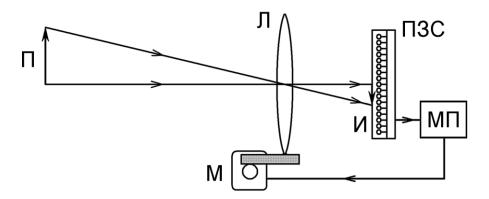


Рис. 5.13. Система автоматической фокусировки фото- и видеокамеры

• Задание 8. Предложите систему стабилизации полета ракеты, состоящую из гироскопа с датчиками поворота, акселерометра, электронного устройства управления и исполнительных устройств, поворачивающих руль и изменяющих подачу топлива в двигатель. • Ответ: Для определения ориентации ракеты используется гироскопический датчик (рис. 5.14). Ось вращения гироскопа ав сохраняет свою ориентацию в пространстве. При отклонении ракеты от заданного курса ось вращающегося гироскопа поворачивается относительно корпуса ракеты. Подвижные контакты а и b смещаются по обмотке датчика поворота, выполненного в виде круга, изменяющееся напряжение между точками а и в подается на устройство управления УУ. В зависимости от его полярности и величины УУ формирует сигнал, поступающий на исполнительный механизм, который поворачивает руль так, чтобы ракета вернулась на курс. Также имеется акселерометр, состоящий из тела на пружине, которое находится внутри направляющей трубы и связано с потенциометрическим датчиком. При увеличении ускорения тело под действием силы инерции смещается в сторону, противоположную движению, потенциал подвижного контакта уменьшается. Этот сигнал тоже поступает в УУ, которое уменьшает подачу топлива в двигатели Д1 и Д2 так, чтобы ускорение не превышало заданное значение.

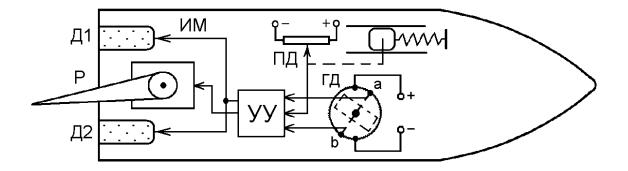


Рис. 5.14. САУ, стабилизирующая полет ракеты

7. Изучение сложных систем управления

Желательно, чтобы изучение основ кибернетики сопровождалось обсуждением функционирования достаточно сложных САУ, например систем с числовым программным управлением (ЧПУ), адаптивных систем и т. д. [28, 105, 186].

Рассмотрим устройство токарного станка с ЧПУ (рис. 5.15). Он состоит: 1) из компьютера (устройства ЧПУ) с управляющей программой УП; 2) двигателя главного движения, вращающего шпиндель с зажатой в ней деталью; 3) резца, способного перемещаться в продольном (параллельно оси вращения) и поперечном (перпендикулярно оси вращения) направлениях; 4) шаговых двигателей М1 и М2, вызывающих вращение ходовых винтов и соответствующие движения резца; 5) датчиков Д1 и Д2, которые контролируют эти перемещения по осям Ох и Оу, а затем посылают сигналы в компьютер.

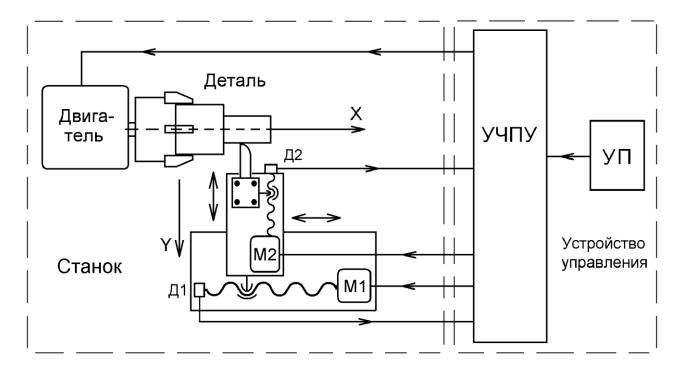


Рис. 5.15. Токарный станок с числовым программным управлением

В управляющей программе закодированы: 1) последовательность элементарных перемещений резца; 2) технологические команды на выключение или включение вращения шпинделя с заданной частотой и в заданном направлении;

3) смена режущего инструмента и его установка в исходное положение. Задается начальная координата резца и скорость его подачи. В результате резец вытачивает из болванки деталь требуемого профиля. В станках с ЧПУ информация передается: 1) от программы управления к двигателям, вызывающим движение резца; 2) от датчиков Д1 и Д2, контролирующих положение и состояние исполнительных механизмов по цепи обратной связи к УЧПУ. Эти сигналы корректируют процесс управления, уменьшая расхождение между заданным и реальным движением режущего инструмента.

Еще одним примером сложной кибернетической системы являются адаптивные системы, способные приспосабливаться к изменению окружающей среды [105]. Вообще, адаптивными называются САУ, которые могут изменять параметры или структуру регулятора в зависимости от изменения параметров объекта управления или действующих на него внешних возмущений. Они делятся на самонастраивающиеся (изменяются параметры регулятора) и самоорганизующиеся (изменяется структура регулятора). Необходимость в адаптации появляется в случае, когда динамические характеристики объекта во время функционирования САУ изменяются в широком диапазоне [122].

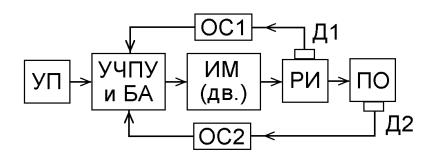


Рис. 5.16. Структурная схема адаптивной САУ (станок с ЧПУ)

При адаптивном управлении станком с ЧПУ процесс обработки заготовки «приспосабливается» к изменяющимся условиям (деформация станка, изменение твердости материала и т. д.). Управляющая программа УП (задатчик) подает сигналы в установку с ЧПУ и блоком адаптации БА (рис. 5.16), которые с

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

помощью исполнительного механизма (двигателей с ходовыми винтами) смещает режущий инструмент РИ. Этот процесс контролируется датчиком Д1, посылающим сигнал по цепи обратной связи ОС1 в УЧПУ. Процесс обработки ПО детали контролируется датчиком Д2, посылающим сигнал по цепи обратной связи ОС2, и продолжается до тех пор, пока не будут выдержаны требуемая форма и размеры детали.

Еще одним примером сложной системы управления является система обучения нейросети или вероятностного автомата (ВА) [28, 187]. Она состоит из эталонного автомата A_{\Im} , обучающего устройства и рецепторного поля (матрицы фотодиодов), на которое проецируется изображение объекта. Цель состоит в том, чтобы научить ВА или нейросеть распознавать предъявляемые объекты. Обучающее устройство сравнивает реакции эталонного автомата и обучаемого устройства и изменяет его внутреннее состояние (то есть вероятности переходов ВА или весовые коэффициенты нейросети) таким образом, чтобы его реакции как можно чаще совпадали с реакциями A_{\Im} .

8. Решение «изобретательских» задач

Эффективным методом развития кибернетического мышления является решение «изобретательских» задач студентами, в ходе которых студенты предлагают новое техническое устройство, рисуют его функциональную схему и объясняют принцип действия. Чтобы облегчить выполнение подобных заданий, следует указать некоторые блоки, входящие в состав «изобретаемого» устройства. Рассмотрим примеры:

- 1. Как должен быть устроен чайник, который автоматически выключается, когда вода закипит? Датчиком температуры является биметаллическая пластина, которая изгибается при нагревании.
- 2. Предложите конструкцию автоматического устройства с фотодатчиком и реле, которое вечером включает фонари в городе, а утром их выключает.
- 3. Предложите устройство, состоящее из термодатчика, усилителя и реле, поддерживающее температуру в заданном интервале.

- 4. «Изобретите» систему пожаротушения, срабатывающую при задымлении помещения, нарисуйте схему. Датчик дыма представляет собой оптопару (расположенные напротив друг друга светодиод и фотодиод). При задымлении должен включаться насос, нагнетающий воду и гасящий очаг возгорания.
- 5. Предложите систему сигнализации, основанную на использовании инфракрасных лучей, которая охраняет периметр участка земли. При пересечении луча должен включаться звуковой сигнал.
- 6. Нарисуйте блок-схему робота-батискафа, на борту которого установлена видеокамера, два двигателя с винтами, и насос, закачивающий и выкачивающий воду из резервуара (для погружения и всплытия). Оператор на судне, анализируя изображение на мониторе, управляет движением батискафа.
- 7. Предложите систему управления работой турбины гидроэлектростанции, на которую оказывают действие следующие возмущения: 1) изменяется уровень воды перед плотиной и, как следствие, скорость потока воды, падающей на лопатки турбины; 2) изменяется тормозящий момент, действующий со стороны генератора из-за изменений электрической нагрузки. Датчик скорости вращения турбины состоит из оптодатчика, световой поток которого пересекается диском с отверстиями, вращающимся с валом турбины. Чтобы частота переменного тока, вырабатываемого генератором, не изменялась, турбина должна вращаться с постоянной скоростью. Электронное устройство, воспринимая сигналы с датчика, должно управлять работой исполнительного механизма, который то сильнее, то слабее открывает заслонку и изменяет поток воды, падающий на лопатки турбины.

Глава 5 Оглавление Глава 7

Глава 6. РАЗВИТИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АВТОМАТИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

Большое значение для развития кибернетического мышления имеет экспериментальное изучение кибернетических систем, позволяющее сформировать у обучаемых наглядный образ датчиков, исполнительных механизмов и других блоков, а также научиться объяснять их принцип действия. В этой главе обсуждаются некоторые простые учебные эксперименты, помогающие изучить функционирование кибернетических систем. Они способствуют усвоению таких понятий, как «кибернетика», «обратная связь», «разомкнутая и замкнутая системы управления», «гомеостаз», «робот», «датчик», «исполнительный орган» и т. д. Эти опыты могут быть выполнены на лабораторных занятиях или в рамках курсовых и дипломных проектов. Кроме того, рассмотрены некоторые аспекты формирования у студентов представлений о робототехнике, устройство и принцип действия роботов, их основные виды и программирование.

1. Опыты с электромагнитным реле и транзистором

Простейшей системой управления является электрическая цепь, состоящая из источника постоянного напряжения на 2–5 В, кнопки, реле РПУ-1, к нормально разомкнутым контактам которого подключена мощная лампа (или электродвигатель) и источник переменного напряжения на 150–200 В. При нажатии на кнопку реле замыкает контакты силовой цепи, вызывая загорание

лампы. Если вместо кнопки использовать геркон, то лампочка будет загораться при поднесении к нему магнита. Важно, что включением мощной силовой нагрузки (двигатель, лампа на 220 В) управляет слабый сигнал в 2–5 В.

Немного усложнив схему, можно создать ячейку памяти для хранения 1 бита информации (рис. 6.1.1). При включении через обмотку реле ток не течет, контакты реле К1 и К2 разомкнуты. После нажатия на кнопку SB1 через обмотку начинает течь ток, контакты К1 и К2 замыкаются, лампа EL1 загорается (запоминание лог. 1). Замкнутые контакты К1 шунтируют кнопку SB1, поэтому после ее отпускания через обмотку реле по-прежнему течет ток (хранение лог. 1). Если нажать на кнопку SB2, то реле отключится, лампа погаснет; в ячейке памяти хранится лог. 0.

С помощью двух реле РЭС-9 можно создать логический элемент 2ИЛИ, реализующий логическое сложение; его схема представлена на рис. 6.1.2 [38]. Когда $x_1 = 0$ и $x_2 = 0$, обе пары контактов K_1 и K_2 разомкнуты, на выходе y = 0. Если хотя бы на один вход x_1 или x_2 подать напряжение (лог. 1), то на выходе тоже появится напряжение высокого уровня (y = 1). Можно предложить студентам самостоятельно создать элемент 2И. Для этого нормально разомкнутые контакты обоих реле следует соединить последовательно (рис. 5.11.1).

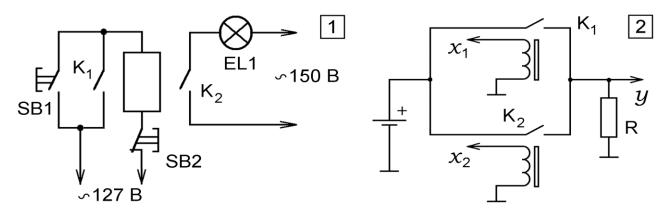


Рис. 6.1. Ячейка памяти на базе реле. Схема логического элемента 2ИЛИ

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

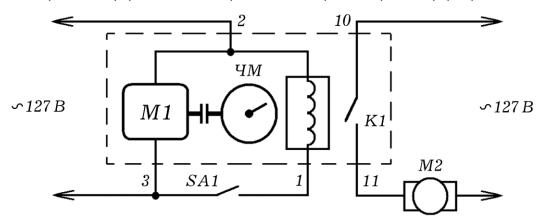


Рис. 6.2. Схема с реле времени, которое включает двигатель

Для изучения работы реле времени РВ4-2УХЛ4 собирают схему, изображенную на рис. 6.2. При ее включении двигатель реле М1 начинает работать, но его вал отсоединен от редуктора со стрелкой (часового механизма ЧМ). С помощью ручки устанавливают время задержки 3–5 с. При замыкании ключа SA1 по обмотке реле начинает течь ток, вал двигателя М1 соединяется с валом редуктора и вызывает медленное движение стрелки, которая приближается к нулевому делению, а затем отклоняет рычажок. Это приводит к замыканию нормально разомкнутых контактов К1; нагрузка силовой цепи (двигатель М2 или лампочка) подключаются к источнику напряжения.

С целью изучения работы фотодатчика собирают схему, изображенную на рис. 6.3. Это можно сделать, используя детский электронный конструктор «Знаток». Применяется транзистор типа n-p-n, который открывается, когда на базе положительный потенциал относительно эмиттера. При освещении фоторезистора R1 потенциал базы транзистора повышается, транзистор открывается (сопротивление коллектор-эмиттер падает). Через амперметр течет ток, стрелка отклоняется. Переменный резистор нужен, чтобы подобрать правильное напряжение смещения на базе транзистора так, чтобы он открывался при незначительном уменьшении сопротивления фоторезистора R1.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

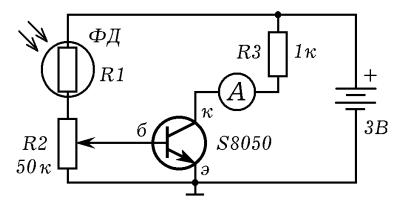


Рис. 6.3. Принципиальная схема фотодатчика

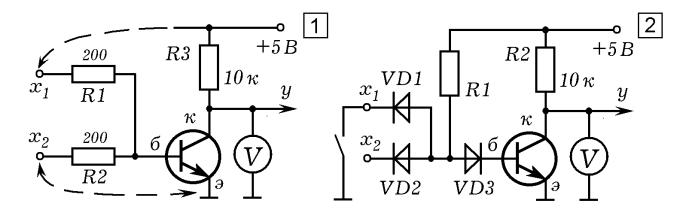


Рис. 6.4. Принципиальная схема логических элементов ИЛИ-НЕ и И-НЕ

Для более ясного понимания принципа действия логических элементов на монтажной плате паяют схему элемента ИЛИ—НЕ (рис. 6.4.1). При подаче на оба входа лог. 0 (для этого их соединяют с общим проводом), транзистор закрыт, на выходе y лог. 1. Если хотя бы на одном входе лог. 1 (соединяют с +5 В), то транзистор открывается, на выходе y лог. 0 (y = 0). Также можно экспериментально изучить работу логического элемента И—НЕ (рис. 6.4.2). Когда на обоих входах лог. 1, на базе транзистора высокий потенциал, транзистор открыт и пропускает ток через эмиттер—коллектор, на выходе лог. 0. Если вход x_1 соединить с общим (x_1 = 0), то потечет ток от положительного полюса через R1 и VD1 на общий, потенциал базы понизится, транзистор закроется, на выходе y лог. 1. Студенты на основе опытов заполняют таблицы истинности.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

После выполнения экспериментов студентам могут быть заданы вопросы: 1) как работает биполярный транзистор? 2) при каком условии транзистор типа р—п—р открыт? 3) что такое режим насыщения? 4) как на форму выходного сигнала влияет напряжение смещения? 5) как работает транзистор в импульсном режиме? 6) как определить коэффициент усиления транзистора по мощности?

Выполнение студентами рассмотренных выше заданий способствует развитию интереса к физике, электротехнике и кибернетике, помогает сформировать экспериментальные умения и навыки. При работе над курсовыми и дипломными проектами студенты могут создавать и экспериментально изучать следующие кибернетические системы [62, 63]: 1) терморегулятор на основе биметаллической пластины; 2) автоколебательная система на базе фотореле; 3) термореле на основе терморезистора; 4) разомкнутая и замкнутая система управления двигателем; 5) система автоматического регулирования скорости вращения [66]; 6) замкнутая оптоэлектронная система автоматического управления освещенностью [70]; 7) модель управления технологическим процессом на базе компьютера [79]; 8) роботы различных конструкций, созданные на основе комплекта LEGO Mindstorms или его аналогов (ROBOTISOLLO, BioloidSTEM, Трик, Tinkerbots) [42].

2. Самоадаптирующаяся оптоэлектронная САУ на базе компьютера

Установка состоит из компьютера с ЭЛТ-монитором, напротив которого на расстоянии 1–3 см расположен фоторезистор ФСК-1, соединенный через аналого-цифровой преобразователь с LPT-портом компьютера. В качестве АЦП используется преобразователь напряжения в частоту на таймере 555, вырабатывающий прямоугольные импульсы, частота которых зависит от освещенности фоторезистора. Используемая программа сравнивает уровень освещенности с заданным уровнем и регулирует яркость части экрана перед фотодатчиком так, чтобы его освещенность оставалась неизменной (рис. 6.5).

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

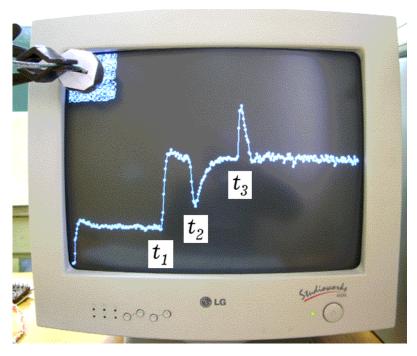


Рис. 6.5. Моделирование замкнутой оптоэлектронной САУ

Если после запуска рассматриваемой замкнутой системы управления изменить освещенность в лаборатории или частично перекрыть фотодатчик, то произойдет автоматическое увеличение яркости экрана: компьютер перед фотодатчиком (левый верхний угол экрана) нарисует белые окружности. Если, наоборот, подсветить фотодатчик внешним источником света, то компьютер нарисует черные окружности, тем самым уменьшив яркость экрана. На остальной части экрана строится график зависимости освещенности фоторезистора от времени. В какой-то момент t_1 программа резко увеличивает значение заданного уровня освещенности. Это приводит к плавному увеличению яркости экрана перед фоторезистором.

Если в момент t_2 между экраном и фоторезистором ввести слой полиэтилена, то освещенность фоторезистора резко уменьшится. Система прореагирует, и яркость свечения участка экрана перед фоторезистором плавно увеличится. Если в момент t_3 убрать слой полиэтилена, освещенность фоторезистора резко возрастет. Система опять автоматически прореагирует: яркость экрана будет плавно уменьшаться. Получившаяся замкнутая САУ ведет себя как гомеостат, поддерживающий освещенность фотодатчика на заданном уровне.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

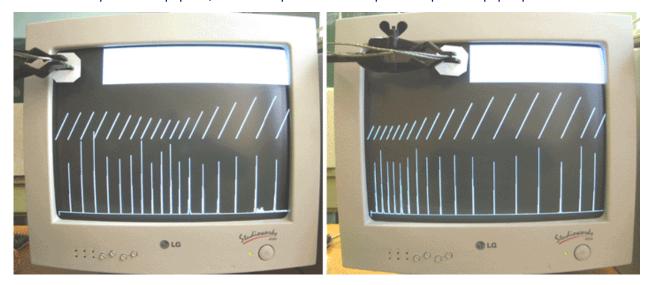


Рис. 6.6. Моделирование САУ, управляющей технологическим процессом

Рассматриваемая кибернетическая система позволяет изучить функционирование САУ при управлении технологическим процессом, который моделируется закрашиванием белой прямоугольной полосы в верхней части экрана справа налево. Когда белая полоса дойдет до фоторезистора, в компьютер поступит сигнал, и этот процесс прекратится. Программа начнет быстро стирать полосу слева направо, пока не сотрет полностью, а затем начнет рисовать новую полосу справа налево. При смещении фотодатчика вправо, белая полоса (то есть технологический процесс) закончится раньше. Получается, что длительность процесса и его результат (длина белой полосы) определяются положением фотодатчика относительно экрана. В средней и нижней частях экрана компьютер строит графики зависимостей длины рисуемой полосы и освещенности фотодатчика от времени (рис. 6.6).

3. Разомкнутая и замкнутая оптомеханическая система управления

Для изучения разомкнутой и замкнутой САУ к LPT-порту компьютера подключим устройство сопряжения 2, выход которого соединен с маломощным электродвигателем 4, и оптодатчик, состоящий из светодиода 7, фотодиода 6 и формирователя импульсов 3 (рис. 6.7.1). Принципиальная схема устройства,

позволяющего подключить электродвигатель к ПЭВМ, представлена на рис. 6.7.2. К валу двигателя прикрепим картонный диск 5 с одной или несколькими прорезями. Оптодатчик установим так, чтобы при вращении диска происходило затемнение и освещение фотодиода.

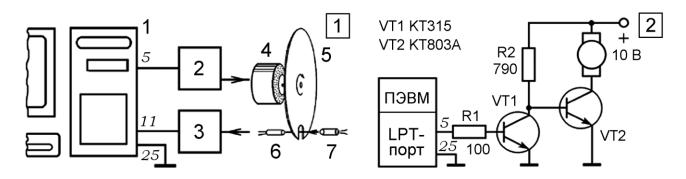


Рис. 6.7. Оптомеханическая система управления

Чтобы получить разомкнутую систему управления, оптодатчик отодвигают от диска, и запускают программу, обрабатывающую сигналы с оптодатчика и управляющую работой двигателя. Сначала компьютер находится в режиме ожидания. При кратковременном пересечении светового пучка оптодатчика на его выходе формируется сигнал, который поступает в компьютер. Тот выполняет заданную последовательность действий, моделируя технологический процесс: включает двигатель на 3 секунды, затем выключает его, после этого снова включает на 5 секунд, затем снова выключает и т. д. После окончания процесса компьютер снова переходит в режим ожидания и находится в нем до следующего пересечения оптодатчика.

Для демонстрации работы **замкнутой САУ** оптодатчик устанавливают так, чтобы диск находился между светодиодом и фотодиодом, и запускают программу на языке Pascal. Она может быть составлена так, что двигатель начнет вращать диск, на выходе оптодатчика появится последовательность импульсов, которые будут поступать в компьютер. Когда их число достигнет $N_1 = 50$ (N_1 задается в программе), компьютер выключит двигатель, диск по инерции со-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

вершит несколько оборотов и остановится. Через некоторое время компьютер снова включит двигатель и после совершения $N_2 = 100$ оборотов опять выключит его, а затем все повторится снова.

4. Система автоматического регулирования скорости вращения

Изучение самоадаптирующихся систем автоматического регулирования обычно осуществляют на примере регулятора скорости вращения, функционирующего по замкнутой схеме. На регулируемый объект (вал электродвигателя) воздействует источник возмущения, в результате происходит отклонение регулируемого параметра (угловая скорость ω) от заданного значения ω_0 . Это регистрируется датчиком, который передает сигнал регулирующему органу, так изменяющему вращающий момент, что скорость вала восстанавливает требуемое значение ω_0 .

Экспериментальная установка состоит из компьютера, к LPT-порту которого через специальные схемы сопряжения подключены электродвигатель и оптодатчик. На валу двигателя закреплен диск с 16 прорезями, пересекающими световой пучок, идущий от светодиода к фотодиоду оптодатчика. При вращении вала на выходе оптодатчика появляются импульсы, частота которых пропорциональна скорости ω . Они поступают в ПЭВМ и обрабатываются специальной программой, написанной на языке Pascal. В результате компьютер вырабатывает прямоугольные импульсы фиксированной частоты, разделенные изменяющимся промежутком T_y , от величины которого зависит скорость вращения двигателя (используется широтно-импульсное регулирование). Программа определяет отклонение скорости вращения ω от значения ω_0 и в соответствии с заданным законом регулирования изменяет управляющий параметр T_y так, чтобы уменьшить разность $\omega_0 - \omega$. На экране монитора строятся графики зависимости ω и T_y от времени (рис. 6.8).

