

**ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ
КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА**

**SELECTION OF MAIN PARAMETERS OF CONTROLLER OF ADAPTIVE SYSTEMS OF STONE
PROCESSING MACHINE**

Карпушевич З.Г., Трегубов А.В.

Кыргызский государственный технический университет им.И.Раззакова

*В работе представления методика выбора основных параметров регулятора автоматической системы
камнеобрабатывающего станка*

На камнеобрабатывающих предприятиях республики в процессе изготовления сложно-профильных деталей из гранита, мрамора, ракушечника из-за их различных физико-механических свойств, а также неравномерности припусков обрабатываемого материала на алмазном инструменте в зоне резания возникают радиальные и осевые нагрузки значительно превышающие допустимые. Это приводит к возникновению вибраций, повышенному износу и поломкам инструмента, ухудшению качества обрабатываемой поверхности деталей и увеличению трудоемкости обработки на станке /1,2/.

На камнеобрабатывающих станках процесс настройки, регулирования и контроля процесса обработки деталей осуществляется станочником вручную, что существенно сдерживает рост производительности и повышения качества изделий. В связи с этим разработка гидравлических устройств автоматического регулирования режимами обработки изделий из природного камня и композитов является актуальной задачей.

На рис.1 приведена функциональная схема адаптивного устройства регулирования режимами обработки деталей на станке, которая состоит из источника питания, регулятора, датчика, шпинделя и инструмента.

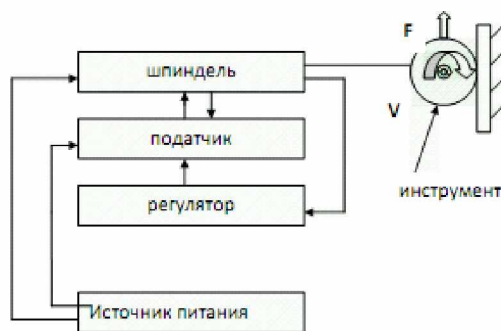


Рис. 1. Структурная схема адаптивного устройства регулирования режимами обработки детали на станке.

При возникновении на дисковом инструменте крутящего момента, равного максимальному значению, установленному в соответствии со значениями рациональных режимов резания для данной категории горной породы, происходит постепенное уменьшение скорости подачи до нуля. При этом крутящий момент на инструменте достигает какого-то определенного значения. Дальнейшее увеличение крутящего момента приводит к реверсу подачи инструмента с возрастающей скоростью. Реверс подачи дает возможность дисковому инструменту выйти из зоны контакта инструмента с породой (т.е. из зоны резания) и тем самым ведет к снижению величины крутящего момента на нем.

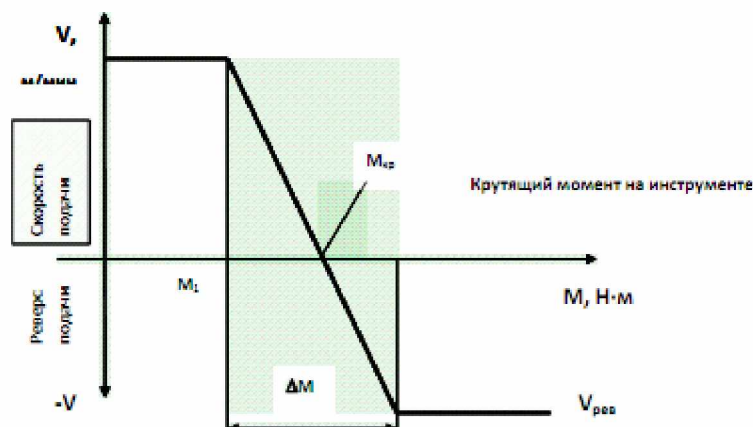


Рис. 2. Принятый закон изменения скорости подачи в зависимости от момента на инструменте.

От крутизны, изображенной на рис.2 характеристики, будет зависеть величина разности крутящих моментов ΔM , начала срабатывания системы и максимальной его величины, т.е. будет зависеть точность стабилизации крутящего момента на инструменте. Крутизна характеристики будет определяться свойствами адаптивной системы - инерционностью, быстродействием и устойчивостью. В связи с тем, что наша задача заключалась в разработке адаптивной системы регулирования режимами работы станка было принято использовать в перспективных конструкциях камнеобрабатывающего оборудования гидравлические элементы автоматики. Такой вариант решения поставленной задачи объясняется большими достоинствами гидропривода, который превосходит по удельной мощности на единицу веса пневматические и электрические приводы, обладая при этом большим диапазоном регулирования, достаточным быстродействием, простотой обслуживания и безопасной эксплуатации. Применение гидравлических элементов в автоматике позволяет получить простую по конструкции, надежную и не требующую высокой квалификации обслуживающего персонала, адаптивную систему станка.

При определённой степени идеализации различных устройств удаётся получить достаточно простые передаточные функции, отражающие общие динамические свойства устройств независимо от особенностей протекающих в них физических процессов.

В системе стабилизации зазора использован регулятор золотникового типа, имеющий пропускную щель с острыми краями, поскольку в нём зависимость расхода масла от величины открытия пропускной щели практически линейна, что удобно для использования в системах автоматики.

Для регулятора такого типа справедливо

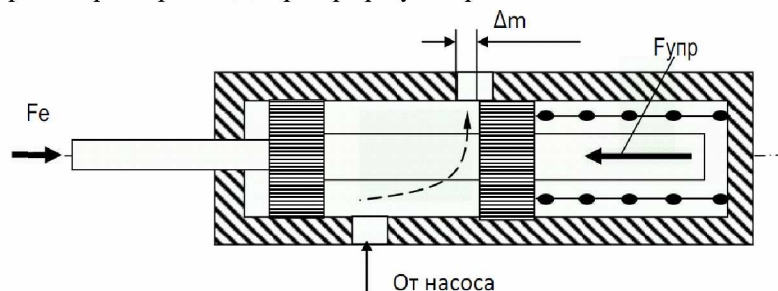
$$Q = \mu \pi d_1 m_2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}},$$

где $\mu = 0,62 \dots 0,65$ – коэффициент расхода регулятора;
 d_1 – диаметр плунжера золотника;
 $\rho = 900 \frac{кг}{м^3}$ – плотность масла;

$\Delta p = p_o - p_1$ – перепад давления на регуляторе.

Проектирование регулятора расхода в общем случае ведётся с учётом рекомендации /3,4/. Очевидно, экономически оправдано применение стандартных регуляторов расхода жидкости (золотниковые регуляторы (Г – 54, Г – 57 и др.)), если с их помощью обеспечивается изменение Q в широком диапазоне с достаточной точностью.

Давление при котором происходит реверс регулятора $P = 80 \text{ атм}$



Уравнение динамического равновесия золотника регулятора расхода имеет вид:

$$M \frac{dh_p^2}{dt^2} + F_v + F_{уп} + F_{гид} = Fe,$$

где M – масса якоря и золотника;
 F_v – сила вязкого трения между золотником и корпусом регулятора.
 $F_v = 6\pi\eta RV,$

где R – радиус золотника;
 V – скорость движения золотника в данном случае,
 $V = 0,1 \dots 0,5 \text{ м/с}$
 $\eta = 0,01 \text{ Па}\cdot\text{с}$ – динамическая вязкость масла;
 $F_{уп}$ – сила упругости пружины регулятора,

$$F_{уп} = c \cdot h_p$$

$F_{гид}$ – гидравлическая сила потока масла, проходящего через регулятор,
 $F_{гид} = 2\mu \cdot x \cdot h_p \cdot \Delta p \cdot \cos 69^0,$

где $\mu = 0,65$ – коэффициент расхода;
 x – периметр пропускной щели в данном случае:
 $x = \pi \cdot d,$

d – диаметр пропускной щели.

Подставляя вышеуказанные формулы в уравнение равновесия, получим:

$$M \frac{dh_p^2}{dt^2} + 6\pi\eta \cdot R \cdot V + ch_p + 2\mu \cdot x \cdot h_p \cdot \Delta p \cos 69^0 = Fe,$$

или поделив на $c + 2\mu \cdot x \cdot \Delta p \cos 69^0$, получим:

$$(T_0^2 p^2 + 2\xi T_0 p + 1) \cdot h_p = kz Fe,$$

где T_0 – постоянная времени золотника,

$$T_0 = \sqrt{\frac{M}{c + 2\mu x \Delta p \cos 69^0}},$$

ξ – коэффициент демпфирования,

$$\xi = \frac{3\mu\eta R}{T_0 (c + 2\mu x \Delta p \cos 69^0)},$$

k_3 – коэффициент усиления,

$$k_3 = \frac{1}{c + 2\mu x \Delta p \cos 69^0},$$

Золотник является одним из сложных динамических звеньев. Ввиду того, что в процессе её работы на неё влияют различные силовые факторы, то матмодель данного звена имеет сложный вид, в данной работе она носит характер колебательного звена /5/.