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

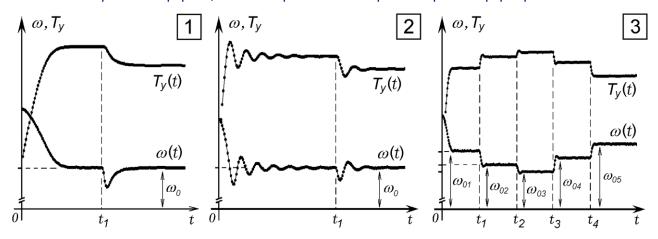


Рис. 6.8. Экспериментальные графики на экране монитора

Допустим, что в результате увеличения тормозящего момента или уменьшения напряжения питания в момент t_1 скорость двигателя резко уменьшилась (рис. 6.8.1 и 6.8.2). Программа считает число пересечений светового пучка оптодатчика за единицу времени, определяет ω , находит рассогласование $\Delta\omega=\omega_0-\omega$ и на величину, пропорциональную $\Delta\omega$, уменьшает управляющий параметр T_y . Действующее значение тока через двигатель увеличивается до тех пор, пока скорость вала ω снова не станет равна ω_0 .

На рис. 6.8.1 изображен график зависимости скорости вращения вала от времени в системе с малым запаздыванием. Если искусственно увеличить инерционность системы, внеся соответствующие изменения в программу, то скорость вращения вала совершает затухающие колебания, стремясь к ω_0 (рис. 6.8.2). Видно, что данная самонастраивающаяся электромеханическая система ведет себя как гомеостат, имитирующий адаптацию живых организмов к изменениям окружающей среды. Установка также позволяет изучить переходный процесс при скачке задающего воздействия. На рис. 6.8.3 представлены графики $\omega(t)$ и $T_y(t)$ в случае, когда в моменты времени t_1 , t_2 , t_3 происходят резкие изменения заданного значения ω_0 . Видно, что это приводит к такому изменению управляющего параметра T_y , при котором угловая скорость вала ω приближается к новому значению ω_{02} , затем к ω_{03} и т. д.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Обсуждая функционирование рассмотренных выше САУ, преподаватель может задать вопросы: что является датчиком, объектом управления и управляющим органом? как реализуется обратная связь? как функционируют отдельные блоки системы и вся система в целом? для решения каких практических задач может быть использована подобная система?

5. Сборка и программирование роботов

Большое значение для развития К-мышления имеет экспериментальное изучение различных САУ, которое может быть организовано на занятиях по робототехнике. С помощью комплекта LEGO Mindstorms или его аналогов (ROBOTISOLLO, BioloidSTEM, Трик, Tinkerbots) студенты могут собрать интеллектуального робота, состоящего из встроенного микрокомпьютера, к которому подключено разнообразное периферийное оборудование: датчики прикосновения, реагирующие на сенсорные воздействия, датчик света, различающий цвета и градации серого, микрофон, воспринимающий звуковые сигналы, ультразвуковой дальномер, позволяющий определять расстояние до препятствия. Кроме того, робот имеет три двигателя со встроенными датчиками поворота и bluetooth-модуль, позволяющий управлять роботом с помощью мобильного телефона или компьютера.

Используя конструктор LEGO Mindstorms, можно реализовать различные замкнутые и разомкнутые цепи управления [42]. Например, несложно создать робота с ультразвуковым датчиком, который ездит по горизонтальной поверхности и не натыкается на препятствия. Он движется вперед, обнаружив препятствие, отъезжает назад, поворачивается на заданный угол и снова едет вперед. Для демонстрации гомеостаза может быть использован робот с ультразвуковым датчиком, который держится от препятствия на заданном расстоянии; при удалении препятствия робот движется за ним, а при приближении – от него. Также можно построить робота, управляемого светом; для этого он должен иметь оптодатчик. При увеличении яркости лампы, освещающей оптодатчик, робот отъезжает от нее, а при уменьшении – приближается к ней так, чтобы освещенность оптодат-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

чика оставалась примерно постоянной. Программа для такого робота, приведенная на рис. 6.9, была создана с помощью А. А. Романова. Она состоит из цикла и двух условных операторов (УО). Если освещенность датчика меньше 60 (УО-1), то робот переходит к УО-2. Если освещенность датчика меньше 55 (УО-2), то включаются двигатели, робот едет вперед, приближаясь к лампе, а если нет — остается неподвижным. Если освещенность датчика превышает 60 (УО-1), то робот едет назад, удаляясь от источника света. Можно изменять не яркость свечения лампы, а расстояние от нее до оптодатчика. При приближении лампы робот отъезжает от нее, а при удалении, наоборот, приближается.

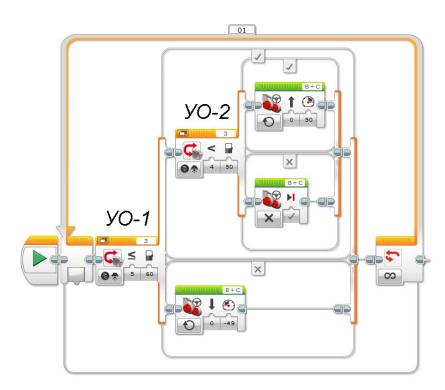


Рис. 6.9. Программа для робота, позволяющая продемонстрировать гомеостаз

При работе над курсовыми и дипломными проектами студенты могут создавать и экспериментально изучать различные кибернетические системы: 1) разомкнутая система управления на базе электромагнитного реле или реле времени; 2) терморегулятор, использующий биметаллическую пластину или терморезистор; 3) фотореле; 4) термореле; 5) разомкнутая и замкнутая система управления двигателем [66]; 6) система автоматического регулирования скоро-

сти вращения [79]; 7) замкнутая оптоэлектронная система автоматического управления освещенностью на базе ПЭВМ [102]; 8) система управления технологическим процессом [79]; 9) роботы различных конструкций [42, 132]; 10) 3D-принтеры, модели станков с ЧПУ и т. д.

6. Формирование представлений о робототехнике

При изучении основ кибернетики преподаватель может познакомить студентов с основными понятиями робототехники, устройством различных типов роботов и их использованием для решения практических задач [28].

Роботом называется устройство, способное перемещаться в пространстве и выполнять определенную последовательность действий [105]. Роботы делятся на две большие группы:

- 1. Манипуляционные роботы, применяемые в промышленности для выполнения двигательных и управляющих функций и состоящие из исполнительного устройства в виде 1–3 манипуляторов с несколькими степенями подвижности и устройства программного управления. Они применяются при изготовлении различных товаров, сварке корпусов автомобилей и т. д.
- **2. Мобильные роботы,** которые способны передвигаться; они имеют движущееся шасси с автоматически управляемыми приводами. Существуют колесные, шагающие и гусеничные, ползающие, плавающие и летающие мобильные роботы. Мобильные роботы подразделяются на наземные, воздухоплавающие, водоплавающие, подземные и космические роботы.

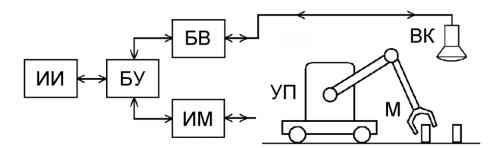


Рис. 6.10. Устройство мобильного робота (иногда вместо ИИ – оператор)

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

В общем случае робот (рис. 6.10) состоит [105, 139]: 1) из блока восприятия БВ, содержащего механические, тактильные, оптические, температурные и иные датчики (например, видеокамера ВК), воспринимающие информацию об окружающем мире; 2) блока управления БУ, который вырабатывает сигналы, управляющие работой исполнительного механизма; 3) блока исполнительного механизма ИМ, включающего в себя средства перемещения робота (система передвижения, например тележка с двигателями), средства манипулирования объектом (рука-манипулятор) и соответствующие датчики положения. Блок управления может быть выполнен на базе ЭВМ, которая обрабатывает сигналы, поступающие от блока восприятия, сигналы обратной связи от блока исполнительного механизма и обменивается информацией с оператором или системой ИИ. Датчики (видеокамера, сенсоры) могут быть установлены на роботе и перемещаться вместе с ним.

Оператор, получая видеоинформацию о месте, где находится мобильный робот, отдает команды, управляющие его действиями (например, луноход, марсоход Кьюриосити и т. д.). Некоторые роботы функционируют автономно; при этом их блоки управления обмениваются сигналами с системой искусственного интеллекта ИИ, который самостоятельно распознает окружающие объекты и принимает решения. Роботы используются в промышленности для комплексной автоматизации производства, в космонавтике для пилотирования космических аппаратов, в глубоководных исследованиях, в военных целях и т. д.

На рис. 6.11 представлено устройство манипуляционного робота, управляемого от компьютера [28, 105]. ЭВМ, учитывая внешнее задающее воздействие, формирует цифровые сигналы, которые преобразуются цифроаналоговыми преобразователями (ЦАП) в аналоговые сигналы. Они усиливаются и подаются на двигатели, которые изменяют положение робота (или руки-манипулятора) и обеспечивают захват детали. Датчики положения руки и захвата детали, а также видеокамера формируют сигналы, которые через цепи обратной связи ОС1, ОС2 и ОС3 поступают в компьютер. Это позволяет ему контролировать состояние манипулятора, сравнивать его с задающими сигналами и корректировать

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

вырабатываемый управляющий сигнал. В качестве «мышц» роботов используются электрические двигатели постоянного тока, шаговые электродвигатели (ротор поворачивается на заданный угол под управлением контроллера), пьезодвигатели (крошечные пьезоэлектрические ножки, вибрирующие с частотой более 1000 Гц, обеспечивают движение по окружности или прямой), воздушные мышцы (при накачивании сжатым воздухом изменяют свою длину на 40 %), электроактивные полимеры (пластмасса, изменяющая форму в ответ на электрическую стимуляцию), эластичные нанотрубки, которые упруго деформируются на несколько процентов.

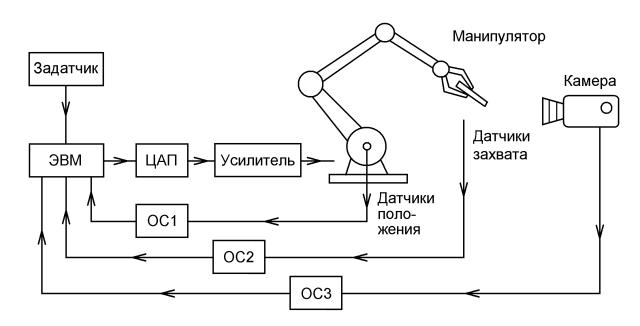


Рис. 6.11. Схема управления рукой манипуляционного робота

Наземные мобильные роботы подразделяются на колесные, шагающие, гусеничные, гибридные, рельсовые, специализированные мобильные роботы, адсорбционные (передвигающиеся по крутым поверхностям с помощью вакуумных присосок), роботы на магнитной или воздушной подушке, ползающие змееподобные роботы, извивающиеся при движении, робокары, используемые для транспортировки грузов [28]. Космические роботы делятся на виды: 1) свободно летающие роботы; 2) роботы, обслуживающие космические аппараты (снаружи и внутри); 3) напланетные роботы. Шагающие мобильные на-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

земные (напланетные) **роботы** могут иметь различное число конечностей. Существуют многоногие шагающие аппараты, напоминающие сороконожку, а также роботы с 8, 6, 5, 4, 3 и 2 конечностями. Также развиваются боевые роботы (рис. 6.12): беспилотные самолеты (дроны), дистанционно управляемые танки, мины, «умные» торпеды, бомбы с самонаведением, роботы-разведчики, устройства для разминирования и т. д.



Рис. 6.12. Боевой робот с дистанционным управлением (1). Робототехнический комплекс разминирования (2) [191]

Автоматизированные робототехнические системы получили широкое применение в медицине. Используются следующие виды роботов: 1) роботы-ассистенты, помогающие проводить операции; 2) диагностические роботы, снимающие данные, анализирующие кровь и ставящие диагноз; 3) терапевтические роботы, способные провести массажную, вакуумную, лазерную, лучевую, электро- и термотерапию и другие процедуры; 4) биопринтеры, печатающие живыми тканями, создающие каркасы тканей, органов и гиперэластичных костей; при этом они используют жидкий питательный субстрат с живыми клетками разных видов, гели, волокна, полимеры, керамику, металлы и другие материалы; 5) роботы-транспортировщики, доставляющие еду и лекарства пациентам. Роботы-манипуляторы помогают производить фармацевтические препараты и медицинские инструменты.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Часто роботам присущ **антропоморфизм** — они внешне похожи на человека (туловище, голова, руки, ноги), могут воспринимать те же сигналы и выполнять сложные движения. Всемирно известный разработчик человекоподобных **роботов-андроидов** Хироси Исигуро (Япония) создал собственного двойника-робота, который может читать лекции студентам. Также им были созданы робот-андроид Otonaroid (Adultroid), имеющий вид женщины и способный отвечать на реплики, разговаривать на общие темы, и андроид Kodomoroid (Childroid), который выглядит как ребенок и может вести телепрограмму новостей.

Глава 6 Оглавление Глава 8

Глава 7. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ И ЕЕ МЕТОДАХ

Важным компонентом инф.-киб. картины мира являются основные идеи педагогической кибернетики, занимающейся вопросами использования инфокибернетического подхода в теории и практике обучения [48, 162, 167]. Их усвоение студентами педвуза имеет большое значение для развития правильных представлений об управлении педагогическими системами. Различными аспекпедагогической кибернетики занимались C. И. Архангельский, тами А. И. Берг, В. П. Беспалько [7], П. Я. Гальперин, Л. Б. Ительсон, А. А. Кузнецов, Л. Н. Ланда, А. М. Матюшкин, Б. Ф. Скиннер, А. В. Соловов [135], Н. Ф. Талызина и др. Как отмечает В. Е. Фирстов, в настоящее время «педагогика представлена больше на уровне феноменологической теории, однако содержит весомый кибернетический контент, который при нарастающей информатизации образовательного пространства объективно увеличивается, и вопросы моделирования, толкования и прогнозирования дидактических процессов приобретают существенное значение» [145]. Применение информационнокибернетического подхода для исследования дидактических процессов способствует развитию теории обучения, позволяет проанализировать структурнофункциональную организацию дидактической системы (ДС), оптимизировать взаимодействие учителя, ученика и применяемых средств обучения [165].

1. Педагогическая кибернетика: основные понятия и идеи

Обсудим важные идеи педагогической кибернетики, с которыми следует познакомить студентов педагогических специальностей. Наиболее удобно это сделать при изучении дисциплин психолого-педагогического цикла.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Педагогическая кибернетика изучает дидактические системы с точки зрения теории управления, системной организации и процессов обработки информации. Дидактической системой (ДС) будем называть совокупность взаимодействующих между собой педагогов, учащихся и средств обучения, цель которой – сформировать у учащихся определенные знания, умения и навыки. Речь идет о системах типа «учитель – ученики», «воспитатель – воспитанники», «директор школы – педагогический коллектив – родители – учащиеся», «учитель – компьютер – ученик» и т. д. ДС относятся к системам управления, потому что им присущи все основные признаки кибернетических систем [48, 90–92; 139]: наличие блока управления, задающего цель функционирования, прямых и обратных связей, управляющих сигналов и информационных потоков.

Тесная связь между кибернетикой и педагогикой обусловлена целенаправленностью и информационной сущностью процесса обучения. К основным направлениям кибернетической педагогики относятся [76, 88–92]: 1) применение инф.-киб. подхода для анализа педагогической системы и объяснения ее функционирования, выявление связей управления и информационных потоков, которыми обмениваются управляющая и управляемая подсистемы; 2) оптимизация реального процесса обучения, нахождение таких форм и методов его организации, при которых функционирование системы образования было бы наиболее эффективным, то есть при наименьших затратах приносило бы максимальную пользу; 3) практическое использование различных электронных устройств, автоматизированных обучающих систем (АОС) и Интернета в учебном процессе.

Основная задача управления учебным процессом — увеличение объема и общей организованности системы знаний учащихся, формирование соответствующих умений и навыков. Для изучения ДС применяются следующие методы педагогической кибернетики: 1) экспериментальное изучение дидактических процессов и систем (метод педэксперимента); 2) теоретические методы, заключающиеся в использовании теории информации, математической логики,

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

теории автоматов, теории регулирования и управления, теории массового обслуживания, теории синтеза информационных систем и т. д.; 3) физическое, математическое или компьютерное моделирование ДС [73–76].

Применение инф.-киб. подхода к изучению ДС «учитель – ученик» предусматривает анализ происходящих внутри нее процессов с точки зрения информатики и кибернетики [165, 167]. При этом используют принципы теории управления, выявляют информационные потоки, анализируют способы управления, представляют различные компоненты системы в виде блоков, обрабатывающих информацию, формализируют учебный материал, дидактическое воздействие учителя, деятельность ученика и т. д.

Практическая задача педагогической кибернетики состоит: 1) в объяснении поведения ДС с течением времени при заданных параметрах, начальном состоянии и оказываемом воздействии; 2) оптимизации учебного процесса, то есть поиске такой технологии обучения, при которой результаты функционирования ДС были бы наилучшими при наименьших (или заданных) затратах времени и усилий учителя и ученика. Особо остро встает этот вопрос при обсуждении взаимодействия ученика с компьютером, сотовым телефоном или другими девайсами. Важно сформулировать цель обучения и в соответствии с ней оптимально распределить функции между учеником и технической системой. Вряд ли правильно, когда компьютер все делает за ученика (то есть измеряет, строит график, осуществляет вычисления и т. д.). Необходимо, чтобы ученик тоже решал какие-то задачи, например создавал или набирал компьютерную программу, обрабатывал результаты измерений в электронных таблицах, строил график, объяснял экспериментальные результаты.

Часто для изучения кибернетических систем применяют методы математического и компьютерного моделирования [11, 14]. Их использование требует абстрагирования от несущественных факторов, слабо влияющих на учебный процесс, и создания модели, которая отражает существенные стороны ДС, объясняет и предсказывает ее состояние в последующие моменты времени. Мне-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ние о бесполезности математического описания дидактических объектов и процессов легко опровергнуть следующими рассуждениями. Оценки, полученные студентом в течение семестра и на экзамене, можно рассматривать как информационную модель его учебной деятельности. Каждый преподаватель, оценивая ответ студента по своему предмету, как бы проецирует его знания на соответствующую плоскость требований. Несмотря на то, что погрешность использования пятибалльной шкалы велика, результаты подобного «измерения» количества знаний безусловно полезны: они стимулируют учебную активность студента и повышают результативность обучения.

Сущность метода компьютерного моделирования состоит в том, что изучаемая система заменяется компьютерной моделью, приблизительно описывающей ее поведение, после чего с ней проводятся вычислительные эксперименты при различных параметрах, начальных условиях и внешних воздействиях [13, 14]. Создание компьютерной модели ДС требует применения блочного принципа или метода «черного ящика». При этом систему разбивают на отдельные блоки (учитель, ученик) или черные ящики (ЧЯ). Их внутреннее строение, структура и «механизм функционирования» не обсуждаются, учитываются лишь реакции ЧЯ как целого на внешние воздействия. Чтобы задать ЧЯ (например, заменяющего ученика), достаточно математически описать связь выходных сигналов с входными так, чтобы модель ученика «вела себя» аналогично реальному ученику. Иногда ученик заменяется вероятностным автоматом, у которого в процессе обучения изменяются вероятности переходов из одного состояния в другое [76, 92]. В некоторых случаях обучение рассматривается как передача информации по каналу связи с ограниченной пропускной способностью [97, 184]. Также используется компьютерное моделирование ДС, основанное на численном решении системы дифференциальных уравнений при различных условиях протекания учебного процесса [156, 90–94]. Компьютерная модель ДС позволяет: 1) на основе учета определенной совокупности факторов приблизительно предсказывать состояние ДС в последующие моменты времени; 2) формально обосновать некоторые теоретические положения о поведении ДС и эффективности той или иной методики [92]; 3) решить оптимизационную задачу, то есть найти оптимальный путь обучения (длительность и частота занятий, распределение учебного материала, влияние учителя), при котором ДС функционирует максимально эффективно [74, 83, 93, 97].

2. Проявление принципов кибернетики в дидактике

ДС относятся к системам управления, поэтому закономерности педагогической кибернетики перекликаются с основными идеями теории управления [24, 144, 113]. На занятиях по педагогике можно проанализировать применение принципов кибернетики [76, 84] к дидактическим системам:

- 1. Принцип разнообразия: управляющая система должна иметь большее разнообразие, чем разнообразие управляемой системы. Действительно, чтобы учитель имел возможность изменять свое состояние и поведение в ответ на изменение состояния ученика, он должен быть «устроен сложнее», иметь большее число «внутренних состояний». В противном случае он не сможет осуществлять управление деятельностью обучаемого и правильно реагировать на изменение ситуации. Вместо термина «разнообразие» можно использовать «сложность» [138]. Из этого принципа следует, что увеличение сложности или разнообразия знаний учащегося требует повышения сложности знаний учителя и разнообразия используемых методов обучения. Если разнообразие методов учителя меньше некоторого минимума, то он не сможет эффективно управлять деятельностью ученика. По мере взросления происходит увеличение сложности управляемой подсистемы (ученика); это должно сопровождаться увеличением сложности управляющей подсистемы (учителя).
- **2. Принцип эмерджентности:** свойства системы не сводятся к сумме свойств ее отдельных элементов, а зависят от ее структуры. У. Эшби показал, что «чем больше система и чем больше различия в размерах между частью и целым, тем выше вероятность того, что свойства целого могут сильно отличаться от свойств частей» [127, 185–187]. Поэтому при анализе ДС следует

учитывать взаимосвязи между ее элементами: учителем, учеником, средствами и методами обучения.

- 3. Принцип внешнего дополнения: любая система управления нуждается в определенных резервах (источнике энергии), с помощью которых компенсируются неучтенные воздействия внешней и внутренней среды [127, 187]. Управление большой системой требует корректировки управляющих сигналов, которые следуют из теоретической модели. Их можно рассматривать как сигналы некоторого воображаемого «черного ящика» (завуч, директор, родительский комитет и т. д.), находящегося рядом с учителем и учеником, к которому учитель при необходимости может обратиться.
- **4. Принцип обратной связи:** чтобы система могла адаптироваться к изменениям состояния объекта и внешним воздействиям, необходимо наличие канала обратной связи, по которому передается информация о состоянии объекта. При обучении обратная связь реализуется во время общения учителя с учащимися, наблюдения за их деятельностью на уроке, устного или письменного опроса, тестирования, самостоятельных, контрольных работ и т. д.
- **5.** Принцип декомпозиции и иерархии управления: управляемый объект можно рассматривать как систему, состоящую из относительно независимых друг от друга подсистем, между которыми имеется определенная субординация. Это в полной мере относится к системе образования: ученик выполняет указания учителя, который подчиняется завучу, тот подчиняется директору, который, в свою очередь, подчиняется отделу образования и т. д.
- 6. Принцип активного самодвижения, обусловленного регулярным воспроизведением маловероятных состояний элементов, подсистем или само-управляемой системы в целом, происходящим за счет притока энергии извне [28, 91]. При обучении уменьшается неопределенность знаний учащихся, то есть система в целом переходит в более упорядоченное состояние с меньшей энтропией за счет информации и энергии, поступающей к учителю и учащимся из внешней среды.

- 7. Принцип целеполагания и целеосуществления: функционирование ДС направлено на достижение определенной цели, заключающейся в минимизации некоторой целевой функции при заданных ограничениях. В процессе обучения учитель стремится увеличить количество знаний учащихся при фиксированной продолжительности занятий так, чтобы оно соответствовало предъявляемым требованиям. Целеосуществление требует сопоставления полученных результатов с уровнем, задаваемым учебной программой, и соответствующей корректировки функционирования системы [127].
- 8. Принцип гомеостаза утверждает, что определенный набор характеристик кибернетических систем должен оставаться неизменным или изменяться внутри достаточно узкого диапазона значений [3, 139]. Применительно к ДС это означает, что учитель должен так управлять деятельностью ученика, чтобы тот сохранял положительную мотивацию и самоуважение, не терял интереса к обучению. При этом изучаемые элементы учебного материала (ЭУМ) должны находиться в зоне ближайшего развития ученика. Когда учитель переходит к рассмотрению нового ЭУМ, уровень предъявляемых требований возрастает. В ответ на это ученик, тоже являясь кибернетической системой, может: 1) адаптироваться к новым требованиям учителя, перейдя на уровень гомеостатического равновесия с более высокой результативностью; 2) опуститься на низкий уровень гомеостатического равновесия и прекратить обучение; 3) выйти за пределы допустимости рабочего состояния, потерять равновесие (переутомление или нервный срыв) [16, 127, 186]. Учебный материал должен быть настолько сложен, чтобы ученику было интересно учиться, и настолько прост, чтобы ученик мог его освоить. Реализуется замкнутая система управления: учитель, проводя тестирование, получает информацию о состоянии объекта управления (то есть знаниях ученика) и делает выбор: излагать новый материал или повторить только что изученный ЭУМ. В соответствии с принципом гомеостаза система выбирает такой путь функционирования, при котором отставание ученика от требований учителя не выходит за пределы допустимого интервала, внутри которого сохраняется мотивация к обучению.

- 9. Принцип взаимной адаптации ДС: необходимое и достаточное условие развития ДС состоит во взаимной адаптации компонентов системы между собой и ДС в целом с внешней средой. Как утверждает В. Ф. Венда, обучение это процесс взаимной адаптации ученика с природой, обществом и техникой, в ходе которого достигается полное понимание учеником учебного материала [16]. То есть учитель, ученик, ТСО должны адаптироваться друг к другу, а также соответствовать требованиям общества, уровню развития техники, технологии и законам природы. В случае, когда учитель прогнозирует ход обучения, говорят об опережающей адаптации [16, с. 268]. ДС функционирует устойчиво, если взаимная адаптация удовлетворительная, то есть эффективность, надежность и безопасность ДС лежат в допустимых пределах [16, с. 27].
- 10. Принцип гибкой иерархической структуры: лидерство может переходить от одного элемента системы к другому. Применительно к ДС это означает, что в определенные моменты времени учитель может предоставить ученику возможность решить задачу у доски, выступить с докладом, написать сочинение или компьютерную программу, оставляя за собой право делать замечания и исправлять ошибки.

3. Информационный подход к дидактическим системам

Для формирования у студентов представлений об информационном подходе к анализу ДС рекомендуется рассмотреть следующие идеи.

В когнитивной психологии и дидактике при обсуждении мыслительных процессов используются следующие **метафоры** [92, 97, 107, 144, 168–184]: 1) компьютерная метафора, в которой мыслительная деятельность человека сопоставляется с информационными процессами в ЭВМ; 2) метафора «мозг – нейросеть»: мышление человека моделируется работой сложной искусственной нейросети (персептрона, когнитрона, неокогнитрона); 3) метафора «человек – вероятностный автомат»; 4) метафора «матрешечная организация знаний», учитывающая, что знания рекурсивны, состоят из вложенных друг в друга презентаций и могут быть представлены на уровне глубинных структур, допускающих

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

алгоритмическое описание; 5) метафора «обучение – технология»; 6) метафора «обучение – поиск (исследование)»; 7) метафора «учитель и ученик – информационная система типа: источник => канал связи => приемник»; 8) метафора «мозг – декодер сообщений» или «мозг – канал связи между органами чувств и памятью ученика». Последняя метафора «мозг – декодер сообщений» опирается на когнитивные модели переработки информации мозгом, которые создали Д. Бродбент, Э. Трейсман, А. Дойч, Д. Дойч, Д. Норман в 1958–1968 гг.

Учитель и ученик образуют **информационную семантическую систему**: учитель (источник информации) — канал связи — ученик (приемник информации). Учитель генерирует семантическую информацию, ученик пытается ее декодировать. При этом обычно под каналом связи понимают среду и различные приспособления, передающие информацию от учителя к ученику: воздух, обеспечивающий распространение звука, учебник, доска, экран, компьютер и т. д. Предполагается, что все воспринятое органами чувств ученик правильно понимает и усваивает.

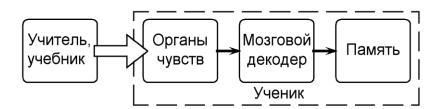


Рис. 7.1. Информационная модель дидактической системы «учитель – ученик»

Другой подход состоит в использовании **метафоры «ученик – канал связи»**, которая заключается в мысленной замене ученика информационной системой, состоящей из органов чувств, «мозгового декодера» и памяти (рис. 7.1) [96, 184]. Учитель излагает учебный материал, ученик воспринимает его с помощью органов чувств и, осуществив семантическое декодирование, понимает и усваивает. Будем считать, что учитель говорит с обычной скоростью, так что ученик безошибочно воспринимает все его слова. При этом результат понимания и запоминания сообщаемой информации сильно зависит от способности ученика декодировать получаемое сообщение, встраивать его в

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

систему своих понятий [36]. Когнитивному декодированию (пониманию) поддаются не все предложения. Пропускная способность «декодера мозга» зависит от сложности фраз и степени обученности ученика. Ученик быстрее понимает те словосочетания, которые содержат знакомые для него слова и простые мысли. Словосочетания, содержащие научные термины, редко употребляемые слова или неочевидные мысли, декодируются медленно. Понятая часть сообщения поступает в оперативную память, а затем — в долговременную [36]. Что-то подобное происходит, когда ученик читает текст. Эти рассуждения также применимы в случае коммуникации двух людей, когда слушатель не очень хорошо понимает докладчика потому, что тот использует сложную научную терминологию или разговаривает на иностранном языке.

В известном смысле обучение можно свести к восприятию (прослушиванию или чтению) последовательности текстов возрастающей сложности. Сообщение учителя или учебный текст представимы в виде совокупности элементарных фраз различной сложности. Как известно, сложность ЭУМ характеризуется его информативностью, которая определяется минимальной длиной двоичного сообщения, дающего его полное описание. Человеческий мозг в большей степени похож на нейросеть, чем на цифровую ЭВМ; он, оперируя концептами, порождает и воспринимает информацию в виде сообщений, состоящих из «обычных» слов и научных терминов. Допустим, учитель излагает новый материал, выдавая фразы, состоящие из подлежащего, сказуемого, обстоятельства, дополнения и выражающие простые мысли. Каждая фраза является квантом знания, или ЭУМ. В принципе возможно оценить семантическую сложность каждой фразы относительно некоторого тезауруса Z_0 [97, 98]. Для этого необходимо изложить ее суть и дать определения всем терминам, используя слова из тезауруса Z_0 , а затем сосчитать количество значимых слов. Семантическая сложность (информативность) слова W относительно Z_0 равна количеству значимых слов в определении или объяснении слова W, которое понятно ученику с тезаурусом Z_0 (допустим, тезаурусом пятиклассника). Слова, не требующие объяснения, имеют информативность 1 УЕИ (усл. ед. информации). Сложность

S фраз «внезапно пошел дождь», «быстро летит птица», «течет широкая река» равна их объему V (числу слов N) и составляет 3 УЕИ. Если в определении термина «ускорение», понятном выпускнику пятого класса, требуется произнести 8 слов, то информативность этого термина относительно тезауруса Z_0 равна 8. Объем ЭУМ «ускорение тела постоянно» равен V=3, а информативность I=S=10 УЕИ.

Если сообщение учителя или (тест) разложить на элементарные фразы (ЭУМ), оценить их сложность s, то это позволит построить его сложностный профиль – график p=p(s) зависимости вероятности p, с которой встречаются ЭУМ, от их сложности s. При этом площадь под кривой p(s) равна 1. Зная количество фраз N в тексте, можно определить зависимость числа содержащихся в тексте ЭУМ от их сложности $n(s)=N\cdot p(s)$. Суммарная сложность ЭУМ (информативность), у которых s заключена в интервале [s;s+ds] составляет sn(s)ds. Общая информативность текста относительно тезауруса Z_0 находится как сумма сложностей всех составляющих его ЭУМ [98]. Рассмотрим три текста объемом V=N=200 фраз, сложностные профили $p_1(s)$, $p_2(s)$ и $p_3(s)$ которых представлены на рис. 7.2.1. Например, в текстах для младших школьников в основном встречаются простые ЭУМ с s<0,3 (кривая 1), в текстах для старших школьников — ЭУМ, имеющие сложность $s\in[0,3;0,6]$ (кривая 2), а в текстах для студентов — сложные ЭУМ с s>0,7 (кривая 3).

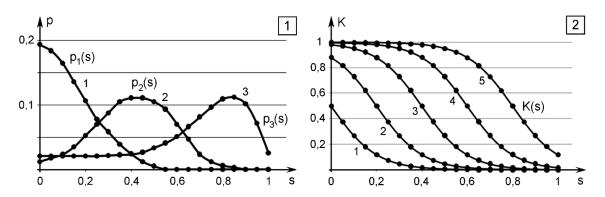


Рис. 7.2. Сложностный профиль текста (1). Изменение K(s) при обучении (2)

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

«Мозговой декодер» ученика, занимающийся семантической переработкой поступающей информации, фактически является каналом связи с ограниченной пропускной способностью. Его коэффициент передачи (понимания) K(s) зависит от сложности s поступающих фраз, а также степени обученности ученика b. Ученик с высокой вероятностью p_n понимает простые ЭУМ (K=1) и с низкой вероятностью — сложные (K стремится к 0). Логично предположить, что чем выше сложность фразы s, тем ниже коэффициент понимания ученика:

$$K(s) = \frac{p_n(s)}{p(s)} = \frac{1}{1 + \exp(a(s-b))}.$$

Если s=b, то K=0,5. На рис. 7.2.2 изображены графики K=K(s) при a=10 и b=0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 (кривые 1, 2, 3, 4 и 5). В процессе обучения развиваются способности ученика декодировать (то есть понимать) сообщаемую ему информацию. При этом b увеличивается, график K=K(s) смещается вправо, пропускная способность «мозгового декодера» растет [98, 184]. Можно условно считать, что кривая 1 соответствует уровню первоклассника, а кривая 5 – уровню студента.

Предположим, ученик читает текст, в котором вероятность фраз различной степени сложности распределены по закону: $p(s) = 0,146 \exp(-3s)$. В тексте в большом количестве присутствуют легкие фразы с s < 0,4, а сложных фраз с s > 0,6 гораздо меньше (рис. 7.3.1). Если «декодер мозга» ученика имеет **пропускную способность** $K(s) = 1/(1 + \exp(10(s - 0,4)))$, то легкие ЭУМ проходят практически все, а сложные – нет. Тут же показано распределение $p_n(s)$ тех ЭУМ, которые были поняты учеником (на рис. 7.3 и 7.5 масштабы p(s) и $p_n(s)$ увеличены в 10 раз). На рис. 7.3.2 представлены графики, соответствующие тексту с другим сложностным профилем p(s), который читает ученик с

b = 0.5, и показан получающийся график $p_n(s)$. Из них следует, что при работе с учеником, характеризующимся обученностью b, необходимо использовать тексты, преимущественно состоящие из фраз со сложностью s < b.

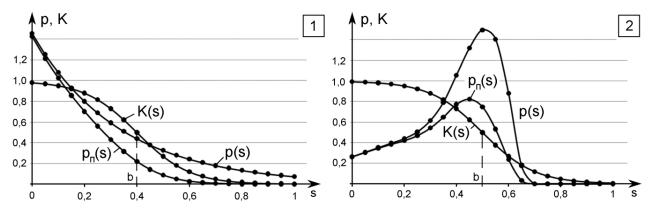


Рис. 7.3. Частичное понимание сложного текста неподготовленным учеником

Пусть учитель произносит фразы (ЭУМ), сложность которых меняется случайно в соответствии с законом распределения p = p(s). «Декодер мозга» работает как **стохастический фильтр**, пропуская ЭУМ с вероятностью K(s) (рис. 7.4). Подобно тому, как пропускная способность технического канала связи с ростом частоты сигнала уменьшается, пропускная способность «мозгового декодера» ученика снижается при увеличении сложности идей и используемых терминов. Поэтому в основном проходят ЭУМ с низкой сложностью. Этим и объясняется частичное понимание учеником учителя [98, 184].

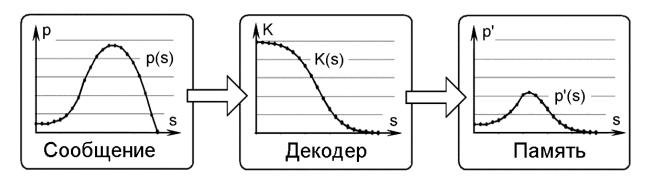


Рис. 7.4. Объяснение частичного понимания учеником учителя

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

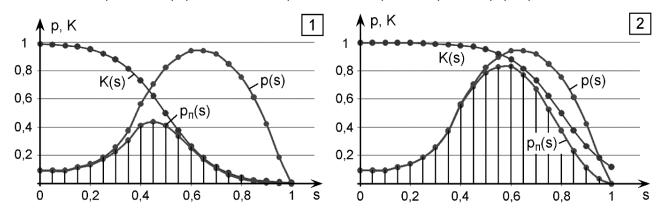


Рис. 7.5. Зависимость коэффициента понимания текста от обученности b

На рис. 7.5 представлены результаты математического моделирования понимания учеником учебного материала, сложностный профиль которого задается графиком p(s). В рамках рассматриваемого подхода обучение можно представить как **чтение текстов возрастающей сложности**, приводящее к увеличению пропускной способности «мозгового декодера» ученика. При этом следует учитывать, что у ученика есть «зона ближайшего развития»: если ему удалось усвоить идеи со сложностью s, то он с некоторыми затратами усилий и времени сможет усвоить ЭУМ, сложность которых лежит в интервале $[s; s + \Delta s]$. Ученик хорошо понимает ЭУМ, сложность s которых находится в интервале [0; b]. При увеличении b от 0,5 до 0,8 (рис 8.5.1 и 8.5.2) «полоса пропускания» мозгового декодера расширяется. Система «учитель — ученик» является самонастраивающейся и способна функционировать, когда сложность изучаемых ЭУМ и вероятность помех изменяются в широких пределах [98].

4. Кибернетический подход к дидактическим системам

Для формирования инфокибернетического мышления следует познакомить студентов с возможностями применения метода кибернетического моделирования при изучении функционирования дидактических систем. При этом рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты.

Сущность метода кибернетического моделирования заключается в абстрагировании от физической природы изучаемого объекта, рассмотрении его

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

как системы, состоящей из преобразователей информации, и учете информационных потоков, управляющих воздействий, прямых и обратных связей [12, 76]. Применение кибернетических моделей в дидактике позволяет создать математическую и компьютерную модели учебного процесса, провести серию вычислительных экспериментов при различных параметрах системы и начальных условиях, построить графики, осуществить количественную интерпретацию и обосновать некоторые важные идеи теории обучения, опираясь на психологические закономерности восприятия, запоминания и забывания. В монографии [92] обсуждается компьютерная программа, моделирующая обучение, которая считывает из файла данные о распределении учебного материала, численно решает соответствующую систему математических уравнений и рисует графики зависимости количества знаний учащихся по той или иной теме от времени.

С точки зрения педагогической кибернетики ДС относится к замкнутым кибернетическим системам, а обучение сводится к управлению учителем («управляющее устройство») познавательной деятельностью ученика («объект управления») с целью формирования у него определенных качеств личности. Управление, то есть целенаправленное изменение объекта (ученика), возможно, когда сформулирована цель управления, существуют канал сбора информации о состоянии среды и объекта, канал воздействия на объект и способ управления, позволяющий с учетом информации о состоянии объекта и среды достичь поставленной цели. Учитель владеет ресурсами R (технические средства и методы обучения), получает информацию о состоянии ученика Y и его среды S. Задача учителя состоит в нахождении алгоритма обучения A, позволяющего изменить состояние ученика Y в соответствии с целями обучения C [135]. Учебный процесс можно описать пятеркой компонентов $U = \langle Y, S, R, C, A \rangle$.

Под управлением деятельностью ученика (или учебным процессом) понимается выработка и осуществление целенаправленных воздействий на ученика (или учебный процесс). Это предусматривает сбор и анализ информации о состоянии управляемого объекта (или процесса) и принятие соответствующих решений, выбор алгоритма обучения и т. д. **Цель управления** состоит в обес-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

печении максимальной эффективности обучения при минимальных (или фиксированных) временных и иных затратах. В ДС реализуется прямой канал связи ПКС от учителя к ученикам и обратные каналы ОКС от учеников к учителю (рис. 8.6). Учитель воздействует на ученика по прямому каналу связи ПКС, сообщая знания и отдавая управляющие команды. Информация о состоянии ученика приходит по обратному каналу связи ОКС с некоторой задержкой τ ; исходя из нее, учитель принимает решение о выборе соответствующей технологии обучения. Обратная связь может быть как положительной, так и отрицательной. Положительная ОС (ученик демонстрирует понимание изучаемых вопросов) приводит к «самовозбуждению» ДС: учитель начинает перескакивать через простые вопросы, повышает уровень требований, свертывает информацию, обсуждает более сложные учебные задания. Отрицательная ОС (учитель видит, что ученик плохо усваивает материал, не успевает решить задачу) снижает скорость передачи информации и уровень требований так, чтобы обучение протекало успешно. Это приводит к гомеостазу – поддержанию динамического равновесия системы, сохранению положительной мотивации ученика и интереса к предмету. Система «учитель – ученик» является самонастраивающейся и самоадаптирующейся.

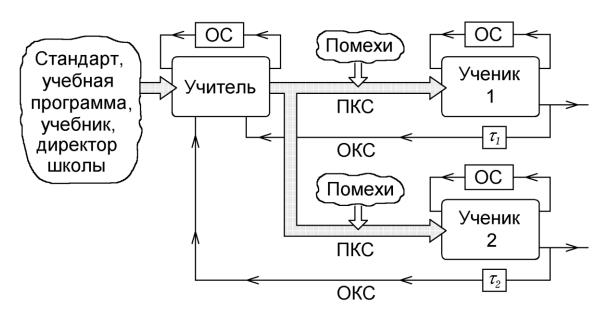


Рис. 7.6. Кибернетическая модель дидактической системы «учитель – ученики»

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Директор (стандарт, учебная программа, учебник) задают определенные параметры учебного процесса: количество и расписание занятий, совокупность изучаемых вопросов и решаемых задач, формируемые умения, навыки и т. д. (рис. 7.6). При этом: 1) накладываются определенные ограничения на учебный процесс; 2) определяется цель обучения: количества знаний ученика Zn_i на выходе по каждой і-й теме должны соответствовать заданным уровням требований L_i : $Zn_i \approx L_i$, i = 1, 2, ..., N. Каждый ученик по отдельности также является кибернетической системой, охваченной цепью обратной связи (ОС). Если ученик, выполняя учебные задания, систематически получает положительный результат, то это может привести к его «самовозбуждению», - у него повышается интерес к задачам данного типа, растет мотивация и коэффициент усвоения. Отрицательный результат вызывает снижение интереса к данному виду деятельности и скорости усвоения соответствующей информации. Учитель также охвачен обратной связью (ОС): он контролирует свою деятельность, анализирует ее результаты, выбирает такую технологию обучения, чтобы с минимальными затратами добиться поставленной цели: $Zn_i \approx L_i$. После успешного изучения очередного *j*-го ЭУМ система «учитель – ученик» находится вблизи состояния равновесия, так как знания ученика примерно соответствуют требованиям учителя: $Zn_i \approx L_i, \ i=1,\ 2,\ ...,\ j$. Когда учитель излагает новый (j+1)-й ЭУМ, он повышает уровень требований и нарушает равновесие ($Zn_{j+1} = 0$, L_{j+1} =1) создавая предпосылки для развития обучаемого. Ученик, изучая материал, приобретает соответствующие знания, умения, навыки и как бы адаптируется к требованиям учителя, уменьшая отставание $D_{j+1} = L_{j+1} - Zn_{j+1}$; в результате этого происходит его развитие. Учитель, протестировав ученика, адаптируется к его знаниям $Zn_i(i=1,2,...,j+1)$, формируя требования, выбирая содержание и методы обучения, при которых обучение происходит эффектив-HO.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

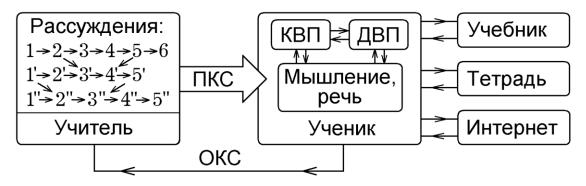


Рис. 7.7. Детализированная модель системы «учитель – ученик»

Учитель излагает последовательность ЭУМ, а ученик следит за ходом его рассуждений, мысленно, устно или письменно повторяя их. При обучении ученик активно использует мышление, кратковременную память КВП, долговременную память ДВП, устную и письменную речь, читает учебник, работает в Интернете и ведет записи в тетради. С учетом этого система «учитель – ученик» может быть представлена иначе (рис. 7.7). Учитель высказывает суждение 1, затем суждение 2, ..., суждение 5, выстраивая одну логическую цепочку за другой, устанавливая различные связи между понятиями, идеями, теориями. Ученик пытается понять ход рассуждений. Часть сообщаемой информации поступает в кратковременную память КВП и используется при выполнении мыслительных операций, в письменных и устных ответах на вопросы. Наиболее важные ЭУМ повторяются вслух, записываются в тетрадь, многократно используются при выполнении учебных заданий; в результате этого знания сохраняются в долговременной памяти ДВП. Учитель, излагая материал, рассматривает примеры, дает необходимые объяснения. При выполнении учебных заданий ученик извлекает информацию из ДВП, а также читает записи в тетради, работает с учебником и в Интернете. Учитель на занятии регулирует громкость чтения, меняет интонацию и скорость в зависимости от реакции учеников. Обратная связь реализуется так: 1) ученики сообщают о том, что они успевают понять, усвоить, записать и т. д.; 2) учитель проводит опрос, тестирование, проверочную работу, определяя количество усвоенной информации.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

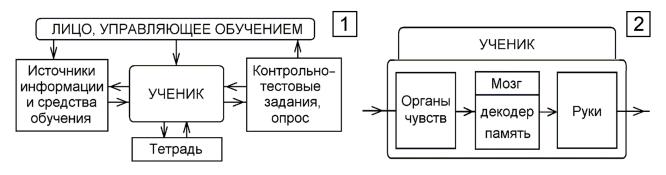


Рис. 7.8. Дидактическая система и ученик с точки зрения кибернетики

Недостаток рассмотренной модели состоит в том, что она не соответствует самостоятельной учебно-познавательной деятельности ученика (студента) при подготовке домашнего задания, работе над проектом, во время дистанционного обучения или самообразования. В этом случае дидактическая система включает в себя (рис. 7.8.1): 1) лицо, управляющее обучением (ЛУО), которое формулирует цели и задачи обучения, выбирает методику и средства обучения, время и место; 2) источники учебной информации (учитель, учебники, Интернет и т. д.); 3) ученика, представляющего собой систему, состоящую из органов чувств, «мозгового декодера», долговременной памяти и манипуляторов, то есть рук, с помощью которых ученик пишет в тетради, листает учебники, управляет электронными устройствами и т. д. (рис. 7.8.2); 4) тетради для записи и чтения важных мыслей и примеров выполнения учебных заданий; 5) контрольно-тестовых материалов, с помощью которых ЛУО определяет уровень знаний ученика, реализуя обратную связь. На функционирование ДС влияют управляющие воздействия со стороны ЛУО на ученика, на источники информации и средства обучения, а также обратная связь от ученика (результаты опроса или тестирования). Кроме того, реализуются прямые и обратные связи между учеником и источниками информации, учеником и тетрадью, учеником и тестирующими материалами и т. д. (рис. 8.8.1).

5. Информационные технологии в образовании

Одной из проблем педагогической кибернетики является проблема применения современных информационных технологий в учебном процессе [135]. Обсудим некоторые ее аспекты, заслуживающие внимания студентов педагогических вузов.