Так как вид переходного процесса сильно зависит от параметра ξ (динамическая вязкость), то для сравнения можно рассмотреть эти случаи, их три:

Данные регулятора расхода масла
 масса оси регулятора

$$M := 0.568 \text{ kg}$$

сила, действующая на ось

$$F_e := 85.84 \text{ N}$$

постоянная времени регулятора

$$T_z := 0.005 \text{ s}$$

коэффициент усиления

$$K_z := 0.000003056 \text{ s}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Уравнение или матмодель

$$(T_z^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T_z \cdot p + 1) \cdot m = K_z \cdot F_e$$

Передаточное отношение

$$W(p) = \frac{K_z}{T_z^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T_z \cdot p + 1}$$

Динамическая вязкость $\xi := 0.3$

Обозначим $q := \frac{1}{T_z} \quad q = 200 \text{ s}^{-1}$

Декремент затухания $\gamma := \xi \cdot q \quad \gamma = 60 \text{ s}^{-1}$

Собственная частота колебания

$$\lambda := q \cdot \sqrt{1 - \xi^2} \quad \lambda = 190.788 \text{ s}^{-1}$$

Уравнение движения оси регулятора

$$m_1(t) := K_z \cdot F_e \cdot \left[1 - e^{-\gamma t} \cdot \left(\cos(\lambda \cdot t) + \frac{\gamma}{\lambda} \cdot \sin(\lambda \cdot t) \right) \right]$$

Установившееся значение

$$m_1(1s) = 2.623 \times 10^{-4} \text{ m}$$

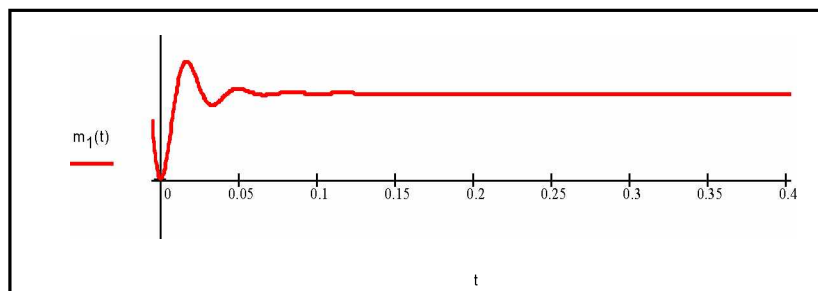


Рис.3. График движения золотника регулятора.

Из графика, приведенного на рис.3 видно, что стабилизация работы адаптивной системы наступает через 0,1 сек., что способствует повышению точности и качества обрабатываемой поверхности и стойкости инструмента.

В работе [6] нами была обоснована модель системы автоматического регулирования режимами подачи дискового алмазного инструмента в зависимости от нагрузки на его привод вращения. Модель включила в себя общую расчетную схему системы и закон изменения (регулирования) режима подачи станка. Для реализации этого закона необходимо иметь систему с определенными параметрами. Обоснование этих параметров системы регулирования является одной из основных задач наших исследований. Отличительной особенностью этой системы, от ранее рассмотренных систем камераспиловочных станков, является возможность регулирования осевой и радиальной сил резания камня в зависимости от крутящего момента на

дисковом алмазном инструменте [2]. Это достигается за счет введения в гидросистему токарного камнеобрабатывающего станка золотникового регулятора (рис.4), который осуществляет дросселирование потока рабочей жидкости, поступающей к гидродвигателю подающего механизма в зависимости от давления в напорной магистрали гидродвигателя вращения инструмента (т.е. от нагрузки на инструменте).