Первые попытки применения кибернетических идей в обучении привели к развитию программированного обучения и использованию обучающих компьютерных программ, что подробно проанализировано в работах А. А. Андреева, С. И. Архангельского, В. П. Беспалько [7], Б. Скиннера, И. В. Роберт [124, 125], А. В. Хуторского и др. В настоящее время большое распространение получило использование электронных устройств (компьютера, мультимедийного проектора, сотового телефона, Интернета и т. д.) для сообщения новой информации, тестирования учащихся, моделирования изучаемых объектов и процессов [50]. Даже простая компьютерная программа, предлагающая ребенку выполнить несколько заданий, при умелом использовании может привести к положительному результату. Рассмотрим, например, программу, которая предлагает решить 10-15 примеров на сложение и вычитание целых чисел, а в конце ставит оценку. Младший школьник может самостоятельно один раз в день запускать ее и выполнять задания. Функция учителя (родителей) состоит в создании соответствующей мотивации у ребенка к данному виду деятельности, а также к анализу получающихся результатов (оценок). Преимущества применения такого программного средства заключаются в следующем: 1) компьютер в отличие от человека может многократно повторить один и тот же вопрос и спокойно оценить правильность ответа; 2) обучаемый не испытывает отрицательных эмоций в случае ошибки и поэтому не боится ошибиться; 3) ребенок приучается работать с компьютером; 4) выполнение заданий практически не требует никаких временных затрат со стороны родителей или учителя. Вопрос о затратах времени и усилий важен потому, что наибольшее распространение в педагогической практике получают методические приемы, отличающиеся высо-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

кой эффективностью (то есть при минимальных затратах дают большой дидактический эффект).

Цель использования компьютеров в педагогической деятельности состоит: 1) в оказании педагогического воздействия на ученика, связанного с сообщением ему новых знаний, формированием умений, создании оптимальных условий развития существенных сторон его личности; 2) тестировании знаний, оценке умений и навыков учащихся. Поэтому под информационной технологией в педагогике следует понимать технологию обработки числовой, текстовой, графической, аудио- и видеоинформации на электронных устройствах, связанную с сообщением учебного материала, решением учебных задач, созданием компьютерных моделей, выполнением учебных экспериментов, тестированием учащихся, оценкой их знаний и умений. Для информационной поддержки учебного процесса применяются автоматизированные и экспертные обучающие системы, различные цифровые образовательные ресурсы, учебные базы знаний, тестирующие программы, электронные книги и энциклопедии, информационно-поисковые системы, мультимедийные системы, создающие эффект виртуальной реальности, а также образовательные телекоммуникационные сети.

Изучение **методов обработки информации** на ПЭВМ предполагает знакомство учащихся с различными текстовыми и графическими редакторами, с базами данных и динамическими таблицами, а также с созданием и обработкой видео-, аудио- и графических файлов. При изучении информатики учащиеся осваивают методы алгоритмизации и программирования, изучают языки Basic, Pascal, C++ и т. д., создают несложные программы.

В учебном процессе мультимедиатехнологии могут применяться для обработки графических, видео- и аудиофайлов, для создания различных презентаций, обучающих, развивающих программ, компьютерных энциклопедий и гипермедиа- и телемедиакниг. При этом используются гипермедиадокументы — текстовые файлы, содержащие в себе связи с другими текстовыми, графическими, видео- или звуковыми файлами. Применение специальных программ

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

позволяет достичь эффекта виртуальной реальности: в сознании пользователя создается некоторая модель реального мира, содержащая несуществующие объекты, которыми он оперирует. Преимущество мультимедийных продуктов заключается в одновременном использовании нескольких каналов восприятия, создании виртуальных моделей реальных ситуаций, явлений и экспериментов, визуализации абстрактной информации за счет динамического отображения процессов, установлении ассоциативных связей между различными объектами.

Современные электронные учебники, учебные энциклопедии и словари представляют собой комплекс программного и педагогического обеспечения, в котором широко используются интерактивный текст, мультимедийные картинки, видеофрагменты, анимации, учебный материал разбит на систему модулей, связанных гиперссылками. Иногда содержатся методические рекомендации и задания для учащихся. Развитие мультимедиатехнологии превратило ПЭВМ в эффективное средство для создания чувственно-наглядных образов изучаемых объектов и явлений, построения виртуальной модели реального мира.

Развитие компьютерной техники и средств связи обусловило появление и распространение вычислительных сетей. Школы и вузы имеют компьютерные классы и лаборатории, в которых ПЭВМ объединены в локальную сеть, допускающую выход в Интернет. Совокупность ПЭВМ после их объединения в сеть приобретает качественно иные свойства, расширяя возможности пользователя. Использование общих информационных и аппаратных ресурсов влияет на методику преподавания, изменяет работу учителя и учащихся. Всемирная паутина (World Wide Web) позволяет получать доступ к различным каталогам, базам данных, пользоваться электронной доской объявлений, проводить компьютерные конференции, общаться в реальном масштабе времени, то есть читать информационным ресурсам по Интернету, использование электронной почты для рассылки учебных текстов и контрольных работ, выполнение различных тестовых заданий, размещенных на удаленном сервере, делает возможным дистанционное образование.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Обучающая машина (ЭВМ с обучающей программой) необходима не для замены учителя, а для повышения эффективности учебного процесса [135]. Совокупность таких ЭВМ с соответствующим программным обеспечением, объединенных в сеть и подключенных к серверу, образуют систему электронного обучения. Автоматизированная обучающая система (АОС) включает в себя учителя (преподавателя), учеников (студентов), комплекс учебно-методических и дидактических материалов, а также автоматизированную систему обработки данных. Теперь учитель в большей степени занимается планированием процесса обучения, в то время как ЭВМ может заниматься обучением и тестированием учащихся. АОС предъявляет ученику блоки учебного материала, дает контрольные задания, вопросы теста; оценивает правильность ответа, указывает на ошибки, предоставляет возможность их исправить, позволяет реализовать дистанционное обучение и тестирование. Ученик во время работы с АОС вынужден вести себя более активно и самостоятельно, пытаться усвоить требуемый учебный материал, чтобы затем пройти тестирование.

Важным качеством АОС является возможность адаптироваться к способностям конкретного ученика, исходя из его ответов на вопросы теста. Адаптивная обучающая программа может изменять способы изложения учебного материала, подстраиваясь под конкретного учащегося, и тем самым повысить эффективность обучения. Можно сказать, что такая адаптивная ЭВМ должна уметь самообучаться, то есть изменять свое состояние и поведение в зависимости от предыстории взаимодействия с конкретным учащимся. Использование самообучающихся кибернетических систем, имеющих способность к самоорганизации, позволит решить проблему оптимизации обучения.

Функционирование АОС заключается в создании условий усвоения учащимися отдельных блоков (порций) учебного материала [124]. АОС предъявляет порцию теоретической информации, учащийся выполняет упражнения для осмысления и закрепления полученных знаний, АОС при необходимости оказывает помощь при выполнении упражнений, оценивает их правильность [116, 125]. В общем случае процесс управления обучением АСО сводится к следую-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

щему [135]: 1) учитель задает цель обучения в соответствии с учебной программой; 2) устройство управления выдает новую порцию учебного материала, которая поможет сформировать у ученика требуемые знания, умения и навыки; 3) обучаемый изучает материал и проходит тестирование, система определяет степень усвоения изученных вопросов; 4) осуществляется анализ результатов обучения, устройство управления принимает соответствующее решение о следующей порции материала.

Л. И. Магазинников, М. Ю. Шевелев, Ю. П. Шевелев в [60] проанализировали возможности компьютерного управления обучением и показали, что компьютер без учителя не способен эффективно управлять познавательной деятельностью учащегося, так как для этого необходима оперативная и высококачественная обратная связь. АОС не может оценить правильность слабоформализуемых ответов учащихся, не способна воспитать творческую личность и может быть только помощником учителя. Поэтому необходимо использовать систему обучения, состоящую из компьютера и преподавателя. Дальнейшее развитие АОС требует совершенствования системы контроля знаний учащегося. Ученые успешно решают проблему обучающего человеко-машинного диалога, повышая адекватность обучающей коммуникации путем применения логического и информационно-содержательного структурирования вербальной информации. В настоящее время проводятся исследования по следующим направлениям: автоматизация управления образованием, повышение эффективности традиционного и дистанционного обучения за счет использования ИКТ, создание электронных учебников, развитие интеллектуальных обучающих систем и др.

Глава 7 Оглавление Заключение

Глава 8. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ

Развитие кибернетического мышления у студентов педвуза может осуществляться при изучении биологических и социально-экономических систем. На занятиях по зоологии, биологии, анатомии, физиологии, психологии и естественно-научной картине мира используется инфокибернетический подход: функционирование и развитие клеток, органов, организмов и их сообществ анализируется с позиций теории управления [47, 49]. Биологическая кибернетика рассматривает общие закономерности управления, процессы хранения, передачи и переработки информации на разных уровнях: молекулярном, клеточном, тканевом, уровне органов и систем, организменном, биоценотическом [149, 154]. Социально-экономическая кибернетика занимается изучением процессов управления общественных и экономических систем; соответствующие вопросы рассматриваются на занятиях по обществознанию, истории, социологии, экономики [46, 53, 58]. В настоящей главе обсуждаются основные положения биологической и социально-экономической кибернетики, которые также входят в инф.-киб. картину мира.

1. Кибернетика биологических систем

Биологическая кибернетика изучает информационные процессы и цепи управления в биологических системах (клетках, организмах, биоценозах), рассматривая их с точки зрения процессов управления, системной организации и информационных процессов [10, 47]. При этом анализируются общие принци-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

пы и конкретные механизмы целесообразного саморегулирования и активного взаимодействия живых организмов и их сообществ с окружающей средой. Любое управление имеет цель; в данном случае целью является сохранение организмами своей структуры и функции (то есть жизни) в широком диапазоне внешних условий, а также осуществление сложных форм активности в абиотической, биотической, социальной и техносферной средах. Биокибернетика включает в себя [24]: 1) медицинскую кибернетику (компьютерные статистические модели заболеваний, функциональные схемы работы органов, процессы управления в системе здравоохранения); 2) физиологическую кибернетику (функционирование клеток, органов и систем для использования в медицинских целях); 3) нейрокибернетику (информационные процессы в нервной системе, неврологические модели); 4) психологическую кибернетику (моделирование психики и поведения человека). 5) молекулярную кибернетику; 6) клеточную кибернетику; 7) эволюционную кибернетику; 8) бионику, находящуюся на стыке биологической и технической кибернетики (применение моделей биологических процессов в технике, создание киборгов). Основные идеи биологической кибернетики представлены в работах П. К. Анохина [3], Н. А. Бернштейна, Л. А. Блюменфельда [10], Н. Винера [189], Ф. Джорджа, А.Б. Когана, Н. Н. Наумова, В. Г. Режабека, О. Г. Чораяна [47], У. Р. Эшби, И. И. Шмальгаузена [158].

При изучении зоологии, биологии, экологии, анатомии, медицины рекомендуется обращать внимание студентов на основные положения биокибернетики. Следует подчеркнуть, что и в технических, и в биологических системах управление соответствует принципам целенаправленности, целостности, необходимого разнообразия, внешнего дополнения, обратной связи и т. д. Это предполагает наличие у системы определенной цели и регулярный «мониторинг» текущих состояний для корректировки ее поведения [44, 47]. Живой организм может быть представлен в виде совокупности блоков, охваченных многочисленными обратными связями. В биологических системах часто сочетаются различные внутренние и внешние механизмы управления; это приводит к образованию нескольких контуров обратной связи. Регуляция важнейших

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

параметров организма (температура, артериальное давление) осуществляется с помощью различных механизмов управления. Большое количество встроенных механизмов авторегуляции функционируют в метаболической системе, занимающейся перевариванием и усвоением пищи. Важным процессом управления, который обеспечивает у низших животных большую часть транспортных процессов, является, например, пассивная регуляция скорости диффузии [154, 158].

В технических системах управления, как правило, можно выделить отдельные блоки: объект управления, датчик, блок сравнения, регулятор, исполнительный механизм. В системе регуляции внутренней среды организма (кровь, желудочный сок и т. д.) перечисленные выше блоки часто неразличимы и одновременно присутствуют в соответствующем органе. В живых организмах многие процессы сводятся к взаимному регулированию, осуществляемому по прямым и обратным связям [44]. Отрицательные обратные связи (ООС) стабилизируют состояние системы, способствуют ее восстановлению, обеспечивают гомеостаз. Положительные обратные связи (ПОС) увеличивают влияние входного воздействия на величину выходного сигнала, уводят систему от ее исходного состояния; это приводит к росту и развитию соответствующих качеств системы. Все это происходит в соответствии с принципом адаптивности: сложная система при наличии многочисленных обратных связей стремится изменить свое поведение так, чтобы лучше приспособиться к изменениям окружающей среды [149, 154].

В подтверждение выше сказанного преподаватель может рассмотреть следующие примеры **саморегуляции** биологических систем [3, 44, 47, 154, 158]:

1. Чем больше масса организма, тем больше его способность усваивать пищу, содержащую белки, жиры и углеводы. Всасывание стенками желудка продуктов переваривания белков возбуждает соответствующие железы, что приводит к повышению интенсивности желудочного сокоотделения и еще большему перевариванию; возникает ПОС. Такие ПОС часто создают порочный круг: болезнетворные воздействия вызывают изменения, которые еще больше ухудшают состояние организма, удаляя его от состояния равновесия.

- 2. У растений в соответствии с генетической программой появляется корневая система и лиственный покров. Корни обеспечивают питание организма, вследствие чего растут листья и развиваются их фотосинтетические способности (ПОС); это ограничивает ресурсы для разрастания корней (ООС). Глобальный механизм саморегуляции растения как целого включает в себя элементарные циклы генетического управления и циклы взаимного регулирования роста корневой системы и лиственного покрова.
- 3. Гормоны половых желез петухов вызывают рост гребня (реализуется ПОС), который, достигнув определенных размеров, тормозит деятельность половых желез (возникает ООС).
- 4. Цирковая лошадь долго бегает по кругу, надеясь получить «поощрение», при этом реализуется ПОС. Ее мышцы устают, скорость бега уменьшается, лошадь останавливается и отдыхает; так проявляет себя ООС, не позволяющая мышцам порваться.
- 5. Когда глаз аккомодируется на предмет, мышцы деформируют его хрусталик так, чтобы плоскость изображения точно совпала с сетчаткой. При этом он ведет себя как цифровая фотокамера с самофокусировкой (самоадаптирующаяся система).
- 6. В сердечной мышце находится синусовый узел, регулирующий частоту сердцебиений. Он реагирует на внешние и внутренние раздражители. Поэтому при волнении, в стрессовой ситуации, при повышении температуры окружающей среды или температуры тела, при сильной кровопотере происходит учащение сердцебиений. При беге пульс становится чаще, потому что увеличивается потребления кислорода и скорость циркуляции крови, а это требует более интенсивной работы сердечной мышцы. При этом усиливается обмен веществ, мышцы обеспечиваются дополнительной энергией, повышается эффективность их работы.

Живые организмы в состоянии покоя находятся вблизи состояния динамического равновесия. **Кибернетический принцип динамического равновесия** биологических систем сводится к следующим утверждениям [3, 158]:

- 1. Важным условием существования системы является внутреннее развитие и восходящее самосовершенствование (мышцы спортсмена без тренировок ослабевают, отсутствие трудностей ослабляет волю человека).
- 2. Существование и функционирование биологических систем представляет собой их прохождение через последовательность состояний неустойчивого равновесия в направлении, задаваемом сигналами управления.
- 3. Гомеостатические механизмы, основанные на использовании внутренних обратных связей, стремятся поддерживать все характеристики качества сложной системы на неизменном уровне, однако внешние и внутренние изменения стремятся нарушить эти усилия.
- 4. В процессе жизнедеятельности биологическая система периодически проходит точку полифуркации, после чего она может: 1) перейти на уровень гомеостатического равновесия с более низкой эффективностью функционирования; 2) приспособиться к новым условиям с сохранением эффективности; 3) за счет энергии управления перейти на уровень гомеостатического равновесия с более высокой эффективностью, соответствующий новым внешним условиям; 4) потерять равновесие, что приводит к разрушению системы [16].

2. Взаимодействие организма с окружающей средой

При обсуждении процесса взаимодействия организма с окружающими объектами также развивается кибернетическое мышление. Проанализируем схему рефлекторного кольца (рис. 8.1). Объект, с которым взаимодействует животное или человек, оказывает воздействие на рецепторы, вырабатываемый ими сигнал поступает в нервный центр через афферентный проводник (нервное волокно) [43, 158]. Нервный центр вырабатывает импульсы, которые через эфферентный проводник идут на эффектор (например, мышцы), а тот воздействует на объект. В случае безусловного рефлекса (например, уменьшение диаметра зрачка при увеличении освещенности) нервный центр принимает решение автоматически. При формировании условного рефлекса (то есть обучении) в мозгу человека должны установиться определенные синаптические связи, обеспе-

чивающие требуемую реакцию на конкретный раздражитель. Наконец, человек или животное, столкнувшись с некоторым объектом, могут «подумать» и затем принять решение или выбрать одну из нескольких стратегий поведения и взаимодействия с объектом.

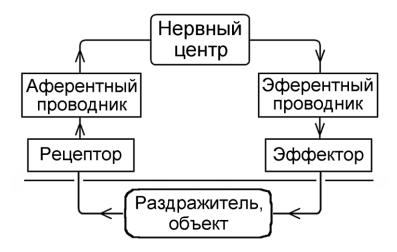


Рис. 8.1. Схема рефлекторного кольца

Функции задатчика и устройства управления выполняет мозг, формулирующий задание S_0 . Роль датчиков, оценивающих состояние объекта и окружающей среды, играют рецепторы органов чувств: зрения, слуха, обоняния, тактильные и т. д. Для нервной системы к внешней среде относится все, что не является ее частью: окружающие предметы, система пищеварения, костномышечная система и т. д. Эта среда воздействует на рецепторы, а возбуждение эффекторов приводит к определенным переменам в «среде». Решение принимает управляющее устройство (мозг); оно анализирует полученную и имеющуюся информацию, оценивает ситуацию и принимает решение о способе поведения и управляющих воздействиях, требующихся для достижения цели [12, 44]. Допустим, человек хочет открыть книгу на странице 54. Управляющие импульсы воздействует на эффекторы (мускулы), которые оказывают действие на объект (листают страницы). Состояние объекта контролируется рецепторами (органами зрения). Мозг, сравнивая результат действия эффекторов (состояние объект

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

та S) с требуемым состоянием S_0 , управляет работой эффекторов, добиваясь того, чтобы S достигло S_0 [154, 158].

В процессе эволюции происходило усложнение организмов, при этом совершенствовались рецепторы (датчики), нервная система и эффекторы [12]. Например, у кишечно-полостных за восприятие окружающего мира и центральное управление отвечают отдельные нервные клетки, а эффекторами являются сократительные волокна. У высших червей и моллюсков рецепторами являются глаза и внешние хеморецепторы, существует периферическая и центральная нервная система, эффекторами является нервно-мышечная система, а также органы звуковой и химической сигнализации. У человека и других млекопитающих имеется развитая система органов чувств, центральная нервная система, эффекторами являются мышцы, органы звуковой сигнализации, железы внутренней секреции.

Организация целенаправленного поведения высокоразвитых животных осуществляется благодаря функционированию следующих механизмов [3, 47]: афферентный синтез (обработка важной входной информации), принятие решений, акцептор результата действия, программа действия, многокомпонентный эффекторный аппарат. Важную роль играет мотивационное возбуждение, которое сигнализирует о потребности организма. Это вызывает появление намерений, связанных с побуждением и планированием поведения, формированием программы действий. Организм осуществляет запланированное действие и с помощью органов чувств воспринимает его результат. Мозг получает информацию о новом состоянии объекта, на которое направлено действие, сопоставляет результат действия с ожидаемым и оценивает успешность выполненных операций [187].

При обсуждении психических процессов (мыслительная деятельность, творчество и т. д.) используются методы психологической кибернетики. Она занимается кибернетическим моделированием психических качеств человека, различных видов его деятельности, памяти, мышления, сознания и подсознания в процессе взаимодействия людей между собой, с техническими, экологиче-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

скими, социальными системами. При этом управление рассматривается как неотъемлемое свойство интеллекта. Если биологическая эволюция происходит благодаря естественному отбору, выступающему в качестве «запаздывающей обратной связи», то благодаря интеллекту реализуется «опережающая обратная связь», обеспечивающая управление будущим путем его планирования и организации [139]. Синергетический эффект кооперации нескольких организмов объясняется более экономным использованием энергетических ресурсов, увеличением доступной информации и повышением интеллектуальных возможностей кооперативной системы.

3. Гомеостаз как важное свойство живых систем

Живые организмы являются кибернетическими системами, им присущ гомеостаз, проявляющийся в том, что любой живой организм при изменении характеристик внешней и внутренней среды стремится сохранить свои жизненно важные параметры в определенных пределах и тем самым обеспечить оптимальные условия существования. К этим параметрам относятся температура, артериальное давление, уровень сахара в крови, кислотность в желудке, концентрация эритроцитов и т. д. Гомеостаз можно рассматривать как проявление универсального принципа жизнедеятельности, согласно которому при нарушении динамического равновесия в организме включаются механизмы, устраняющие это нарушение [158]. В основе гомеостаза лежит способность к саморегуляции за счет того, что отклонение любого параметра гомеостаза является стимулом возвращения его к норме, то есть реализуется ООС. При этом в организме существует дублирование приспособительных механизмов. Организм реагирует, стремясь поддержать или восстановить динамическое равновесие внутренней среды и своих физиологических функций. При изучении гомеостаза рекомендуется рассмотреть следующие примеры [3, 10, 47, 158]:

1. Механизм терморегуляции у млекопитающих. При повышении температуры воздуха терморецепторы в коже вырабатывают сигнал, поступающий в мозг. Это обуславливает более интенсивное испарение влаги (пота) с поверх-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ности тела или изо рта, с языка (у собак, например) и охлаждение организма. Также происходит расширение сосудов, повышение интенсивности кровотока в сосудах кожи, что приводит к повышению теплопроводности поверхностных тканей. При понижении температуры уменьшается интенсивность потовыделения, происходит сужение кровеносных сосудов кожи и сокращение волосковых мышц, вызывающее увеличение шерстяного покрова.

- 2. Динамическое равновесие популяции. Уменьшение численности популяции приводит к увеличению запасов пищи, росту коэффициента размножения и повышению выживаемости. Реализуется следующая логическая цепочка: уменьшение численности => увеличение запасов пищи => увеличение воспроизводства и выживаемости => рост численности => истощение запасов пищи => уменьшение воспроизводства и выживаемости => уменьшение численности и т. д. Гомеостаз популяций состоит в поддержании оптимальной плотности популяции, соответствующей динамическому равновесию с окружающей средой. У растений конкуренция проявляется в самоизреживании всходов, когда слабые растения, угнетаемые сильными, погибают. У животных наблюдается каннибализм: при недостатке пищи старшие птенцы съедают младших, взрослые окуни съедают своих мальков и т. д.
- 3. Регулирование положения тела во время стояния, ходьбы и езды на велосипеде посредством соответствующей деятельности мышц. При управлении автомобилем реализуется человеко-машинная система регулирования.
- **4.** Поддержание постоянной температуры в пчелином улье. При понижении температуры пчелы усаживаются тесно и создают тепло сокращением мышц и биением крылышек. При высокой температуре они приносят в разные места ульев воду и разгоняют воздух крыльями так, что из-за испарения температура понижается [158, с. 179]. В результате температура в улье поддерживается в интервале 34,5–35,5 градусов.
- 5. Другие примеры гомеостаза: поддержание уровня сахара в крови (за счет преобразования в печени гликогена в сахар); установка органов чувств на определенный диапазон восприятия, в котором, несмотря на изменения интен-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

сивности раздражения, эти органы чувств эффективно работают (например, увеличение диаметра зрачка при уменьшении освещенности); увеличение активности легких и количества выдыхаемого ими углекислого газа при увеличении его концентрации в организме животного; поддержание требуемого уровня глюкозы печенью и поджелудочной железой; осморегуляция почек, в ходе которой поддерживается постоянным количество минеральных веществ и воды в теле; удаление отходов обмена веществ, осуществляемое почками, легкими, потовыми железами, желудочно-кишечным трактом.

Еще одним важным свойством живых организмов является их **способность к самоорганизации.** Существуют два пути перехода кибернетической системы на более высокий уровень организованности: 1) изменение функций и изменение структуры за счет появления новых связей при одинаковом количестве элементов; 2) изменение структуры за счет изменения числа элементов, связей между ними и образования новых уровней. Примеры: изменения в ДНК при мутациях, возникновение синоптических связей между нейронами коры головного мозга при обучении, творчество отдельных индивидуумов.