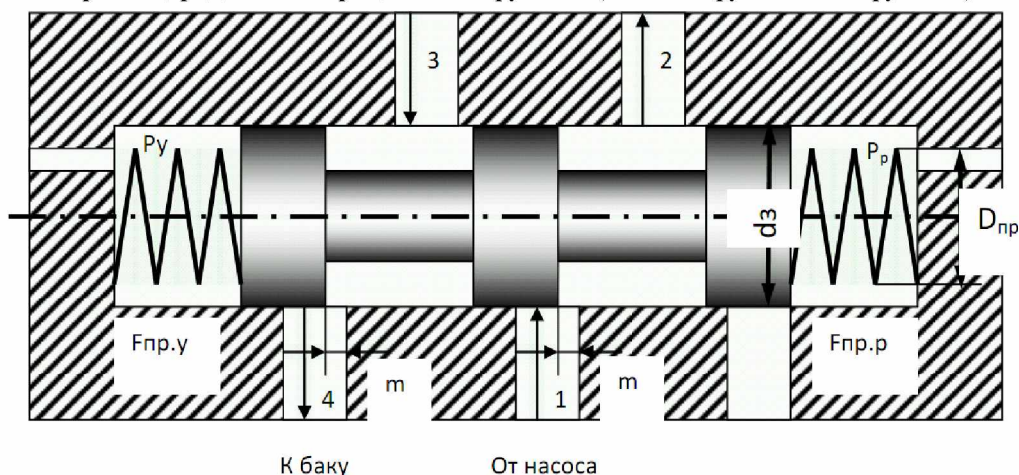


Рис. 4. Расчетная схема золотника регулятора: 1- напорный канал; 2 – канал идущий к двигателю подачи; 3- канал идущий от двигателя подачи; 4- сливной канал; P_y - канал управления от гидроцилиндра; P_p - канал управления от гидромотора дискового инструмента.

Для формирования методики выбора параметров регулятора следует рассмотреть основные зависимости, характеризующие процесс обработки камня, воспользовавшись расчетными формулами [3,4,5].

Основным показателем эффективности процесса обработки камня можно считать скорость резания:

$$V_p = \varphi(F_n; f; n_b; D; n_k; A),$$

где F_n - усилие подачи; f - крепость камня; n_b - частота вращения инструмента; D - диаметр инструмента; n_k - число алмазных сегментов; A - абразивность камня.

Как видно, скорость резания зависит от большого числа факторов, многие из которых постоянно меняются в процессе обработки ($F_n; D; n_k \dots$), причем для f имеет практически случайный характер, т.к. он зависит от структуры абразивности, наличия микротрещин и т.п.. В связи с этим нам придется сделать допущения, что крепость камня меняется в известном диапазоне ($f = 8 \div 18$) от ракушечника до гранита. Скорость резания должна обеспечиваться мощностью привода подачи станка. Основной характеристикой этого привода является, как известно, механическая характеристика гидромотора подающего механизма.

Другой характеристикой процесса резания является момент сопротивления вращению дискового алмазного инструмента. Он также зависит от большого числа факторов, в том числе от усилия подачи F_n и давления охлаждающей жидкости, от которого зависит интенсивность износа алмазоносных сегментов дискового инструмента.

Частота вращения инструмента n_b определяется механической характеристикой привода вращения

$$n_b = \varphi(M_c)$$

Усилие подачи F_n зависит от скорости резания, перепада давления рабочей жидкости на гидромоторе привода подачи

$$F_n = \varphi(V_p; \Delta P_n),$$

где ΔP_n - перепад давления рабочей жидкости в гидромоторе подачи, зависящий от давления в системе до двигателя и давления слива. Т.е.

$$\Delta P_n = \varphi(P_n; l_{1n}; l_{2n}; d_{1n}; d_{2n}; \Delta P_{ок}),$$

где P_n - давление рабочей жидкости, которое может обеспечить настройка предохранительного устройства системы подачи инструмента; l и d - длина и диаметр шлангов напора и слива системы подачи; $\Delta P_{ок}$ - перепад давлений на окнах регулятора режима работы привода подачи. В свою очередь:

$$\Delta P_{ок} = \varphi(P_n; S_{ок}; \Delta; \delta),$$

где $S_{ок}$ - площадь рабочих окон регулятора; Δ - величина перекрытия окон регулятора; δ - радиальный зазор в золотниковой паре регулятора.

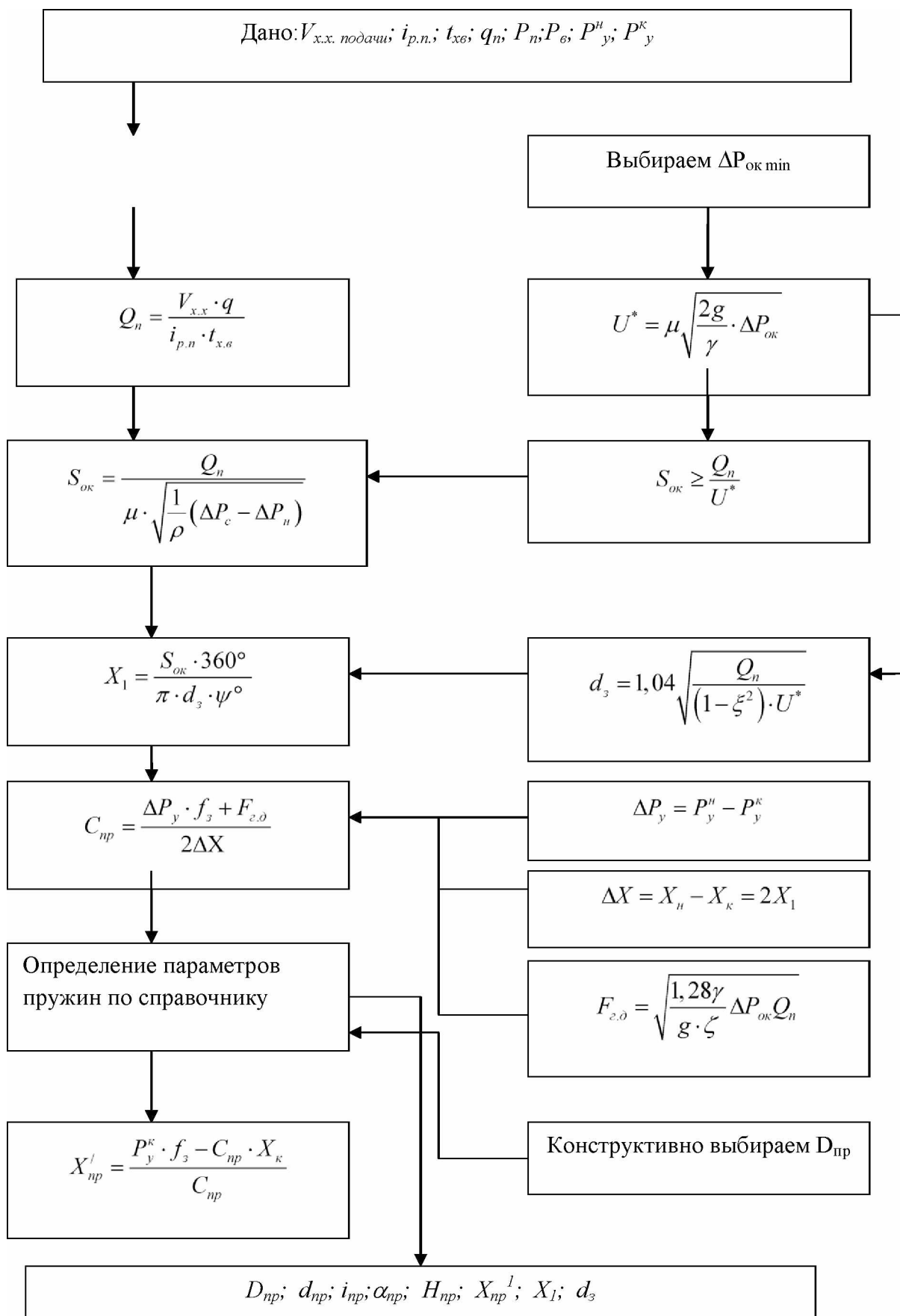


Рис.5. Алгоритм обоснования параметров регулятора режима работы привода подачи дискового алмазного инструмента.

Площадь рабочих окон регулятора также зависит от многих параметров как самого регулятора, так и системы:

$$S_{ок} = \varphi(X; d_3; \psi; F'_{np}; u^*),$$

где X – величина перемещения плунжера регулятора; d_3 – диаметр золотника регулятора; ψ – центральный угол окон втулки золотника; F'_{np} – усилие предварительного поджатия пружин регулятора; u^* – допустимая скорость движения рабочей жидкости в окнах золотника регулятора.

Площадь рабочих окон регулятора во время работы системы регулирования зависит от величины перемещения плунжера золотника под действием давления управления P_y и упругой системы регулятора:

$$X = \varphi(P_y; C_{np}),$$

где P_y – давление управления или давление в приводе вращения инструмента P_6 ; C_{np} – жесткость пружин регулятора.