4. Понятие эволюционной кибернетики

Одним из компонентов биокибернетики является эволюционная кибернетика; она занимается исследованием эволюции биологических систем, изучая эволюцию видов, биоценоза, цивилизации, закономерности развития личности индивида, соответствующие нормы, патологии и т. д. Она включает в себя:

1) эволюционное моделирование (модели возникновения молекулярногенетических систем, эволюции системогенеза, искусственной жизни и т. д.);

2) эволюционную психофизику сознания (эволюционную кибернетику коммуникаций, модели эволюции сенсорных систем, нейронных сетей, эволюции мышления).

Происхождение и эволюция живых организмов является результатом биологической самоорганизации, в основе которой – исключительное разнообразие обратных связей на всех уровнях живых систем. **Биологическая самоор**-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ганизация происходит на всех уровнях; она обусловлена возникновением механизмов положительной обратной связи, способствующих протеканию процессов развития. С позиций инфокибернетического подхода происхождение жизни сводится к возникновению самовоспроизводящихся информационных биологических систем вместе с кодирующей их информацией, а биологическая эволюция представляет собой «процесс прогрессивной оптимизации интегральной системы жизни» [47]. Она происходит по многочисленным структурным, функциональным, термодинамическим, информационным показателям на всех уровнях (субклеточном, клеточном, органном, организменном, видовом и биоценотическом). Цель эволюции — создание организма, максимально приспособленного к окружающей среде.

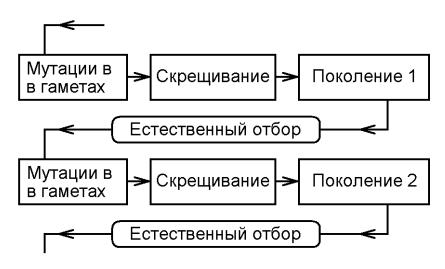


Рис. 8.2. Обратная связь в процессе эволюции

Рассмотрим кибернетическую модель эволюционного процесса, которая представлена на рис. 8.2. Из-за естественной радиоактивности происходят мутации: радиоактивные частицы повреждают ДНК в гаметах. После скрещивания появляется новое поколение — носители измененных генов. Происходит естественный отбор, играющий роль «запаздывающей обратной связи», возникают регуляторные ПОС, способствующие развитию полезных признаков, и ООС, выполняющие ограничительные функции, ослабляющие вредные признаки. Более приспособленные организмы получают преимущество в размноже-

нии, что играет роль механизма ПОС, выступая в качестве движущей силы естественного отбора. Менее приспособленные организмы, получившиеся в результате мутаций, гибнут; происходит стабилизация состояния системы [158].

5. Кодирование информации в ДНК и РНК

Большое значение для биокибернетики имеет проблема кодирования наследственной информации [49]. Генетический аппарат осуществляет прямое регулирование развития организма по программе, заложенной в молекуле ДНК, являющейся материальным носителем наследственной информации. Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — макромолекула (одна из трех основных, две другие — РНК и белки), обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. ДНК похожа на двойную спираль, находится в ядрах клеток, содержит информацию о структуре различных видов РНК и белков. Информация в ДНК закодирована последовательностью нуклеотидов (аминокислот), состоящих из фосфатной группы, остатка молекулы сахара и азотистого основания. ДНК человека содержит приблизительно 3 · 10 9 пар нуклеотидов. Ген — участок молекулы ДНК, отвечающий за проявление некоторого признака и состоящий из 50 000 пар нуклеотидов (в среднем).

Дж Нейман, обсуждая возможности создания универсального **самовос-производящегося автомата**, отметил, что он должен иметь такую же структуру, как и живые организмы, что позволит ему обеспечить воспроизведение (копирование) кодирующей его информации. Рассмотрим синтез белка с точки зрения теории кодирования [43, 49]. Молекула белка представляет собой слово, записанное двадцатибуквенным кодом; в качестве символов выступают различные аминокислоты, число которых у большинства организмов равно 20. В свою очередь нуклеиновые кислоты также являются словами, записанными четырехбуквенным кодом: аденин, гуанин, цитозин, тимин (для ДНК). Информация в молекуле РНК закодирована аналогично, но вместо тимина — урацил. Имеется строгое соответствие между этими кодами; каждой аминокислоте от-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

вечает комбинация не менее чем трех нуклеотидов. Двух нуклеотидов недостаточно, так как $4^2 = 16$, а это меньше 20. Должен быть триплет: из 4 элементов по 3 получается $4^3 = 64$ различных сочетания.

Примером управляемого биологического процесса является развитие организма животного из оплодотворенной яйцеклетки. Организм реализует программу, закодированную в молекуле ДНК; именно поэтому потомство, развиваясь автономно, оказывается похожим на родительские особи. Цель управления в данном случае - получение целостного взрослого организма; она достигается даже при часто происходящих возмущениях внешней среды и различных внутренних поломках. В процессе развития в каждой клетке происходит матричный синтез молекулы белка (биосинтез), состоящий из двух этапов: транскрипции и трансляции. В результате репликации ДНК происходит ее удвоение (расплетение на две нити), а затем реакция синтеза РНК. Роль матрицы играют молекулы ДНК или РНК. Передача информации о структуре белка происходит с помощью и-РНК, которые синтезируются в процессе транскрипции с ДНК. В результате молекула и-РНК оказывается копией одной из спиралей молекулы ДНК. Затем происходит трансляция – перевод и-РНК в последовательность аминокислот. Молекулы и-РНК направляются к рибосомам, синтезирующим белок. К ним же из цитоплазмы поступают аминокислоты; из них строится соответствующий белок, представляющий собой цепь из последовательно расположенных аминокислот. Рибосома скачкообразно скользит по и-РНК, «шажками» перемещаясь с триплета на триплет, транслируя его. При этом синтезируется полипептид, выходящий из рибосомы, которая выполняет функцию молекулярного автомата синтеза белка [47, 158].

6. Представления о социально-экономической кибернетике

Формирование инф.-киб. картины мира предполагает знакомство с основными идеями **социокибернетики**, занимающейся изучением и организацией процессов управления в социальных системах [157]. Многие социальные процессы плохо поддаются формализации, поэтому наибольшие успехи дос-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

тигнуты в исследовании экономических систем, для которых разработаны различные количественные показатели, математические и компьютерные модели. При анализе социально-экономических процессов используется системное мышление и кибернетический подход; все объекты рассматриваются как системы, состоящие из одного или нескольких преобразователей информации [53]. Важным методом является мультиагентное моделирование, в ходе которого люди заменяются программными агентами, образующими искусственное общество и взаимодействующими в соответствии с заданными правилами поведения [27]. Примерами социальных систем являются группа людей, трудовой коллектив, отрасль промышленности, общество, человеческая цивилизация. Правительство для управления населением страны использует прямые связи: законодательная и исполнительная власть, средства массовой информации, воздействующие на сознание людей, а также правоохранительные органы, спецслужбы и т. д. Кроме того, налажены обратные связи: выборы новых руководителей, мониторинг общественного мнения, всевозможные опросы населения и социальные исследования, позволяющие правительству получить информацию о состоянии общества и настроении людей.

Человеческая цивилизация также относится к кибернетическим системам. В мире поддерживается динамическое равновесие, баланс сил. При нарушении этого равновесия ситуация ухудшается, возникают конфронтации, кризисы, войны. Отрицательные ОС возвращают систему в состояние динамического равновесия (мирного развития). Образуются новые международные организации (например, ООН), которые помогают правительствам принять правильные решения и избежать международного конфликта. ПОС раскачивают ситуацию, обуславливая нарастание как негативных и позитивных процессов. Нечто похожее происходит в сфере международной торговли, продаже энергоносителей, на валютном рынке и т. д. [53].

Экономическая кибернетика занимается прикладными аспектами анализа и синтеза производственно-экономических систем, изучает процесс управления предприятием, корпорацией, отраслью, промышленным комплексом,

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

экономикой страны, всей цивилизацией [46, 58, 157]. При нормальном стечении обстоятельств предприятие (отрасль, экономика государства) находится в состоянии динамического равновесия, то есть устойчиво функционирует при допустимых отклонениях следующих внешних параметров: рыночный спрос, цена на энергоносители, закупки материальных ресурсов, вариации условий транспортировки, курс рубля и т. д. Поэтому социально-экономическим системам присущ гомеостаз; они являются саморегулирующимися, самонастраивающимися и самоорганизующимися системами.

Кибернетическое моделирование социально-экономических систем имеет большое практическое значение, так как позволяет спрогнозировать развитие предприятия, отрасли промышленности, сельского хозяйства, экономики региона, целого государства или всей человеческой цивилизации [163]. При изучении этого вопроса рекомендуется проанализировать различные подходы к компьютерному моделированию социально-экономических процессов и рассмотреть учебную модель экономического и демографического развития общества, предложенную автором в учебном пособии [82, с. 531–535].

Рассмотрим гипотетическое Государство, в котором люди могут дожить до 100 лет (рис. 8.3). Люди в возрасте от 0 до 19 лет учатся за счет Государства, а в возрасте от 20 до 60 лет работают, создавая прибыль и увеличивая размеры бюджета. Граждане в возрасте от 20 до 40 лет способны родить ребенка, причем эта способность пропорциональна уровню жизни. Из-за болезней люди всех возрастов умирают; зависимость вероятности смерти от возраста известна. Часть бюджета идет на социальные нужды и приводит к повышению уровня жизни, а также на пособие за рождение ребенка и обучение людей от 1 до 19 лет. Допустим, что сначала система находилась в состоянии динамического равновесия, а в момент t_K происходит кризис, в результате которого количество денег в бюджете резко уменьшается. Предложенная компьютерная модель рассчитывает состояние общества до и после кризиса, помогает разыграть различные сценарии выхода из кризиса, позволяющие стабилизировать падение рождаемости и увеличение населения Государства до прежнего уровня.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

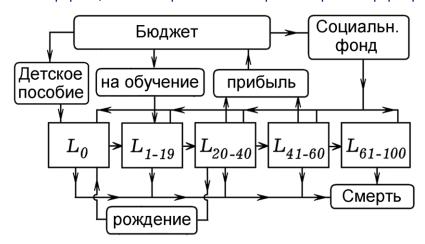


Рис. 8.3. Кибернетическая модель развития общества

Предположим, что общество сначала развивалось стабильно, численность населения изменялась медленно, пока в момент $t_1 = 300$ лет не произошел экономический кризис, в результате чего количество денег в бюджете уменьшилось в 3 раза. Из получающихся графиков (рис. 8.4.1) видно, что при уменьшении количества денег в бюджете резко падает уровень жизни и, как следствие, уменьшается рождаемость. При неизменном уровне смертности это приводит к уменьшению численности населения. В этой ситуации имеющееся количество L_{20-60} работающих людей неспособно обеспечить обучение большого числа L_{1-19} молодежи и сохранить высокий уровень жизни всех членов общества L_{0-100} . Через некоторое время L_{0-100} уменьшается, и ситуация снова стабилизируется; уровень жизни U становится прежним при меньшем количестве L_{0-100} .

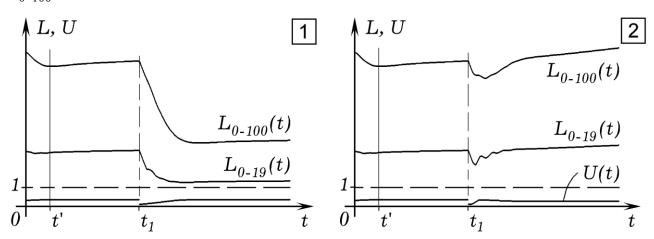


Рис. 8.4. Моделирование кризиса и выхода из кризиса

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Теперь, изменяя макропараметры системы, задаваемые правительством, попытаемся выйти из демографического кризиса и вернуть численность населения на прежний уровень. Пусть правительство с некоторым запаздыванием реагирует на ухудшение экономической ситуации и в период с 310 г. по 330 г. принимает меры: 1) плавно повышает долю социальных выплат, увеличивая коэффициент k_{soc} с 0,25 до 0,6 с шагом 0,02 в год; 2) заинтересовывает молодых людей в рождении большего количества детей, повышая рождаемость k_{rod} с 0,1 до 0,11. Из получающихся графиков (рис. 8.4.2) следует, что на преодоления последствий кризиса потребуется 100 лет, после чего численность населения возвратится примерно на прежний уровень. Модель также позволяет изучить колебания численности людей любого возраста L_i , вызванные тем, что у более многочисленного поколения рождается больше детей, которые через 25—35 лет также воспроизводят больше детей и т. д. Эти колебания являются затухающими, их период приблизительно равен времени жизни поколения [82].

Важно подчеркнуть, что с точки зрения кибернетики государственный аппарат и народ представляет собой замкнутую систему, охваченную прямыми и обратными связями. К. Дойч, обсуждая кибернетическую модель государства (политической системы), выделяет четыре блока, которые отвечают: 1) за мониторинг общественного мнения, получение и отбор информации на «входе» системы через «рецепторы»: информационные службы, правительственные приемные, агентурную сеть и т. д.; 2) обработку, анализ и оценку поступившей информации (с учетом шкалы ценностей, принятой в государстве); 3) принятие политических, управленческих и иных решений (правительство); 4) претворение решений в жизнь с помощью внутренних и внешних «эффекторов» (исполнительных органов, СМИ, агентов влияния) [153, с. 134]. Объектом управления является население государства. В результате воздействия «эффекторов» изменяется состояние общества, общественное мнение, которое опять регистрируется «рецепторами».

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

В конце 70-х годов XX века группа сотрудников Массачусетского института под руководством Д. Х. Медоуз и Д. Форрестера создали первые глобальные модели развития человечества: WORLD-1, WORLD-2 и WORLD-3 [146, 147]. Модель WORLD-3 контролирует численность населения, уровень загрязнения окружающей среды, количество невозобновимых ресурсов, состояние сельского хозяйства и производства продуктов питания, объем промышленного производства, состояние экономики в целом. Модель содержала более 200 взаимосвязанных переменных, среди которых численность населения, природные ресурсы, продолжительность жизни, площадь обрабатываемых земель, годовое приращение капитала, капиталовложения в сельское хозяйство и промышленность, их уровень развития, загрязнение окружающей среды и др. Для оценки параметров модели использовались многочисленные статистические данные. В модели WORLD-3 анализируется экономика с 1900 до 2100 года, причем первые 90 лет используются для ее «подгонки» под эмпирические данные путем правильного подбора параметров [110, с. 766–771]. Симуляция WORLD-3 позволила предсказать различные сценарии развития системы в 1990-2100 гг. Было установлено, что если человечество сохранит основные тенденции своего развития, то есть избежит глобальных катаклизмов и не будет прилагать особых усилий по сохранению ресурсов и охране окружающей среды, то в 2050 году произойдет достаточно резкое падение большинства показателей развития экономики, продолжительности жизни и повышение уровня загрязнения окружающей среды.

Кроме прогноза эволюции человечества при сохранении существующих в настоящее время тенденций, были также рассмотрены другие возможные сценарии развития событий, приводящие к хаосу и даже коллапсу всей системы. Установлено, что для сохранения устойчивого динамического равновесия необходимо стабилизировать численность населения и объемы промышленного производства, повысить эффективность использования природных ресурсов, внедрить энергосберегающие технологии, уменьшить выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду [110, 146].

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Существуют и другие глобальные модели для прогнозирования климатических изменений, обусловленных парниковым эффектом, в которых обрабатываются огромные массивы данных о состоянии атмосферы, мирового океана и других подсистемах. Например, модель IMAGE, созданная для изучения парникового эффекта, включает в себя подмодель «Промышленная энергетическая система». В ней анализируется 13 промышленных регионов, для каждого из которых вычисляется расход энергии и производимая продукция. Она содержит подмодель «Экосистема суши», в которой земная поверхность разбита на квадратные ячейки со стороной около 50 км; для каждой ячейки определяются климат, топография, почва и растительный покров с учетом изменений, вносимых при использовании человеком этих земель для развития сельского хозяйства и промышленности. Специальные подмодели рассчитывают изменения растительного покрова, продуктивность сельского хозяйства, потребности населения в пище, корме для животных, древесине, топливе и т. д. Для этого учитываются потоки продовольственных и промышленных товаров, интенсивность автотранспорта, инфраструктура, численность населения. Все это позволяет промоделировать углеродный обмен для каждой местности и баланс газов, определяющих парниковый эффект, спрогнозировать таяние полярных льдов, поднятие уровня мирового океана, потепление климата в Северном полушарии, смещение границ растительности и другие эффекты.

Заключение

В монографии рассмотрена актуальная проблема формирования инф.-киб. картины мира у студентов педагогических вузов. При этом:

- 1. Обоснована целесообразность использования понятий «инф.-киб. картина мира», «инфокибернетическое мышление» и «инф.-киб. мировоззрение» при обсуждении различных аспектов изучения информатики и кибернетики. Под инф.-киб. картиной мира предлагается понимать обобщенную модель окружающего мира, включающую в себя представления об информации и методах ее измерения, общих принципах управления, объяснение информационных процессов и функционирования кибернетических систем различной природы. Ее построение в сознании студентов является важной составляющей формирования инфокибернетического мировоззрения.
- 2. Показано, что одним из условий формирования инф.-киб. картины мира является развитие **инфокибернетического мышления**, которым называется когнитивный процесс установления связей между частями информационных и кибернетических систем, особый способ объяснения их функционирования, предусматривающий: 1) выделение основных блоков, информационных потоков и цепей управления; 2) логическое сведение анализируемых процессов к основным положениям информатики и кибернетики; 3) создание алгоритмов и компьютерных программ; 4) взаимодействие с информационными и кибернетическими системами с целью решения практических задач.
- 3. Показано, что инф.-киб. мышление включает в себя три составляющие: 1) **инфологическое мышление**, то есть способность применять теоремы Шеннона и другие положения информатики для объяснения методов кодирования различных видов информации; 2) **алгоритмическое мышление** как совокуп-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ность мыслительных действии, приводящих к созданию алгоритма или компьютерной программы, решающей данную задачу; 3) кибернетическое мышление, то есть умение применять инф.-киб. подход для анализа и синтеза информационно-кибернетических систем.

- 4. Предложена методическая система формирования инф.-киб. картины мира и развития инфокибернетического мышления, включающая в себя цели и задачи, содержание, средства, используемые методы и методику обучения, в которой отражены современные тенденции обучения информатике и кибернетике. Она предусматривает: 1) теоретическое изучение основных понятий, законов информатики и кибернетики; 2) объяснение и обсуждение функционирования различных инфокибернетических систем (технических, биологических, педагогических, социальных и экономических); 3) анализ алгоритмов, программирование различных устройств; 4) выполнение учебных и тестирующих заданий на создание математических и компьютерных моделей различных систем; 5) «изобретение» информационных и кибернетических систем с заданными свойствами и объяснение их принципа действия; 6) создание и экспериментальное изучение технических систем управления.
- 5. Выявлены методы активизации учебно-познавательной деятельности студентов при изучении основных положений инф.-киб. картины мира, особенности методики развития инфологического, алгоритмического и кибернетического мышления, использования компьютерных моделей. Проанализированы психолого-педагогические условия формирования инф.-киб. картины мира и инфокибернетического мышления, способы повышения интереса студентов к учебной деятельности.
- 6. Рассмотрен вопрос об экспериментальном изучении кибернетических систем, при этом обсуждена методика изучения: 1) электромагнитного реле; 2) фотодатчика на транзисторе; 3) реле времени; 4) самоадаптирующейся оптоэлектронной САУ на базе компьютера; 5) разомкнутой и замкнутой оптомеханической системы управления; 6) системы автоматического регулирования

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

скорости вращения электродвигателя; 7) основ робототехники с помощью комплекта LEGO Mindstorms.

- 7. Сформулированы основные идеи и понятия педагогической кибернетики, имеющие непосредственное значение для развития педагогических взглядов и профессиональных компетенций будущих учителей. Проанализированы: 1) проявление принципов кибернетики в дидактике; 2) информационный и кибернетический подходы к исследованию дидактической системы «учитель ученики»; 3) возможности использования информационных технологий в образовании.
- 8. Обсуждены отдельные аспекты формирования инф.-киб. картины мира при изучении основ биологической и социально-экономической кибернетики в педагогическом вузе. Проанализирована учебная компьютерная модель развития общества, рассмотрены глобальные модели развития человечества.

Заключение

Оглавление

Приложение 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Методика модульного обучения (главы 2 и 3) предполагает укрупнение дидактических единиц и создание учебных модулей или блоков. Каждый такой блок представляет собой систему утверждений и учебных заданий, которые объединены на основе смысловых связей и образуют порцию учебного материала, усваиваемую как единое целое. При создании модулей использовались учебные и учебно-методические пособия следующих ученых-методистов: О. А. Акулов и Н. В. Медведев [1], Е. В. Андреева, Л. Л. Босова, И. Н. Фалина [2], С. А. Бешенков и Е. А. Ракитина [8], И. В. Блинова и И. Ю. Попов [9], А. Г. Гейн, А. Б. Ливчак, А. И. Сенокосов и Н. А. Юнерман [19], А. С. Грошев [21], В. К. Душин [29], Н. И. Иопа [39], А. В. Могилев, Н. И. Пак и Е. К. Хеннер [110], Ч. Петцольд [117], К. Ю. Поляков и Е. А. Еремин [118], А. Я. Савельев [128], И. Г. Семакин, Л. А. Залогова, С. В. Русаков и Л. В. Шестаков [133], Б. В. Соболь, А. Б. Галин, Ю. В. Панов, Е. В. Рашидова и Н. Н. Садовой [134], Б. Е. Стариченко [137], Н. Д. Угринович [142, 143], М. С. Цветкова и И. Ю. Хлобыстова [143, 151], А. Х. Шелепаева [155].

Тема 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Модуль 1.1. Энтропия как мера неопределенности знаний

Простейшая информационная система имеет структуру: «датчик – канал связи – регистрирующее устройство». Датчик, измеряющий физическую величину, создает электрический сигнал. Данные – это зарегистрированные сигналы. Методы регистрации сигналов предполагают перемещение тел, изменение формы, поверхности, электрических, магнитных и оптических характеристик носителя информации, изменение состояния электронной системы и т. д. К основным операциям с данными относятся сбор, формализация, фильтрация, сортировка, архивация, защита, передача и преобразование информации.

Пусть выход датчика в зависимости от измеряемой величины может принимать n различных состояний. Каждый акт измерения является опытом с n ис-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

ходами, результат которого заранее не определен. Аналогично, при формировании сообщения каждый символ выбирается из алфавита, содержащего n букв, что может рассматриваться как осуществление опыта с n исходами.

Проведение опыта (получение сообщения) снижает неопределенность наших знаний об объекте. Если опыт имеет n исходов, то мерой неопределенности является функция H(n), зависящая от числа исходов. Если n=1, то неопределенность отсутствует и H(n)=0; с ростом n функция H(n) возрастает. Рассмотрим два независимых опыта 1 и 2 с количествами равновероятных исходов n_1 и n_2 . Сложный опыт, состоящий в одновременном выполнении опытов 1 и 2, имеет $n_1 \cdot n_2$ равновероятных исходов (то же самое относится к сообщению из двух символов). Итак, мера неопределенности сложного опыта должна быть равна сумме мер неопределенностей опытов 1 и 2: $H(n_1 \cdot n_2) = H(n_1) + H(n_2)$. Перечисленным требованиям удовлетворяет функция $H(n) = \log_a(n)$, которая называется энтропией. Если a=2, то единицей измерения H является бит (binary digit — двоичная цифра), если a=2,72..., то нит, если a=10, то дит. Энтропия опыта с n равновероятными исходами находится по формуле Хартли: $H(n) = \log_2(n)$ (бит).

Вопрос: Кубик бросили на горизонтальную поверхность. Чему равна энтропия этого опыта с 6 равновероятными исходами?