На основе описанной выше методики обоснования параметров системы регулирования с учетом того, что нами решалась частная задача обоснования параметров регулятора режима работы привода подачи станка, был составлен алгоритм (рис.5). Это позволило на основании известных параметров элементов камнеобрабатывающего станка для которого создавалась система регулирования, получить параметры регулятора этой системы.

В итоге можно сделать вывод, что предлагаемая нами методика обоснования параметров регулятора режима работы привода подачи позволяет решить поставленную перед нами задачу.

На основании проведенных расчетов выбрана конструкция золотникового регулятора для гидравлической системы токарного камнеобрабатывающего станка (рис.5.).

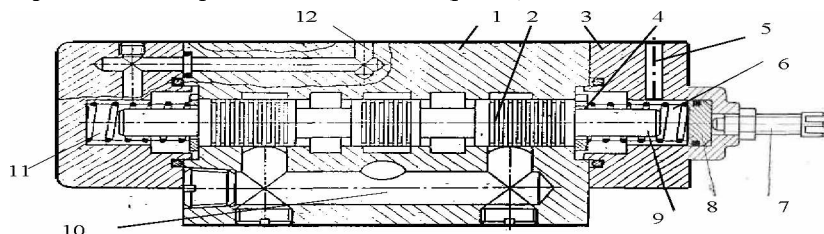


Рис. 5. Конструктивная схема регулятора: 1-корпус; 2-плунжер; 3-крышка; 4-упор; 5,10,12- каналы; 6,11 - пружины; 7-винт регулировки поджатия пружин; 8- поршень; 9-шток.

Регулятор состоит из корпуса 1, плунжера 2, двух крышек 3, которые крепятся к торцам корпуса, винта 7 с поршнем 8 для регулирования настройки пружин 6, 10. В корпусе 1 имеются коммутационные каналы для подвода рабочей жидкости к гидродвигателю подающего механизма. Конструкция регулятора достаточно компактна и технологична в плане изготовления в промышленных условиях и может быть рекомендована для установки на гидрокопировальных станках.

Выводы

1. Спроектирована принципиальная новая автоматическая система регулирования величины усилия резания и скорости подачи инструмента в зависимости от нагрузки на инструменте привода станка, обеспечивающая стабилизацию режимов обработки изделия и предупреждающая заклинивание инструмента, и следовательно, повышающая его стойкость и долговечность.
2. Разработана математическая модель автоматической системы, позволяющая произвести расчёт основных параметров системы, которые необходимы для получения соответствующих динамических качеств: высокое быстродействие, малая значение статической ошибки регулирования (менее 2%) и устойчивости во всём диапазоне режимов работы.

Литература

1. Александров В. А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. - Киев: Наукова думка, 1979, 239с.
2. Картавый Н. Г., Сычев Ю. И. и др. Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня. -М.: Машиностроение, 1988, 319с.
3. Богданович Л. Б. Гидравлические приводы в машиностроении. -М.: Машгиз., 1984.-495с.
4. Башта Т. М. Гидравлические следящие приводы. - М.: Машгиз. 1986.-351с.
5. Бессекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. -М.: Машгиз. 1975.- 768с.
6. Трегубов А. В., Карпушевич З. Г., Юнусов Ф. Выбор основных параметров адаптивной системы камнеобрабатывающего станка // Известия К Г Т У им. И. Раззакова №14, Бишкек, 2008. - стр 61-65

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ

Батырканов Ж. И., Оздуман Куришат, КГТУ им. И. Раззакова

Способность к обучению представляет собой одно из определяющих свойств любой информационной системы. Рассмотрим основные теории обучения для разработки информационной системы: бихейвиористская теория обучения, ассоциативно-рефлекторная теория усвоения, поэтапного формирования умственных действий и алгоритмизации. Заданная цель обучения, описывающая требования к знаниям, умениям и навыкам ученика, которые он должен приобрести в процессе обучения. Используем явное определение цели обучения в виде какого-либо логического выражения, заданного в терминах модели предметной области изучаемой дисциплины и модели ученика. В конечном счете, это информационная система определяет требуемое множество итоговых знаний, умений и навыков ученика. Кроме того, предполагаем известным начальное состояние модели ученика, полученное на основе, прежде всего, предварительного контроля его уровня знаний. Имеется также набор учебных воздействий (предъявление ученику фрагмента учебного материала, контрольного задания и т. п.), которые управляют познавательной деятельностью ученика и модифицируют его текущую модель.