Модуль 1.2. Формула Шеннона

Если в опыте n равновероятных исходов, то вероятность каждого из них $p_i = 1/n$, i = 1, 2, ..., n. На долю каждого исхода приходится энтропия $H_i = (1/n)\log_2(n) = -(1/n)\log_2(1/n) = -p_i\log_2 p_i$. Аналогичный результат должен получаться для опыта с неравновероятными исходами. В общем случае полная энтропия опыта с n исходами вычисляется как сумма всех H_i . Отсюда следует формула Шеннона:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i,$$

где p_i – вероятность i -го исхода.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

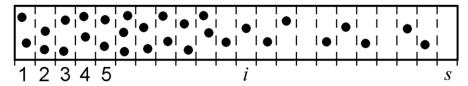


Рис. Π 1-1. Система из N молекул газа

Энтропия термодинамической системы определяется по формуле, аналогичной формуле Шеннона. Пусть в сосуде объемом V находятся N молекул газа (рис. П1-1). Мысленно разделим объем V на s одинаковых элементарных объемов ΔV_i и подсчитаем число молекул n_i в каждом объеме ΔV_i (i=1,2,...,s). Мерой беспорядка является энтропия

$$H = -\sum_{i=1}^{s} \frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) = -\sum_{i=1}^{s} p_i \ln(p_i), \ \sum_{i=1}^{s} n_i = N, \ p_i = \frac{n_i}{N}.$$

Если молекулы распределены совершенно беспорядочно и однородно, то $N/n_i=s$, а энтропия максимальна и равна $-\ln(n_i/N)=-\ln p_i=\ln s$. Если молекулы оказались внутри одного k-го элементарного объема ($p_k=1$ и $p_j=0$ для $j\neq k$), то система максимально упорядочена, ее энтропия H=0.

Теорема. При одном и том же числе исходов наибольшую энтропию имеет опыт с равновероятными исходами.

Докажем эту теорему для опыта с двумя исходами, энтропия которого равна: $H(p) = -p \ln p - (1-p) \ln (1-p)$. Исследуем функцию H(p) на максимум, для чего продифференцируем ее по p и приравняем к 0:

$$dH/dp = -\ln p - 1 + \ln(1-p) + 1 = 0.$$

Имеем: $\ln p = \ln(1-p)$. Это выражение превращается в истинное высказывание, когда p = 1-p, p = 0.5, то есть оба исхода равновероятны.

Задание: Используя формулу Шеннона, определите энтропию опыта с 4 исходами, вероятности которых равны: 0,26, 0,32, 0,17, 0,25.

Модуль 1.3. Количество информации и методы его измерения

Пусть до получения сообщения имеются некоторые предварительные сведения об объекте α . Мерой нашей неосведомленности является функция $H(\alpha)$, которая в то же время характеризует неопределенность состояния объекта. После получения некоторого сообщения β получатель приобретает до-

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

полнительную информацию $I_{\beta}(\alpha)$, уменьшающую его априорную неосведомленность так, что апостероидная (после получения сообщения β) неопределенность его знаний о состоянии объекта становится равной $H_{\beta}(\alpha)$. Тогда количество информации $I_{\beta}(\alpha)$ об объекте, содержащееся в сообщении β , равно убыли энтропии, то есть уменьшению неопределенности знаний: $I_{\beta}(\alpha) = H(\alpha) - H_{\beta}(\alpha)$. Если после сообщения неопределенность обратилась в ноль: $H_{\beta}(\alpha) = 0$, то первоначальное неполное знание заменится полным знанием, и количество информации в сообщении будет равно начальной (априорной) энтропии $I_{\beta}(\alpha) = H(\alpha)$. Иными словами, энтропия объекта $H(\alpha)$ может рассматриваться как мера недостающей информации.

Методы измерения информации. Существуют следующие подходы к измерению количества информации, содержащейся в сообщении: 1) объемный подход, предполагающий подсчет количества символов (слов, страниц); 2) энтропийный (вероятностный) подход, основанный на формулах Хартли и Шеннона; 3) комбинационный подход, предусматривающий нахождение числа всевозможных сочетаний символов (элементов системы) при фиксированном объеме сообщения; 4) алгоритмический подход, требующий максимально краткого и одновременно полного описания объекта или способа его воссоздания; 5) семантический подход, предполагающий учет смыслового содержания сообщения и заключающийся в выделении и подсчете в тексте семантических единиц информации (СЕД); 6) прагматический подход, учитывающий полезность сообщаемых знаний для получателя сообщения; 7) функциональнокибернетический подход, принимающий во внимание степень изменения тезауруса приемника сообщения. При этом под тезаурусом понимают систематизированный набор терминов и связей между ними, относящихся к определенной предметной области. Получатель понимает сообщение, если его тезаурус включает в себя тезаурус источника. Свойства информации: актуальность, важность, достоверность, понятность целостность, новизна, полнота, адекватность, объективность, стоимость, секретность.

Вопрос: Вам известно, что поезд приедет во второй половине суток. Пришло новое сообщение: «Поезд приедет в интервале от 13 до 15 часов». Сколько информации в сообщении?

Тема 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СВЯЗИ

Модуль 2.1. Передача информации по каналу связи

Рассмотрим источник дискретной информации, вырабатывающий последовательность сигналов (символов) из множества $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$ (рис. П1-2). Допустим, сигналы следуют независимо друг от друга; такой источник называется дискретным источником без памяти. Кодер осуществляет двоичное кодирование, в процессе которого каждому сигналу a_s ставится в соответствие некоторое m-разрядное двоичное слово: $K(a_s) \rightarrow \alpha_{1s} \alpha_{2s} ... \alpha_{ms}$, где $\alpha_{is} \in \{0,1\}$. Для двоичного кодирования всех n сигналов необходимо количество разрядов m, равное наименьшему целому числу, превышающему $\log_2(n)$ ($2^m \ge n$). После кодера закодированное сообщение a_i превращается модулятором в последовательность сигналов u(t), поступающих в канал связи (КС).

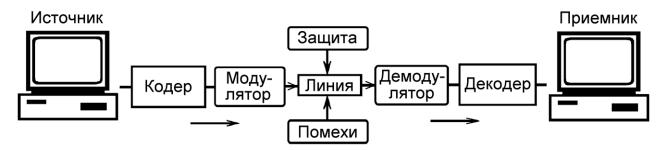


Рис. П1-2. Передача информации по каналу связи

Преобразователь «сигналы-коды» (демодулятор) осуществляет обратное преобразование. Канал связи, по которому передаются два вида сигнала, соответствующие 0 и 1, называются двоичным. По такому КС могут передаваться сообщения, закодированные азбукой Морзе, или цифровые сигналы, у которых длительность импульса (лог. 1) пропорциональна коду передаваемой буквы. Для повышения эффективности также применяют недвоичные каналы связи. По ним могут передаваться импульсы заданной длительности, высота которых пропорциональна коду буквы.

Вопрос: Сколько битов потребуется, чтобы закодировать равномерным кодом: 1) 18 символов; 2) 30 символов?

Модуль 2.2. Двоичный канал связи

Рассмотрим передачу сообщения по двоичному КС. Источник выдает поток символов (букв) $a_1 a_2 ... a_n$. Каждый символ a_i преобразуется кодером в двоичное кодовое слово $\alpha_i = 101...01$, которое после модулятора превращается в сигнал u(t) и поступает в канал связи. Из-за случайных помех f(t) и затухания на выходе канала связи получается случайный сигнал $u'(t) = \gamma u(t) + f(t)$, где γ — коэффициент затухания. Этот сигнал поступает в демодулятор, на выходе которого получается поток нулей и единиц, образующий кодовое слово β_j . Декодер осуществляет декодирование, в результате получается символ b_j . В общем случае из-за помех кодовое слово α_i не совпадает с β_j , а символ a_i не совпадает с b_j . Например, на вход канала связи поступает последовательность символов из четырехбуквенного алфавита $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$. На выходе канала связи получается поток символов из алфавита $A' = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_{out}\}$, где a_{out} — ошибочный сигнал (рис. П1-3.1). Статистические свойства канала связи задаются стохастической матрицей, которая может иметь вид:

$$P = \begin{pmatrix} 0.7 & 0.06 & 0.04 & 0.08 & 0.12 \\ 0.06 & 0.8 & 0.07 & 0.03 & 0.04 \\ 0.03 & 0.08 & 0.75 & 0.09 & 0.05 \\ 0.08 & 0.05 & 0.06 & 0.74 & 0.07 \end{pmatrix}.$$

Ее элементами являются вероятности $p_{i,j}$ того, что при входе в канал связи i -й буквы из алфавита A на его выходе появится j -я буква из алфавита A' (i = 1,2,3; j = 1,2,3,4). При получении ошибочного (неразрешенного) сигнала приемник «понимает», что произошла ошибка. Если в результате ошибки передачи из одного разрешенного сигнала получается другой разрешенный сигнал, то приемник не может выявить ошибку. На практике с целью повышения надежности передачи используются: 1) дублирование сообщений, при котором сообщение дважды передается по одному каналу связи; 2) системы с переспросом, которые в случае выявления ошибки по каналу обратной связи требуют повторной передачи информационного блока или всего сообщения (рис. П1-3.2); 3) системы со сравнением: приемник передает по обратному каналу связи принятые сигналы, а источник (передатчик) сравнивает их с переданными сигналами; при обнаружении ошибки передатчик повторно передает сообшение.

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

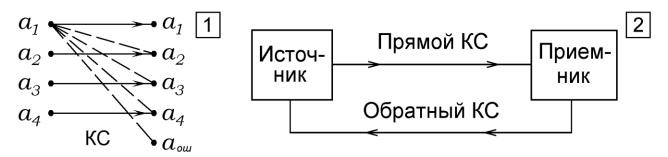


Рис. П1-3. Обнаружение и исправление ошибки при передаче сообщения

Модуль 2.3. Относительная избыточность кода

Информация от источника кодируется кодером и превращается модулятором (преобразователем «коды—сигналы») в последовательность сигналов, поступающих в канал связи (рис. $\Pi 1$ -2). Демодулятор и декодер осуществляют обратное преобразование. На канал связи действуют **шумы** — помехи, искажающие передаваемый сигнал, что компенсируется защитой от шумов. **Первичным** называется алфавит, используемый в сообщении, которое выдает источник. Кодер преобразует сообщение, переводя его во **вторичный** алфавит (сигналы). Пусть первичный алфавит А содержит N знаков, а вторичный B - M знаков (сигналов).

На каждый знак первичного и вторичного алфавита приходится средняя информация I_A и I_B . Исходное сообщение содержит n знаков, а закодированное -m знаков (сигналов), они несут количество информации $I(A) = nI_A$ и $I(B) = mI_B$. Кодирование будет обратимым (то есть сообщение можно будет полностью декодировать) при условии неисчезновения информации, когда $I(A) \leq I(B)$.

Таблица П1-1. К вычислению относительной избыточности кода

	Алфавит А	Алфавит В	
Число знаков в алфавите	N=32	M=2	
Информация в 1 знаке алфавита	I _A =5 бит	I _B =1 бит	
Число знаков в сообщении	n=100	m=570	
Кол-во информ. в сообщении	$I(A)=nI_A=500 \text{ fum } I(B)=mI_B=570$		
Отн. избыт. кода	Q=(570-500)/500=0,14		

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

Средней длиной кода K называется среднее число знаков вторичного алфавита B, используемых для кодирования одного знака первичного алфавита A. Из предыдущих формул следует: $nI_A \leq mI_B$, $I_A \leq I_B (m/n) = KI_B$, где K = m/n. Итак, длина кода $K \geq I_A/I_B$, а ее минимальное значение $K_{\min} = I_A/I_B$. Обычно $I_A > I_B$, поэтому $K \geq 1$, то есть одному знаку первичного алфавита соответствует несколько знаков вторичного. При двоичном кодировании $I_B = 1$ бит и $K_{\min} = I_A = H_A$, где H_A – энтропия алфавита A, вычисляемая по формуле Шеннона. **Относительная избыточность кода** равна

$$Q = \frac{I(B) - I(A)}{I(A)}, \qquad Q = \frac{K - K_{\min}}{K_{\min}} = \frac{K}{K_{\min}} - 1 = \frac{1}{r} - 1,$$

где $r = K_{\min}/K$ — эффективность кода. В рассмотренном случае (табл. П1-1) кодирование избыточное: Q = 0.14, $r \approx 0.877$.

Вопрос: Чему равна относительная избыточность кода и эффективность кодирования, если в алфавите 7 символов, использующихся с равными вероятностями, причем каждый символ кодируется 3 битами?

Модуль 2.4. Первая теорема Шеннона

Если на разные символы алфавита А приходится неодинаковое число символов алфавита В, то средняя длина кода $K = p_1k_1 + p_2k_2 + ... + p_Nk_N$, где k_i — длина кода для i-го символа, p_i — его вероятность использования. **Проблема оптимизации кода** состоит в нахождении метода кодирования, при котором средняя длина кода стремится к своему пределу: $K \rightarrow K_{\min}$. При этом избыточность $Q \rightarrow 0$, операция кодирования становится более эффективной: $r \rightarrow 1$. Решение этой проблемы позволит затратить на передачу сообщения меньше энергии и времени, а при хранении информации использовать 3У меньшего объема. **Первая теорема Шеннона** (о кодировании при отсутствии помех): При отсутствии помех возможно кодирование, при котором избыточность кода будет сколь угодно близка к нулю. (Другая формулировка: Возможно кодирование, при котором среднее число знаков вторичного алфавита В, приходящееся на 1 знак первичного алфавита А, будет сколь угодно

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

близким к отношению количеств информации, приходящихся на знаки первичного и вторичного алфавитов: $K = m/n \rightarrow I_A/I_B$.) Следовательно, при оптимальном двоичном кодировании ($I_B = 1$ бит) средняя длина кода $K_{\min} = I_A/I_B$ равна среднему информационному содержанию знака первичного алфавита I_A (или его энтропии, вычисляемой по формуле Шеннона).

Вопрос: Чему равна средняя длина и относительная избыточность кода: a-101, b-01, c-110, d-001? Вероятности использования символов соответственно равны: 0,22,0,36,0,19,0,23.

Модуль 2.5. Вторая теорема Шеннона

На реальный канал связи действуют помехи, в результате чего при передаче информации возникают ошибки. **Уровень достоверности** показывает степень соответствия сообщения M, переданного источником, и сообщения M', которое было принято приемником. Он характеризуется вероятностью ошибки в канале связи, равной отношению числа ошибочных символов к их общему количеству: $p = N_{out}/N$. Пусть L — скорость передачи сигналов по каналу связи (в сигнал/с). Если источник вырабатывает m различных сигналов (уровней напряжения) с равными вероятностями, то каждый сигнал несет $\log_2 m$ бит информации. Пропускная способность (емкость) канала, то есть наибольшее количество информации, которая проходит по каналу за 1 с, равна $C = L \log_2 m$. Если H_1 — энтропия одной буквы, то максимальная символьная скорость передачи сообщения $v = L \log_2 m/H_1$ бод (1 бод = 1 символ/с). Если в канале связи различимы m состояний (колебаний или уровней напряжения) длительностью T, то скорость передачи равна $\log_2 m/T$ (бит/с).

Вторая теорема Шеннона (о кодировании при наличии помех): Если скорость передачи не превышает пропускной способности канала связи с шумом, то всегда найдется способ кодирования, при котором сообщение будет передаваться с требуемой достоверностью. Сформулируем обратную теорему: если производительность источника R (в бит/с) превышает емкость канала связи C, то не существует никакого метода кодирования, позволяющего передать сообщение с какой угодно малой вероятностью ошибки.

Модуль 2.6. Формула Шеннона-Хартли

Максимальная скорость передачи информации по каналу связи в бит/с называется **емкостью канала** $C = \Delta I/\Delta t$. Рассмотрим двоичный симметричный канал с вероятностью правильной передачи p и вероятностью ошибки q=1-p. Пропускная способность такого канала связи равна $C(p) = C_0(1+p\log_2 p + (1-p)\log_2 (1-p))$ (бит/с). Если вероятность ошибки равна p=0.5, то есть половина случайно выбранных битов в КС будут ошибочно инвертированы, то пропускная способность канала связи C=0.

Пропускная способность зависит от емкости канала и способа физического кодирования (то есть от того, какие последовательности сигналов отвечают тому или иному символу). Рассмотрим аналоговый канал связи, по которому передаются импульсы с частотой f и различной амплитудой (или ступенчатые изменения напряжения, принимающего некоторые дискретные значения). При отсутствии шума число дискретных состояний, которые различимы демодулятором приемника, стремится к бесконечности. При наличии помех различие в мощности (амплитуде) двух полезных сигналов не должна быть меньше амплитуды (мощности) шума. Поэтому число различных по мощности уровней сигнала равно $(P_c + P_m)/P_m = 1 + P_c/P_m$, где P_c — максимальная мощность сигнала, P_m — мощность шума. Емкость канала

$$C = \frac{\Delta I}{\Delta t} = f \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{uu}} \right).$$

Это формула Шеннона—Хартли. Из нее следует, что уменьшение полосы пропускания f и увеличение мощности помех P_{u} приводят к уменьшению емкости канала, снижению его пропускной способности.

Рассмотрим следующую ситуацию. Аналоговый сигнал дискретизируется с частотой отсчетов $f_1=12\,$ кГц. Каждый отсчет квантуется на 256 уровней и кодируется символами из $N=8\,$ бит, которые встречаются одинаково часто. Возможно ли передать закодированный сигнал по каналу связи с белым шумом с полосой пропускания $f_2=8,0\,$ кГц и отношением сигнал/шум $P_c/P_u=35\,$ со сколь угодно малой вероятностью ошибки? Какова минимальная ширина полосы пропускания, при которой возможна безошибочная передача информации?

Информационный поток равен

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

$$R = N \cdot f_1 = 8 \cdot 12000 = 96000 = 9,6 \cdot 10^4$$
 бит/с.

Пропускная способность канала связи равна:

$$C = f_2 \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{uu}} \right) = 8000 \cdot \log_2 (1 + 35) \approx 4.1 \cdot 10^4 \, (6um/c).$$

Так как информационный поток R превышает емкость C канала связи, то не существует способа кодирования, который позволил бы передать сообщение без ошибок. Найдем минимальную ширину полосы пропускания f_{\min} , при которой в данном случае возможна безошибочная передача информации при соответствующем способе кодирования (R = C):

$$R = f_{\min} \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_u} \right), \quad f_{\min} = R / \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_u} \right) = 9.6 \cdot 10^4 / \log_2 36 \approx 18.6 \cdot 10^3 \, \Gamma_{\text{U}}.$$

Тема 3. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ КОДИРОВАНИЯ

Модуль 3.1. Помехоустойчивое кодирование

Рассмотрим равномерный код, в котором каждая из 32 букв (включая пробел) кодируется 5 битами ($2^5 = 32$). Если в результате ошибки инвертируется один или несколько битов, то приемник вместо одной разрешенной кодовой последовательности получит другую, соответствующую другой букве, поэтому ошибка обнаружена не будет. Чтобы создать помехоустойчивый код, необходимо в передаваемую кодовую последовательность внести избыточные биты в соответствии с правилами, известными источнику и приемнику сообщения. В результате ошибки должен получаться неразрешенный код, отступление от правила, что обнаруживается приемником. Он может потребовать повторной передачи либо найти и автоматически исправить ошибку. Допустим, имеется разрешенная совокупность сигналов, каждому из которых соответствует символ, например 1, 0, -1. Из-за помех с некоторой вероятностью p из одного разрешенного сигнала может получиться другой разрешенный сигнал (система не распознает ошибки) и с вероятностью q – неразрешенный сигнал (a, b, c), которому не соответствует ни один символ (приемник зафиксирует ошибку) (рис. П1-4.1).

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

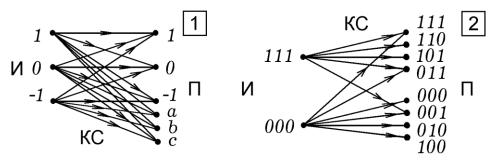


Рис. П1-4. Код, находящий ошибку (1). Код, исправляющий ошибку (2)

Рассмотрим самокорректирующийся код, в котором каждый символ 0 или 1 повторяется 3 раза: $1 \Rightarrow 111$ и $0 \Rightarrow 000$. Из-за помех в КС 1 бит в кодовом слове может инвертироваться. Кодовые слова 001, 010, 100 воспринимаются декодером приемника как 000, а слова 110, 101, 011 — как 111 (рис. Π 1-4.2).

Модуль 3.2. Равномерное и неравномерное кодирование

При равномерном кодировании каждой букве первичного алфавита А соответствует одинаковое количество символов (сигналов) алфавита В. Например: кодирование цифр 0, 1, 2, ..., 15 двоичным кодом 0000, 0001, ..., 1110, 1111; кодирование 32 букв алфавита пятибитовыми двоичными числами 00000 – 11111; байтовое кодирование всех 256 состояний клавиатуры (различные комбинации нажатых клавиш). Преимущество равномерного кодирования: для декодирования достаточно отсекать от полученного сообщения требуемое количество символов алфавита В. Недостаток: код не является экономичным, так как разные буквы алфавита А встречаются с разной вероятностью.

Неравномерное кодирование с разделителем знаков. Код будет близок к оптимальному, если часто встречающиеся буквы алфавита A будут иметь короткие кодовые последовательности, а буквы, вероятность использования которых мала, — длинные. Для разделения знаков каждый код алфавита A должен оканчиваться, например, на 00. Коды букв должны начинаться на 1 и не содержать 00 в середине. Например, закодируем сообщение «BACDBEADC» с помощью кода: A - 100, B - 1100, C - 0100, D - 11100, E - 10100. Получим: «1100100010011100110010100100100100100».

Префиксный код — неравномерный код, в котором ни одна из кодовых последовательностей не совпадает с началом (префиксом) кода другой буквы алфавита А. Например, если одна из букв алфавита А имеет код 001, то нельзя использовать 0, 00, 0010, 00101 и т. д. **Условие Фано:** неравномерный код может быть однозначно декодирован, если он является префиксным.

Модуль 3.3. Метод кодирования Хаффмана

Допустим, известен алфавит A из n букв, а также вероятности p_i их использования, например: n = 6, $p_i = (0.29; 0.21; 0.19; 0.16; 0.11; 0.04)$. Префиксный код Хаффмана строится по следующему методу (табл. П1-2): 1) располагают буквы $a_1, a_2, ..., a_n$ в порядке убывания вероятности их использования p_{i} ; 2) объединяют редко встречающиеся буквы a_{n-1} и a_{n} в одну, складывая соответствующие вероятности p_{n-1} и p_n , образуя промежуточный алфавит A_1 из n-1 букв; 3) несколько раз повторяют эту процедуру, каждый раз объединяя редко встречающиеся буквы в одну и получая промежуточные алфавиты A_2 , A_3 , A_4 и т. д.; 4) последний алфавит A_{n-1} будет состоять из двух букв с примерно равными вероятностями, им присваивают коды 0 и 1; 5) движутся в обратном направлении, каждый раз при появлении из одной буквы двух к их кодовым словам дописывают справа 0 и 1. Для того чтобы символы 0 и 1 в закодированном сообщении встречались с равными вероятностями, необходимо один раз букве с большей вероятностью в код дописать 1, а другой букве -0, а в следующий раз сделать наоборот. Можно доказать, что метод Хаффмана – самый экономичный метод побуквенного кодирования.

Таблица П1-2. Кодирование методом Хаффмана

В рассмотренном случае энтропия 1 буквы:

$$H_1 = -0.29\log_2 0.29 - 0.21\log_2 0.21 - 0.19\log_2 0.19 - 0.16\log_2 0.16 - 0.11\log_2 0.11 - 0.04\log_2 0.04 = 2.405 \ (бит),$$

то есть при идеальном методе кодирования средняя длина кода равна $K_{\min}=2,405$ (бит). В нашем примере после кодирования методом Хаффмана длины кодовых слов $k_1=k_2=k_3=2,\ k_4=3,\ k_5=k_6=4,$ и средняя длина кода равна:

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

$$K = \sum_{i=1}^{6} p_i k_i = 2 \cdot 0.29 + 2 \cdot 0.21 + 2 \cdot 0.19 + 3 \cdot 0.16 + 4 \cdot 0.11 + 4 \cdot 0.04 = 2.46 \text{ (бит)}.$$

Избыточность этого кода $Q = (2,46-2,405)/2,405 \approx 0,023$. Если кодирование было бы равномерным, то средняя длина кода K' = 3 (каждая буква кодируется тремя символами), избыточность кода $Q' = (3-2,405)/2,405 \approx 0,25$, то есть выше. Другое преимущество кода Хаффмана: в закодированном сообщении 0 и 1 используются с примерно равными вероятностями.

Задание: Буквы алфавита $A = \{a, b, c, d, e, f, g\}$ используются с вероятностями 0,15, 0,09, 0,11, 0,33, 0,20, 0,07, 0,05 соответственно. Постройте код Хаффмана, определите относительную избыточность кода.

Модуль 3.4. Блочное кодирование

При блочном кодировании кодируются не отдельные буквы, а их сочетания и даже слова. Например, входные буквы объединяются в блоки по k символов, каждый из которых преобразуется кодером в блок по n символов. Получается (n,k)-код, скорость передачи которого $\upsilon_B = (k/n)\upsilon_A$.

Пусть в словаре $16384 = 2^{14}$ слова. Если каждое слово кодировать равномерным кодом, то достаточно 14 бит. Так как средняя длина слова русского языка 6,3 буквы (включая пробел), то на одну букву приходится информация $I_A = 14 / 6,3 = 2,22$ бита. Если установить относительную частоту появления слов и использовать неравномерный код, то экономичность кодирования возрастет еще сильнее. При равномерном побуквенном кодировании на каждую букву приходится I_A '= $\log_2 32 = 5$ бит, что менее экономично [137, с. 33].

Для того чтобы средняя длина кода приблизилась к минимальной длине кода, необходимо кодировать не отдельные буквы, а их сочетания. Рассмотрим сообщение, составленное из символов A и B, встречающихся с вероятностями $p_A = 3/4$, $p_B = 1/4$. Определим среднюю длину и избыточность кода: 1) при алфавитном кодировании A – 0, B – 1; 2) при кодировании блоков по 2 символа. Из формулы Шеннона следует, что в первом случае энтропия 1 символа:

$$H_1 = -0.75 \log_2 0.75 - 0.25 \log_2 0.25 \approx 0.811$$
 (6um).

Значит, при двоичном кодировании оптимальная длина кода $K_{\min} \approx 0.811$. При алфавитном кодировании A - 0, B - 1 средняя длина кода $K_1 = 1$ бит. Относительная избыточность кодирования $Q_1 = (1-0.811)/0.811 \approx 0.23$.

В случае блочного кодирования (два символа в блоке) получаем сочетания: АА, АВ, ВА, ВВ. В табл. П1-3 представлены вероятности сочетаний, оптимальный код и длины каждого кодового слова.

Блоки	AA	AB	ВА	BB
Вероятность рі	9/16	3/16	3/16	1/16
Код блока	0	10	110	111
Длина кода k	1	2	3	3

Таблица П1-3. Блочное кодирование (по два символа в блоке)

Один блок из двух символов имеет среднюю длину кода:

$$K_2 = \sum_{i=1}^{4} p_i k_i = \frac{9}{16} \cdot 1 + \frac{3}{16} \cdot 2 + \frac{3}{16} \cdot 3 + \frac{1}{16} \cdot 3 \approx 1,688.$$

Поэтому на 1 символ приходится 0,844 бита. Относительная длина кода $Q_2 = (0,844-0,811)/0,811 \approx 0,041$, что существенно меньше $Q_1 \approx 0,23$. Чтобы еще сильнее приблизиться к теоретическому пределу $K_{\min} \approx 0,811$, необходимо кодировать блоки по n=3 или 4 буквы и т. д. При $n \to \infty$ средняя длина кода в пересчете на один символ первичного алфавита стремится к энтропии одного символа: $\lim_{n\to\infty} K = H_1 = K_{\min}$.

Модуль 3.5. Проверка четности

Рассмотрим код с проверкой четности. Кодирование состоит в том, что поток 0 и 1 разделяется на кадры по n бит $(a_1, a_2, ..., a_n)$ и после каждого кадра вставляется (n+1)-й дополнительный бит в соответствии с правилом:

$$K(a_1, a_2, ..., a_n) \rightarrow (a_1, a_2, ..., a_n, a_{n+1}),$$

где
$$a_{n+1} = \begin{cases} 0, \ ecnu & a_1 + a_2 + \ldots + a_n \ vemho; \\ 1, \ ecnu & a_1 + a_2 + \ldots + a_n \ heчеmho. \end{cases}$$

При этом сумма $a_1 + a_2 + ... + a_n + a_{n+1}$ всегда четна. В конце канала связи происходит декодирование в соответствии с правилом:

$$D(a_1,a_2,...,a_n,a_{n+1}) \to \begin{cases} (a_1,a_2,...,a_n), \ ecnu \ a_1+a_2+...+a_n+a_{n+1} \ \ vетно, \\ ouu б к a, \ ecnu \ a_1+a_2+...+a_n+a_{n+1} \ \ нечетно. \end{cases}$$

Модуль 3.6. Метод кодирования Хэмминга

В кодовую последовательность можно добавлять биты, позволяющие в случае ошибки восстановить переданное сообщение. Для повышения надежности кода следует осуществлять контроль четности. В качестве примера рассмотрим (7, 4)-код Хэмминга: к блоку из четырех информационных бит i_1 , i_2 , i_3 , i_4 добавляется три проверочных p_1 , p_2 , p_3 , так что $p_1 = i_1 \oplus i_2 \oplus i_3$, $p_2 = i_2 \oplus i_3 \oplus i_4$, $p_3 = i_1 \oplus i_2 \oplus i_4$. Получается блок из 7 бит. При этом возможны $2^4 = 16$ различных кодовых последовательностей: 0000000, 0001011, 0010110, ..., 1111111. На выходе канала связи получаются семибитовые кодовые слова $(i_1', i_2', i_3', i_4', p_1', p_2', p_3')$.

Декодер вычисляет суммы:

$$s_1 = p_1' \oplus i_1' \oplus i_2' \oplus i_3', \ s_2 = p_2' \oplus i_2' \oplus i_3' \oplus i_4', \ s_3 = p_3' \oplus i_1' \oplus i_2' \oplus i_4'.$$

Получающаяся трехбитовая последовательность (s_1, s_2, s_3) называется **синдромом.** Декодер, вычислив синдром, находит ошибку (табл. Π 1-4) и исправляет ее, инвертируя соответствующий бит.

СИНДРОМ ОШИБКА S_1 S_2 S_3 1 0 1 i_1 1 1 i_2 1 1 0 i_3 1 1 0 1 i_4 1 0 0 $p_{\scriptscriptstyle 1}$ 0 1 0 p_2 0 0 1 p_{3} 0 0 0 нет

Таблица П1-4. Метод Хэмминга: поиск ошибки

Задание: Используя рассмотренный выше (7, 4)-код Хэмминга, закодируйте следующее сообщение: «1011010111101000110101011111».

Модуль 3.7. Архивирование, сжатие и шифрование

Сжатие файла — процесс кодирования, в результате которого из одного файла получается файл меньшего объема. Различают два типа алгоритмов сжатия: обратимые — позволяют точно восстановить исходный файл (архивирование); необратимые или с регулируемой потерей информации — сохраняют существенную информацию, несущественную — теряют.

К обратимым относится **метод упаковки**, который применяется, когда в сжимаемом массиве присутствует небольшая часть используемого алфавита. Он состоит в уменьшении числа битов, отводимых для кодирования 1 символа. Например, в сообщении «abcdefghigklmnop» 16 букв, поэтому для кодирования 1 буквы достаточно 4 бит вместо 8. Другой пример — BCD-формат (Binary Coded Decimal), то есть двоично-десятичная запись числа, используемая в базах данных для хранения целых чисел: кодирование одного символа требует не восьми, а четырех бит. Обратимым также является алгоритм RLE (Run Length Encoding), предусматривающий кодирование путем учета числа повторений. Он выявляет повторяющуюся последовательность данных, число повторений и заменяет их простой структурой, содержащей повторяющийся фрагмент и коэффициент повтора. Алгоритм RLE используется для кодирования графических файлов из *.bmp (битовая карта) в *.pcx.

Теорема. Универсального архиватора, обратимо сжимающего любой файл хотя бы на 1 бит, не существует.

Доказательство. Предположим, что такая программа есть. Тогда, многократно применяя ее, можно было бы обратимо сжать любой файл до объема 1 бит. Но это абсурд, так как из такого файла нельзя восстановить исходный.

Методы сжатия с регулируемой потерей информации применяются для уменьшения объема графических, аудио- и видеофайлов. Рассмотрим сжатие графических файлов. Глаз человека наиболее чувствителен к зеленому цвету, а к красному и синему – в 4 и 10 раз хуже. Поэтому на красный и синий части спектра можно отводить меньшее число битов. Это используется в кодировании методом JPEG (Joint Photographic Experts Group), получаются файлы *.jpg.

Кодирование звуковых файлов осуществляется по алгоритму MP3: звуковой файл разбивают на фреймы (кадры, участки), в каждом из которых звук разлагается на гармоники. Гармоники высокого порядка удаляют, остальные сжимают по методу Хаффмана. Алгоритм MPEG (Motion Picture Experts Group) используют для сжатия видео методом опорного кадра. Сохраняют опорный кадр и его небольшие изменения. Изображения движущихся объектов кодируют с низким качеством. Сам фильм, титры и логотип сохраняют в различных

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

потоках данных (слоях) по отдельности. Титры можно хранить в виде букв, логотип – в 1 экземпляре и копировать в каждый кадр и т. д.

Шифрованием называется специальное кодирование сообщения с помощью ключа (правила шифрования), которое препятствует его чтению лицом, не имеющим ключ. Некоторые виды шифров: 1) шифр замены: буквам одного алфавита ставятся в соответствие другие буквы того же или другого алфавита; 2) шифр перестановки: сообщение записывают в строки таблицы (матрицы), результат кодирования считывают по столбцам; 3) шифрование функцией: зашифрованное сообщение $y = \{y_1, y_2, ..., y_m\}$ представляет собой последовательность чисел (кодов букв), которые найдены по формуле $y_i = a_1 x_i^1 + a_2 x_i^2 + ... + a_n x_i^n$, где $x = \{x_1, x_2, ..., x_m\}$ – исходное сообщение, закодированное, например, восьмиричным кодом, а $a_1, a_2, ..., a_n$ – ключ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Ниже представлены тексты компьютерных программ, созданных в ABC-Pascal, которые могут быть использованы при изучении отдельных вопросов информатики и формировании алгоритмического мышления (глава 4).

Программа ПР-1

```
Uses crt, graphABC; {множество Мандельброта}
Var x, y: real; i, j, cvet, flag: integer;
Procedure Raschet(a,b: real);
var x,y,r,t: real; n : integer;
begin x:=0; y:=0; r:=0; n:=0;
  Repeat t:=x; x:=x*x-y*y+a; y:=2*t*y+b;
    r:=x*x+y*y; inc(n); cvet:=abs(round(n/3));
  until (n>100) or (r>4);
  If x*x+y*y<4 then flag:=1 else flag:=0;</pre>
end;
BEGIN
For j:=-250 to 250 do begin x:=0;
  For i:=-500 to 150 do begin Raschet(x,y);
    If flag=1 then setpencolor(clred)
       else setpencolor(RGB(0,10*cvet,20*cvet+100));
  circle (450+i, 240+j, 1); x:=i*0.005; end;
y:=j*0.005; end; ReadKey;
END.
```

```
Uses crt; {канал связи}
Const Chislo_k=10000; Dlina_k=8; p=0.2; t1=0; t2=0;
Var j,N,i,t: longint; x,skorost: single; err: integer;
BEGIN
For i:=1 to Chislo_k do begin j:=0; err:=0;
Repeat inc(t); inc(j); x:=random(1000)/1000;
    If x<p then begin
    Writeln('OSHIBKA V KADRE ',i,' BIT ',j, ' VREMYA', t);
    err:=1; end;
```

```
until j=Dlina_k; t:=t+t1;
If err=0 then inc(N) else t:=t+t2;
writeln('KADR ',i,' ',N,' ',t); end;
skorost:=N*(Dlina_k-1)/t; Writeln(t,' ',skorost);
END.
```

Программа ПР-3

```
Uses crt, graphABC; {система автоматического управления}
Const dt=0.002; MIner=0.5; R=5;
L=0.05; K1=0.8; K2=1.2; K3=0.05; Mt=5; da=0.001;
Var t,M,Mtr,Mn,eps,w,a,dU,I,U: single;
BEGIN Line (0,600,800,600); a:=150;
 Repeat t:=t+dt; Mtr:=K3*w;
   If t > 70 then Mn := 20; \{Mn := 1.1*(t-70);\}
   eps:=(K1*i-Mtr-Mn)/MIner; w:=w+eps*dt;
   i:=i+(U-R*i-K2*w)*dt/L; dU:=0.005*(a-w);
   {If w<a-da then dU:=0.002*(a-w);
   If w>a+da then dU:=0.02*(a-w); }
   U:=U+dU;
   circle (10+round (t*Mt), 600-round (i*4), 1);
   circle (10 + \text{round}(t*Mt), 600 - \text{round}(w*3.3), 1);
   circle (10+\text{round}(t*Mt), 600-\text{round}(Mn*3), 1);
 until t>300;
END.
```

```
Uses crt, graphABC; { гомеостат: подбор параметров } Const n=3; dt=0.01;
Var x1,x2,x3,v1,v2,v3: real; Gd,Gm,i,j,k: integer; a: array[1..n,1..n]of real;
BEGIN
Randomize; x1:=0.1;
For i:=1 to n do For j:=1 to n do a[i,j]:=0.1-random(200)/1000;
line(10,100,640,100); line(100,10,100,480);
line(400,10,400,480);
Repeat
v1:=a[1,1]*x1+a[1,2]*x2+a[1,3]*x3;
v2:=a[2,1]*x1+a[2,2]*x2+a[2,3]*x3;
v3:=a[3,1]*x1+a[3,2]*x2+a[3,3]*x3;
```

Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование...

```
x1:=x1+v1*dt; x2:=x2+v2*dt; x3:=x3+v3*dt;
If abs(x1)>1 then For j:=1 to n do a[1,j]:=0.1-
random(200)/1000;
If abs(x2)>1 then For j:=1 to n do a[2,j]:=0.1-
random(200)/1000;
If abs(x3)>1 then For j:=1 to n do a[3,j]:=0.1-
random(200)/1000;
If x1>1 then x1:=0.99; if x1<-1 then x1:=-0.99;
If x2>1 then x2:=0.99; if x2<-1 then x2:=-0.99;
If x3>1 then x3:=0.99; if x3<-1 then x3:=-0.99;
circle(100+round(x1*100),100-round(x2*100),1);
circle(400+round(x2*100),100-round(x3*100),1); k:=k+1;
until (k>40000)or(abs(x1)+abs(x2)+abs(x3)<0.001);
For i:=1 to 3 do writeln(a[i,1],' ',a[i,2],' ',a[i,3]);
END.</pre>
```

```
Uses crt, graphABC; { гомеостат: проверка работы }
Const n=3; dt=0.02;
Var x1,x2,x3,v1,v2,v3,k : real; i,j : integer;
    a: array[1..n,1..n]of real; F: text;
BEGIN
Randomize; x1:=0.1;
a[1,1] := -0.089; a[1,2] := -0.001; a[1,3] := 0.07;
a[2,1]:=0.082; a[2,2]:=-0.043; a[2,3]:=-0.028;
a[3,1] := -0.072; \ a[3,2] := -0.045; \ a[3,3] := 0.027;
  line(0,240,640,240);
  line(150,10,150,480); line(450,10,450,480);
Repeat k:=k+0.1;
  v1:=a[1,1]*x1+a[1,2]*x2+a[1,3]*x3;
  v2:=a[2,1]*x1+a[2,2]*x2+a[2,3]*x3;
  v3:=a[3,1]*x1+a[3,2]*x2+a[3,3]*x3;
  x1:=x1+v1*dt; x2:=x2+v2*dt; x3:=x3+v3*dt;
  If abs(x1) + abs(x2) + abs(x3) < 0.03 then begin x1 := 0.9 -
random(1800)/1000;
  x2:=0.9-random(1800)/1000; x3:=0.9-random(1800)/1000;
  k:=0; end;
circle (150 + \text{round}(x1 \times 150), 240 - \text{round}(x2 \times 150), 1);
circle (450 + \text{round}(x2 \times 150), 240 - \text{round}(x3 \times 150), 1);
until k>100000;
END.
```

```
uses graphabc; const N=3; dt=0.00002; {Полет до Луны}
var m, Fx, Fy, x, y, vx, vy:array[1..N] of real;
i,j,k:integer; t,ax,ay,F,l:real; label metka;
BEGIN Maximizewindow;
{---- Nach uslov -----}
m[1] := 81; m[2] := 1; m[3] := 0.01; y[1] := 400; y[2] := 400;
y[3] := 400; x[1] := 400; x[3] := 455; x[2] := 600;
vy[2] := -5; vy[3] := -9; \{-----\}
Repeat t:=t+dt; inc(k); {---SILA ---}
For i:=1 to N do begin Fx[i]:=0; Fy[i]:=0; end;
For i:=1 to N do For j:=1 to N do begin
If j=i then goto metka;
l:=sqrt(sqr(x[i]-x[j])+sqr(y[i]-y[j]));
If 1<1 then 1:=1; F:=-50*m[i]*m[j]/sqr(1);</pre>
Fx[i] := Fx[i] + F*(x[i] - x[i])/1;
Fy[i] := Fy[i] + F*(y[i] - y[j]) / 1 + m[i] * 0; metka: end; {----}
If (t>42) and (t<42+dt) then begin
vx[3] := 1.25*vx[3];vy[3] := 1.25*vy[3]; end;
If (t>105) and (t<105+dt) then begin
vx[3] := 0.6*vx[3];vy[3] := 0.6*vy[3]; end;
For i:=1 to N do begin ax:=Fx[i]/m[i]; ay:=Fy[i]/m[i];
vx[i] := vx[i] + ax*dt;
vy[i] := vy[i] + av*dt; x[i] := x[i] + vx[i]*dt;
y[i]:=y[i]+vy[i]*dt; end;
If k>15000 then begin {clearwindow;} k:=0;
circle (round (x[1]), round (y[1]), 50);
For i:=1 to N do circle(round(x[i]), round(y[i]),2); end;
until t>1000;
END.
```

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Акулов О. А., Медведев Н. В. Информатика: базовый курс: учебник для студентов вузов. М.: Омега-Л, 2004. 552 с.
- 2. Андреева Е. В. и др. Математические основы информатики. Элективный курс: учеб. пособие / Е. В. Андреева, Л. Л. Босова, И. Н. Фалина. М.: БИ-НОМ. Лаборатория знаний, 2005. 328 с.
- 3. Анохин П. К. Избранные труды. Кибернетика функциональных систем. М.: Медицина, 1998. 400 с.
- 4. Антипова Т. Б. Активизация познавательной деятельности студентов в процессе обучения информатике с использованием математических пакетов прикладных программ // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3.
- 5. Асаинова А. Ж. Развитие обобщенных приемов умственной деятельности у учащихся старшей школы в процессе обучения кибернетическим основам информатики: дис. ... канд. пед. наук. Омск, 2006. 165 с.
- 6. Астафьев Г. Б., Короновский А. А., Храмов А. Е. Клеточные автоматы: учеб.-метод. пособие. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2003. 24 с.
- 7. Беспалько В. П. Киберпедагогика вызов XXI века // Народное образование. 2016. № 7–8. С. 109–118.
- 8. Бешенков С. А., Ракитина Е. А. Информатика. Систематический курс: учебник для 10 класса. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 432 с.
- 9. Блинова И. В., Попов И. Ю. Теория информации: учеб. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2018. 84 с.
- 10. Блюменфельд Л. А. Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1977. 336 с.
- 11. Боев В. Д., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование. М.: Интернет-университет информационных технологий, 2010. 349 с.
- 12. Брушлинский А. В. Психология мышления и кибернетика. М.: Мысль, 1970. 191 с.

- 13. Булавин Л. А., Выгорницкий Н. В., Лебовка Н. И. Компьютерное моделирование физических систем. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. 352 с.
 - 14. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968. 356 с.
- 15. Величковский Б. М. Когнитивная наука. Основы психологии познания: в 2 т. Т. 1. М.: Смысл; Академия, 2006. 448 с.
- 16. Венда В. Ф. Системы гибридного интеллекта. Эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990. 448 с.
- 17. Виноградова Н. Л., Леонтьева Е. Ю. Философия информатики (некоторые аспекты и проблемы): учеб. пособие / ВолгГТУ. Волгоград, 2018. 80 с.
- 18. Гармаш И. И. Занимательная автоматика. Киев: Радянська школа, 1982. 168 с.
- 19. Гейн А. Г. и др. Информатика. 10 класс: учебник для общеобразоват. организаций: базовый и углубленный уровни / А. Г. Гейн, А. Б. Ливчак, А. И. Сенокосов, Н. А. Юнерман. М.: Просвещение, 2020. 272 с.
- 20. Гринченко С. Н. Информатико-кибернетический подход в проблемах естествознания // Системы и средства информатики. Спецвыпуск. М., 2006. С. 299–324.
- 21. Грошев А. С. Информатика. Лабораторный практикум. Архангельск, 2014. 151 с.
- 22. Губарев В. В. Информатика: прошлое, настоящее, будущее. М.: Техносфера, 2011. 432с.
- 23. Гулд X., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. В 2 ч. Ч. 2. М.: Мир, 1990. 400 с.
- 24. Гуц А. К. Кибернетика: учеб. пособие. Омск: Изд-во Омск. гос. ун-та, 2014. 188 с.
- 25. Данилов О. Е. Цифровой вольтметр для учебных измерений // Потенциал. 2013. № 12. С. 37.
- 26. Данилова В. С., Кожевников Н. Н. Этапы становления информационной картины мира // Вестник ЯГУ. 2009. Т. 6, № 4. С. 109–112.
- 27. Дворецкий С. И., Муромцев Ю. Л., Погонин В. А. Моделирование систем. М.: Издат. центр «Академия», 2009. 320 с.
- 28. Деменков Н. П., Микрин Е. А. Управление в технических системах: учебник. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 452 с.

- 29. Душин В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем: учебник. М.: Дашков и К $^{\circ}$, 2003. 348 с.
- 30. Жданова С. Н., Марченкова Н. Г. Освоение информационной картины мира личностью: генезис понятия // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2010. № 2. С. 105–109.
- 31. Загвязинский В. И. Теория обучения. Современная интерпретация: учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений. М.: Издат. центр «Академия», 2001. 192 с.
- 32. Захарищева М. А., Камалов Р. Р., Гареева Г. А. Формирование информационной компетентности в контексте дистанционного образования // Информатика и образование. 2008. № 10. С. 124–125.
- 33. Зацман И. М. Построение системы терминов информационно-компьютерной науки. Проблемно-ориентированный подход // Метафизика. 2013. № 4 (10). С. 115–116.
- 34. Зверев Г. Н. Принципы, базисы, законы фундаментальной информатики // Открытое образование. 2013. № 3. С. 4–11.
- 35. Зимняя И. А. Педагогическая психология: учебник для вузов. М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2010. 448 с.
- 36. Зинченко Т. П. Память в экспериментальной и когнитивной психологии. СПб.: Питер, 2002. 320 с.
 - 37. Игнатьев М.Б. Кибернетическая картина мира. СПб., 2010. 416 с.
- 38. Извозчиков В. А., Ревунов А. Д. Электронно-вычислительная техника на уроках физики в средней школе. М.: Просвещение, 1988. 239 с.
- 39. Иопа Н. И. Информатика. Рязань: Рязан. гос. радиотехн. акад., 2005. 216 с.
- 40. Казаринов А. С. Методы и модели экспериментальной педагогики. Ч. 1. Математические модели педагогического эксперимента. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 1997. 118 с.
- 41. Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 288 с.
- 42. Кельдышев Д. А., Иванов Ю. В., Саранин В. А. Робототехника в инженерных и физических проектах: учеб. пособие. Глазов: ПринтТорг, 2018. 84 с. URL: https://sites.google.com/view/fizrob/posobie.