Цель исследования: Для формализации процесса обучения рассмотрим теории обучения.

Методы управления обучением. Рассмотрим вкратце основные теории для методов управления процесса обучения.

Бихейвиористская теория обучения. В бихейвиоризме (от лат. *behavior*- поведение) не рассматривают внутренние процессы человеческого мышления. Поведение человека трактуют как сумма реакций на какие-либо ситуации. Обучение при этом строят на основе чисто механистических, а не сознательных принципов.

Ассоциативно-рефлекторная теория усвоения. Ассоциацию в данной теории определяют как связь между психическими явлениями, при наличии которой актуализация одного явления вызывает появление другого. Обучение в ассоциативно-рефлекторной теории трактуют как установление связей между различными элементами знания. Методику обучения в этом случае можно представить в виде следующей схемы:

- актуализация ранее усвоенных элементов знания;
- установление связей между ранее усвоенными и новыми элементами знания;
- фиксация и осмысление новых элементов знания;
- закрепление новых знаний;
- обобщение ранее усвоенных и новых элементов знания в единую систему;
- закрепление обобщенного знания.

Теория поэтапного формирования умственных действий (П.Я. Гальперин и его школа). В соответствии с этой теорией процесс обучения должен состоять из следующих этапов:

- создание мотивации для изучения учебного материала;
- формирование ориентировочной основы обучения (например, изучение общей структуры учебного материала);
- материальная или материализованная форма учебной деятельности (непосредственное изучение материальных объектов или их заменителей - макетов, чертежей, схем и т. п.);
- абстрагированная от материальных объектов внешняя речевая учебная работа (проговаривание вслух и/или письмо);
- абстрагированная внутренняя речевая учебная деятельность (речь "про себя");
- учебная деятельность, протекающая в абстрагированной, умственной форме.

Теория алгоритмизации. Основной сферой применения данной теории является изучение алгоритмов решения задач. Схема учебной деятельности в соответствии в этом случае имеет следующий вид:

- осознание области применения усваиваемых способов;
- ознакомление с алгоритмом решения задачи в целом;
- изучение алгоритма с «внешней опорой» (алгоритм перед глазами);
- изучение алгоритма с эпизодической «внешней опорой» (алгоритма перед глазами нет, но есть возможность заглянуть в его описание);
- изучение алгоритма без внешней опоры.

Трансформационная теория обучения. В соответствии с этой теорией обучение рассматривают как адаптацию ученика к внешней среде:

- приспособление его к производственным условиям, задачам и функциям;
- освоение передовых приемов труда и новой техники;
- активное, творческое влияние на производственную среду, конструкцию орудий;
- усвоение принятых в обществе норм поведения, идеологии.

Таким образом, обучение представляет собой управляемый динамический процесс, имеющий целью достижение учеником цели обучения (или максимальное приближение к ней), исходя из текущего состояния его знаний, умений и навыков. Управление этим процессом включает в себя планирование и реализацию на каждом шаге обучения соответствующих учебных воздействий, а также контроль их эффективности.

Методы управления процессом обучения подразделяют на два следующих больших класса:

- методы, основанные на планах;
- методы, не использующие планы.

Среди *методов, основанных на планах*, выделяют методы управления, использующие фиксированные и не фиксированные планы. Современные информационные обучающие системы преимущественно используют последние из этих планов. Выделяют два уровня планирования: высокоуровневое планирование, определяющее следующую изучаемую тему данной учебной дисциплины; низкоуровневое планирование, имеющее целью определение следующего подлежащего изучению фрагмента данной темы.

К числу *методов, не использующих планы*, относят, так называемые, реактивные методы и методы, основанные на агенда-механизме.

Реактивный метод управления обучением предполагает анализ ответов ученика на контрольные задания. На этой основе, а также на основе текущей модели ученика ему предъявляют очередной фрагмент учебного материала. Преимуществом реактивного метода является простота его реализации. Из-за того, что данный метод не оперирует с целью обучения, его применение ограничено, в основном, сопровождающимися обучающими системами.

Агендный метод управления обучением представляет собой метод управления действиями (в терминах этого метода - задачами) на основе их упорядоченного списка (агенде). Порядок задач в списке определяют на основе эвристических правил. Агенду отличает от плана то, что она представляет собой упорядоченную по приоритету последовательность действий, направленных на достижение некоторой локальной (а не глобальной) цели обучения.