- 43. Кибернетика живого. Человек в разных аспектах. М.: Наука, 1985. 176 с.
- 44. Кипяткова О. С., Ястребов А. В. Укрупненные дидактические единицы как средство реализации принципа фундаментальности в обучении математике // Ярославский педагогический вестник. 2018. № 3. С. 86–93.
- 45. Киселев Г. М., Бочкова Р. В. Информационные технологии в педагогическом образовании: учебник. М.: Дашков и K° , 2014. 304 с.
- 46. Кобринский Н. Е., Майминас Е. З., Смирнов А. Д. Экономическая кибернетика: учебник для студентов. М.: Экономика, 1982. 408 с.
- 47. Коган А.Б. и др. Биологическая кибернетика: учеб. пособие для ун-тов / А.Б. Коган, Н. Н. Наумов, В. Г. Режабек, О. Г. Чораян. М.: Высшая школа, 1972. 384 с.
- 48. Конышева А. В. Управление процессом обучения на основе информационно-кибернетического подхода // Концепт. 2013. № 11.
- 49. Корогодин В. И., Корогодина В. Л. Информация как основа жизни. Дубна: Феникс, 2000. 208 с.
- 50. Красильникова В. А. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учеб. пособие. М.: Дом педагогики, 2006. 231 с.
- 51. Краснова О. В., Краснов А. А. Информационно-кибернетические теории как пример продуктивного применения информационного подхода в исследовании процесса развития личности // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2013. № 3 (7). С. 244–250.
- 52. Крушанов А. А. Понятие «управление» в кибернетическом контексте // Философский журнал. 2017. Вып. 23 (декабрь). С. 220–279.
- 53. Кугаенко А. А. Экономическая кибернетика. Энциклопедия: учеб. пособие. М.: Вузовская книга, 2010. 716 с.
- 54. Кузнецов Н. А., Баксанский О. Е., Гречишкина Н. А. Фундаментальное значение информатики в современной научной картине мира // Информационные процессы. 2006. Т. 6, № 2. С. 81–109.
 - 55. Кунин С. Вычислительная физика. М.: Мир, 1992. 518 с.
- 56. Лапчик М. П., Ригулина М. И., Семакин И. Г. Методика обучения информатике: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2018. 392 с.
- 57. Леонтьев Л. П., Гохман О. Г. Проблемы управления учебным процессом. Математические модели. Рига, 1984. 239 с.

- 58. Лепский В. Е. Экономическая кибернетика саморазвивающихся сред (кибернетика третьего порядка) // Управленческие науки. 2015. № 4. С. 22–33.
- 59. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. 864 с.
- 60. Магазинников Л. И., Шевелев М. Ю., Шевелев Ю. П. Компьютерное управление обучением: пределы возможности // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2008. № 1 (18). С. 135–141. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=12831123.
- 61. Майер В. В. Элементы учебной физики как основа организации процесса научного познания в современной системе физического образования: дис. ... д-ра пед. наук. Глазов, 2000. 409 с.
- 62. Майер Р. В. Изучение основ автоматики с помощью ПЭВМ // Материалы XIX Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». Троицк, 2008. С. 164–166.
- 63. Майер Р. В. Как стать компьютерным гением, или Книга о информационных системах и технологиях. Глазов: ГГПИ, 2008. 204 с.
- 64. Майер Р. В. Компьютерное моделирование автоволновых процессов // Потенциал. 2009. № 7. С. 34–41.
- 65. Майер Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений: монография. Глазов: ГГПИ, 2009. 112 с.
- 66. Майер Р. В. Изучение системы автоматического регулирования на базе ПЭВМ // Научное обозрение. 2010. № 4. С. 53–54.
- 67. Майер Р. В. Психология обучения без огорчения. Книга для начинающего учителя. Глазов: ГГПИ, 2010. 116 с.
- 68. Майер Р. В., Кощеев Г. В. Учебные экспериментальные исследования по электротехнике и электронике / под ред. Р. В. Майера. Глазов: ГИЭИ, 2010. 72 с.
- 69. Майер Р. В. Основы электроники. Курс лекций: учеб.-метод. пособие. Глазов: ГГПИ, 2011. 80 с.
- 70. Майер Р. В. Самоадаптирующаяся оптоэлектронная САУ на базе ПЭВМ // Научная жизнь. 2011. № 1. С. 51–52.
- 71. Майер Р. В. Теоретические основы информатики. Задачи и программы на языке Pascal: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Глазов: ГГПИ, 2011. 73 с.

- 72. Майер Р. В. Задачи, алгоритмы, программы: учеб. пособие. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2012. URL: http://maier-rv.glazov.net
- 73. Майер Р. В. Многокомпонентная модель обучения и ее использование для исследования дидактических систем // Фундаментальные исследования. Педагогические науки. 2013. № 10. С. 2524–2528.
- 74. Майер Р. В. Зависимость оптимального времени изучения ЭУМ от их сложности: моделирование на компьютере // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9. С. 16–20.
- 75. Майер Р. В. Исследование системы «учитель—ученик» с помощью компьютерной многокомпонентной модели обучения // Научные исследования и разработки. Социально-гуманитарные исследования и технологии. 2014. № 4. С. 53–56.
- 76. Майер Р. В. Кибернетическая педагогика: имитационное моделирование процесса обучения. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2014. 141 с.
- 77. Майер Р. В. Компьютерная модель общества и ее использование при изучении социально-экономических процессов // NB: Педагогика и просвещение. 2014. № 2. С. 22–30.
- 78. Майер Р. В. Основная задача математической теории обучения и ее решение методом имитационного моделирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 2. С. 36–39.
- 79. Майер Р. В. Экспериментальное изучение систем автоматического управления на базе ПЭВМ // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2014. № 5. С. 1–12.
- 80. Майер Р. В. Влияние смены видов деятельности на результат обучения: моделирование на ПЭВМ // Научные исследования и разработки. Социально-гуманитарные исследования и технологии. 2015. № 2 (11). С. 38–41.
- 81. Майер Р. В. Имитационное моделирование изучения студентами вузовского курса, учитывающее психологические закономерности усвоения и забывания // Концепт. 2015. № 12. URL: http://e-koncept.ru/2015/15430.htm.
- 82. Майер Р. В. Компьютерное моделирование: учеб.-метод. пособие для студентов педагогических вузов. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2015. 620 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-93008-194-7.
- 83. Майер Р. В. Поиск оптимального пути обучения: имитационное моделирование на ПЭВМ // Дистанционное и виртуальное обучение. 2015. № 4. С. 4–11.

- 84. Майер Р. В. Компьютерная модель процесса управления дидактической системой: информационно-кибернетический подход // Проблемы управления. 2016. № 3. С. 58–64.
- 85. Майер Р. В. Компьютерная модель ученика и ее использование при анализе процесса обучения // Инновации в образовании. 2016. № 5. С. 108–115.
- 86. Майер Р. В. Решение физических задач в электронных таблицах Excel: учеб. пособие. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2016. 148 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-93008-211-1.
- 87. Майер Р. В. Закономерности усвоения, забывания и имитационное моделирование обучения // Инновации в образовании. 2017. № 5. С. 145–152.
- 88. Майер Р. В. Имитационное моделирование усвоения и забывания осмысленной информации // Успехи современной науки. 2017. Т. 1, № 1. С. 42–44.
- 89. Майер Р. В. Моделирование обучения, основанное на представлении осмысленной информации в виде системы связанных элементов // НИР. Социально-гуманитарные исследования и технологии. 2017. № 2(19). С. 16–21.
- 90. Майер Р. В. Имитационное моделирование как один из методов математической теории обучения // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. 2018. № 2. С. 79–89.
- 91. Майер Р. В. Информационно-кибернетический подход к исследованию дидактических систем // Проблемы управления. 2018. № 5. С. 66–72.
- 92. Майер Р. В. Исследование математических моделей дидактических систем на компьютере: монография. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2018. 160 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-93008-254-8.
- 93. Майер Р. В. Поиск оптимальных длительностей изучения отдельных вопросов курса с учетом их сложности и важности (с помощью компьютера) // Концепт: науч.-метод. электрон. журнал. 2018. № 9 (сентябрь). С. 672–685. URL: http://e-koncept.ru/2018/181057.htm.
- 94. Майер Р. В. Психологические аспекты активизации учебной деятельности студентов педагогических вузов при изучении компьютерного моделирования // Инновации в образовании. 2018. № 9. С. 55–64.
- 95. Майер Р. В. Скачкообразное повышение знаний при обучении: результаты имитационного моделирования // Инновации в образовании. 2018. № 2. С. 118–125.

- 96. Майер Р. В. Мозг ученика как декодер с возрастающей пропускной способностью: результаты имитационного моделирования // НИР. Социальногуманитарные исследования и технологии. 2019. № 4(29). С. 3–8.
- 97. Майер Р. В. О применении методов математического и имитационного моделирования для исследования дидактических систем // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. 2019. № 2. С. 102–111.
- 98. Майер Р. В. Дидактическая сложность учебных текстов и ее оценка: монография. Глазов: ГГПИ, 2020. 149 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-93008-305-7.
- 99. Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование у студентов педагогических вузов // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. Т. 9, № 3(32). С. 161–164.
- 100. Майер Р. В. Развитие кибернетического мышления у студентов педагогических вузов // Педагогическая информатика. 2020. № 3. С. 23–33.
- 101. Майер Р. В. Дидактические возможности компьютерного моделирования движения тела на занятиях в педагогическом вузе // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. 2021. Т. 7 (73), № 1. С. 99–109.
- 102. Майер Р. В. Формирование информационно-кибернетической картины мира при изучении систем автоматического управления // Инновации в образовании. 2021. № 4. С. 101–109.
- 103. Макарова Н. В., Титова Ю. Ф. Системно-деятельностный подход при обучении информатике в средней школе // Педагогическое образование в России. 2012. № 5. С. 88–95.
- 104. Марченкова Н. Г. Проблемы освоения информационной картины мира студентом колледжа // СПО. 2009. № 11. С. 14–18.
- 105. Мельников В. П., Схиртладзе А. Г. Исследование систем управления: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2016. 447 с.
- 106. Миндзаева Э. В., Бешенков С. А. Современный общеобразовательный курс информатики в школе и вузе: методические подходы к развитию содержания // Открытое образование. 2015. № 3. С. 8–18.
- 107. Минькович Т. В. О пользе кибернетических аналогий в дидактике // Информатизация образования и науки. 2010. № 4 (8). С. 142–156.

- 108. Минькович Т. В. Основы информационной научной картины мира: учеб. пособие. Чита: Забайкал. гос. ун-т, 2018. 214 с.
- 109. Мирошниченко А. А. Профессионально ориентированные структуры учебных элементов. Глазов, 1999. 62 с.
- 110. Могилев А. В., Пак Н. И., Хеннер Е. К. Информатика: учеб. пособие. М.: Издат. центр «Академия», 2003. 816 с.
- 111. Моисеева Л. В. Естественно-научная картина мира как компонент профессиональной подготовки // Образование и наука. 2007. № 2. С. 3–12.
- 112. Мороз В. В. Развитие креативности студентов: монография. Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2011. 183 с.
- 113. Новиков Д. А. Теория управления образовательными системами. М.: Народное образование, 2009. 416 с.
- 114. Образцов П. И. Психолого-педагогические аспекты разработки и применения в вузе информационных технологий обучения. Орел: Орлов. гос. техн. ун-т, 2000. 145 с.
- 115. Орел Е. А. Диагностика особенностей мыслительной деятельности специалистов в области информационных технологий (программистов): дис. ... канд. психол. наук. М., 2007. 167 с.
- 116. Пащенко О. И. Информационные технологии в образовании: учеб.-метод. пособие. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. 227 с.
- 117. Петцольд Ч. Код. М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2001. 512 с.
- 118. Поляков К. Ю., Еремин Е. А. Информатика. Углубленный уровень: учебник для 11 класса: в 2 ч. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.
- 119. Попов С. Е. Методическая система подготовки учителя в области вычислительной физики: монография. Нижний Тагил: НТГСПА, 2005. 227 с.
- 120. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности // Системы и проблемы управления. М.: СИНТЕГ, 2000. 529 с.
- 121. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 1408 с.
 - 122. Растригин Л. А. Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне, 1981. 375 с.
- 123. Ращиков В. И., Рошаль, А. С. Численные методы решения физических задач: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2005. 208 с.

- 124. Роберт И. В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования. М.: ИИО РАО, 2010. 140 с.
- 125. Роберт И. В. Дидактика периода информатизации образования // Информационно-коммуникационные технологии в образовании. 2014. № 8. С. 110–118.
- 126. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, Гл. ред. физ.мат. лит., 1986. 496 с.
- 127. Розанова Л. В. Основы кибернетики: конспект лекций. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. 60 с.
- 128. Савельев А. Я. Основы информатики: учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 328 с.
- 129. Саранин В. А. Электростатические осцилляторы // Успехи физических наук. 2012. № 7. С. 749–758.
- 130. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике. Киров, 2016. 216 с.
- 131. Свиридов А. П. Основы статистической теории обучения и контроля знаний. М.: Высшая школа, 1981. 262 с.
- 132. Седина Е. С., Соболева Е. В. Обоснование необходимости совершенствования модели обучения робототехнике как основы стратегии подготовки кадров для профессий будущего // Концепт: науч.-метод. электрон. журнал. 2018. № 7. С. 540–551. URL: http://e-koncept.ru/2018/181046.htm.
- 133. Семакин И. Г. и др. Информатика и информационно-коммуникационные технологии. Базовый курс: учебник для 9 класса / И. Г. Семакин, Л. А. Залогова, С. В. Русаков, Л. В. Шестаков. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 371 с.
- 134. Соболь Б. В. и др. Информатика: учебник / Б. В. Соболь, А. Б. Галин, Ю. В. Панов, Е. В. Рашидова, Н. Н. Садовой. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 446 с.
- 135. Соловов А. В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, техно-логия. Самара: Новая техника, 2006. 462 с.
- 136. Соловьев В. П. Формирование кибернетического мировоззрения // Наука та наукознавство. 2007. № 4. С. 195–204.
- 137. Стариченко Б. Е. Теоретические основы информатики: учебник для вузов. М.: Горячая линия. Телеком, 2016. 400 с.

- 138. Субетто А. И. Квалиметрия: малая энциклопедия. Вып. 1. СПб.: ИПЦ СЗИУ фил. РАНХиГС, 2015. 244 с.
 - 139. Теслер Г. С. Новая кибернетика. Киев: Логос, 2004.
- 140. Томас К. и др. Перспективы программированного обучения (руководство по составлению программ) / К. Томас, Дж. Девис, Д. Опеншоу, Дж. Берд. М.: Мир, 1966. 247 с.
- 141. Тутова О. В. Методическая система эвристического обучения информатике в высшей школе // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. 2019. Т. 5 (71), № 2. С. 38–46.
- 142. Угринович Н. Д. Исследование информационных моделей. Элективный курс: учеб. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 183 с.
- 143. Угринович Н. Д., Цветкова М. С., Хлобыстова И. Ю. Информатика. 10–11 классы. Базовый уровень: метод. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 96 с.
- 144. Усольцев А. П. Синергетика педагогических систем: монография. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ин-т, 2005. 263 с.
- 145. Фирстов В. Е. Математические модели управления дидактическими процессами при обучении математике в средней школе на основе кибернетического подхода: дис. . . . д-ра пед. наук. СПб., 2011. 460 с.
- 146. Форрестер Д. Мировая динамика. М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2003. 379 с.
- 147. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. 340 с.
- 148. Функ А. В Создание электронной лабораторной работы по информатике на базе LMS MOODLE // Обучение и воспитание: методики и практика. 2016. № 30-1. С. 179–183.
- 149. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2014. 320 с.
- 150. Цветкова М. С. Информационная активность педагогов: метод. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 352 с.
- 151. Цветкова М. С., Хлобыстова И. Ю. Информатика и ИКТ. Практикум для профессий и специальностей естественно-научного и гуманитарного профилей: учеб. пособие для начальн. и сред. проф. образования. М.: Академия, 2013. 240 с.

- 152. Цветкова М. С., Хлобыстова И. Ю. Информатика: учебник для студентов учреждений СПО. М.: Академия, 2018. 352 с.
- 153. Чугунов А. В. Социальная информатика: учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2012. 223 с.
- 154. Шевченко Е. В., Воронова Л. К., Нечаева В. Г. Основы кибернетики и биокибернетики: учеб. пособие. Иркутск, 2010. 48с.
- 155. Шелепаева А. Х. Поурочные разработки по информатике. 10–11 класс. М.: ВАКО, 2009. 351 с.
- 156. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. М.: Мир, 1978. 302 с.
- 157. Шиян А. А. Оптимальное управление в иерархических социальноэкономических системах (теоретические основы социальных технологий). Винница: ВИРЕУ, 2002. 214 с.
- 158. Шмальгаузен И. И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука, 1968. 224 с.
- 159. Штейнберг В. Э. Дидактические многомерные инструменты. Теория, методика, практика. М.: Народное образование, 2002. 304 с.
- 160. Штейнбух К. Автомат и человек. Кибернетические факты и гипотезы. М.: Советское радио, 1967. 493 с.
- 161. Эрдниев П. М., Эрдниев Б. П. Укрупнение дидактических единиц в обучении математике. М.: Просвещение, 1986. 255 с.
- 162. Baron Ph. A Cybernetic Approach to Contextual Teaching and Learning // Constructivist Foundations. 2017. Vol. 12, № 1. P. 91–100.
 - 163. Beer S. Brain of the Firm. John Wiley & Sons, 1981. 347 p.
- 164. Chopard B., Droz M. Cellular Automata Modeling of Physical Systems. Cambridge: Cambridge University Press, 341 p.
- 165. Colbeck C. L. A Cybernetic Systems Model of Teaching and Research Production: Impact of Disciplinary Differences // International Colloquium on Research and Teaching: Closing the Divide? Winchester Hampshire, UK. March 17–19, 2004.
- 166. Giordano N. J. Computational Physics. New Jersey, Prentice Hall, 1997. 419 p.

- 167. Grover V. K. Classroom Cybernetics: an Approach for Effective and Efficient Classroom Teaching // International Journal of Research in Advent Technology. 2016. Vol. 4, No. 1. P. 45–52.
- 168. Mayer R.V. Multicomponent model of didactic system and its research on the computer // News of Science and Education. № 6. Sheffield: Science and Education LTD, 2014. P. 76–81.
- 169. Mayer R. V. Computer-Assisted Simulation Methods of Learning Process // European Journal of Contemporary Education. 2015. Vol. 13. Is. 3. P. 198–212. DOI: 10.13187/ejced.2015.13.198.
- 170. Mayer R. V. Research of the multicomponent pupil's model on the computer // Advanced Studies in Science. Vol. IV. London, 2015. P. 81–95.
- 171. Mayer R. V. The solution of problems of mathematical learning theory using computer models // Modern Europian researches. 2015. № 3. P. 113–125.
- 172. Mayer R. About the using of the computer models for studying of the didactic systems // ICERI2016 Proceedings. Seville (Spain), 2016. P. 8664–8674.
- 173. Mayer R. V. Computer Model of the Empirical Knowledge of Physics Formation: Coordination with Testing Results // European Journal of Contemporary Education. Vol. 16. Is. 2. 2016. P. 239–247. DOI: 10.13187/ejced.2016.16.239.
- 174. Mayer R. V. Computer Model of the Physical Facts Learning // International Journal of Current Science Research. Vol. 2. Is. 1. 2016. P. 198–203.
- 175. Mayer R. V. Assimilation and Forgetting of the Educational Information: Results of Imitating Modelling // European Journal of Contemporary Education. 2017. 6(4). P. 739–747. DOI: 10.13187/ejced.2017.4.739
- 176. Mayer R. V. Computer simulation of learning and forgetting of the logically related information // Modern Europian researches. 2017. № 2. P. 96–105.
- 177. Mayer R. V. Dependences of amount and durability of the acquired knowledge from duration of lessons: results of imitating modeling // GESJ: Education Science and Psychology. 2017. No. 4(46). P. 11–16. http://gesj.internet-academy.org.ge/edu.
- 178. Mayer R. V. Imitating model of assimilation and forgetting of the logically connected information // International Journal of Advanced Studies. 2017. Vol. 7. № 2. P. 64–73. DOI: 10.12731/2227-930x-2017-2-64-73
- 179. Mayer R. On increase of the students' motivation at study of the computer modeling in pedagogical higher schools // GESJ: Education Sciences and Psychology. 2018. No. 3(49). P. 30–35.

- 180. Mayer R. V. The information-cybernetic approach to the problem of the training process control: the imitating modeling results // ICERI2018 Proceedings. Seville (Spain), 2018. P. 9194–9202.
- 181. Mayer R. V. Imitating modeling important method of the mathematical training theory // GESJ: Education Science and Psychology. 2019. No. 2 (52). P. 74–81.
- 182. Mayer R. V. The pupil's reading activities: results of imitation modeling // ICERI2019 Proceedings. Seville (Spain), 2019. P. 346–355.
- 183. Mayer R. On formation of the information-cybernetic world picture at pedagogical university // GESJ: Education Sciences and Psychology. 2020. No. 1 (55). P. 33–39. URL: http://gesj.internet-academy.org.ge/download.php?id=3315.pdf.
- 184. Mayer R. V. The metaphor «student's brain as message decoder» and using it while didactic systems modelling // ICERI2020 Proceedings. Seville (Spain), 2020. P. 170–179.
- 185. Murray J. Cybernetic Circularity in Teaching and Learning // International Journal of Teaching and Learning in Higher Education. 2006. Vol. 18. № 3. P. 215–221.
- 186. New perspectives on cybernetics. Self-Organization, Autonomy and Connectionism / edited by G. Van de Vijver. Springer-Science + Business Media, B.V., 1992. 252 p.
- 187. Novikov D. A. Cybernetics: From Past to Future. Studies in Systems, Decision and Control. Heidelberg: Springer International Publishing, 2016. 107 p.
- 188. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // The Bell System Technical Journal. 1948. Vol. 27. P. 379–423, 623–656.
- 189. Wiener N. Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge: The Technology, 1948. 194 p.
- 190. Woolfson M. M., Pert G. J. An Introduction to Computer Simulation. Oxford University Press, 1999. 311 p.
 - 191. Википедия: свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Введение

Глава 1. ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА КАК СИСТЕМА ЗНАНИЙ

- 1. Логико-смысловая модель инф.-киб. картины мира. 2. Содержание инфокибернетической картины мира. 3. Понятие «инфокибернетическое мышление».
- 4. О понятиях «информация» и «управление».

Глава 2. ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВА-НИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА

1. Методическая система формирования инф.-киб. картины мира. 2. О формировании инф.-киб. мышления. 3. Используемые виды обучения. 4. Методика формирования инфокибернетической картины мира.

Глава 3. МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

1. Психологические факторы обучения. 2. О способах активизация мышления студентов. 3. Активизация учебной деятельности студентов на примере изучения основ компьютерного моделирования. 4. Результаты наблюдений за деятельностью студентов.

Глава 4. РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НА КОМПЬЮТЕРЕ

1. О формировании алгоритмического мышления. 2. Компьютерное моделирование кибернетических систем. 3. Компьютерное моделирование физических систем.

Глава 5. ОВЛАДЕНИЕ ИНФОКИБЕРНЕТИЧЕСКИМ ПОДХОДОМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

1. Формирование понятия кибернетической системы. 2. Изучение дискретных регуляторов. 3. Изучение непрерывных регуляторов. 4. Методика изучения принципов кибернетики. 5. Виды систем автоматического управления. 6. Учебные задания на развитие кибернетического мышления. 7. Изучение сложных систем управления. 8. Решение «изобретательских» задач.

Глава 6. РАЗВИТИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСНОВ АВТОМАТИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

1. Опыты с электромагнитным реле и транзистором. 2. Самоадаптирующаяся оптоэлектронная САУ на базе компьютера. 3. Разомкнутая и замкнутая оптомеханическая система управления. 4. Система автоматического регулирования скорости вращения. 5. Сборка и программирование роботов. 6. Формирование представлений о робототехнике.

Глава 7. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ И ЕЕ МЕТОДАХ

1. Педагогическая кибернетика: основные понятия и идеи. 2. Проявление принципов кибернетики в дидактике. 3. Информационный подход к дидактическим системам. 4. Кибернетический подход к дидактическим системам. 5. Информационные технологии в образовании.

Глава 8. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ

1. Кибернетика биологических систем. 2. Взаимодействие организма с окружающей средой. 3. Гомеостаз как важное свойство живых систем. 4. Понятие эволюционной кибернетики. 5. Кодирование информации в ДНК и РНК. 6. Представления о социально-экономической кибернетике.

Заключение

Приложение 1

Приложение 2

Список литературы