Важнейшим понятием в методах управления обучением является понятие *траектории обучения*, под которой понимают последовательность изучения учеником модулей курса, определяемая оценками, полученными учеником по результатам контроля знаний на предыдущих этапах. Здесь под модулем понимают совокупность следующих учебных единиц теоретический материал, справочный материал, задания для самостоятельной работы, набор контрольных материалов для самопроверки и получения оценки.

Формальную модель процесса обучения можно представить следующим образом [1].

Пусть X - множество входных сигналов обучаемой системы (ученика), Y - соответствующее множество выходных сигналов этой системы. Обучаемая система осуществляет отображение $F_L: (X \rightarrow Y)$ первого из указанных множеств во второе, а

учителю (АОС) известно правильное отображение $F_T: (X \rightarrow Y)$. Здесь принято, что $F_L \in (X \times Y)$, $F_L \in F_L$ где F_L - некоторый класс отображений. Задан критерий качества обучения $J = J(F_T, F_L)$, который формализует близость отображений F_T, F_L . В этих терминах задачу обучения можно поставить следующим образом: добиться такой ситуации, когда отображение F_L максимально близко к отображению F_T , т.е.

$$\min_{F_L} J(F_T, F_L), F_L \in F_L$$

Разные модели процесса обучения отличают, прежде всего, методы управления процессом обучения, на которые они ориентированы. С этой точки зрения выделяют реактивные модели, агендные модели, а также модели на основе фиксированных и не фиксированных планов.

Модели процесса обучения в общем случае зависят от индивидуальных качеств ученика и могут меняться в процессе обучения.

Выводы

- Актуальной задачей является разработка модельного (а также методического и алгоритмического обеспечения), ориентированного на поддержку такого обучения.
- Модельное обеспечение таких информационных систем обучения должно поддерживать синергетические технологии обучения, обеспечивая погружение учеников в ситуацию формирования эффекта умножения знаний, инсайтного озарения и т.д..

Литература

1. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978.- стр. 201-205, 305стр.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА

Батырканов Ж. И., Расим Дурмаз
КГТУ им. И. Раззакова

В данной работе объектом управления является – ученик, а устройство управления - автоматизированная обучающая система (АОС). Основой системы является алгоритм, позволяющий организовать данные, полученные от ученика, в систематизированные знания, предоставить эти знания на контроль учителю, автоматически сгенерировать полный набор тестов и вопросов по имеющемуся материалу и сформировать стратегии выдачи этих вопросов ученику. Вместо терминов «обучающийся», «обучаемый», «испытуемый» в работе использован термин «ученик». А вместо терминов «преподаватель», «эксперт», «обучающий»- «учитель».

Цель исследования: Цель статьи создание математической модели АОС, которая состоит из математических моделей объектов и субъектов обучения, а также методов и алгоритмов выполнения используемых в АОС процедур.

Метод исследования: В статье используются математические модели теории систем для формализации АОС.

В процессе обучения учитель использует специальные знания трех основных типов: 1) знания о предмете обучения (чему учить); 2) знания об ученике (кого учить); 3) знания о стратегии и методах обучения (как учить). Кроме того, учителю необходимы, очевидно, не специальные знания, которые обеспечивают его человеческое умение общаться с учениками.

В современных интеллектуальных АОС указанные типы знаний явно выделены и представлены с помощью различных моделей, методов, алгоритмов и технологий искусственного интеллекта. На основе этих знаний АОС способна выполнять все основные функции учителя - предоставлять ученику учебный материал, контролировать степень усвоения учеником этого материала, помогать в решении задач, определять причины ошибок ученика и формировать на этой основе соответствующие учебные воздействия.

На верхнем уровне иерархии структуру современной АОС можно представить в виде совокупности следующих модулей:

- модуль «Эксперт предметной области»;
- модуль «Ученик»;
- модуль «Учитель»;
- модель «Интерфейс».

Основой модуля «Эксперт предметной области» является модель предметной области, включающая в себя фактографические, процедурные и другие знания предметной области. Следует подчеркнуть, что структура знаний, которую использует модель предметной области АОС, в значительной мере определяет структуру всего программного обеспечения АОС.

Модуль «Ученик» реализует динамическую модель ученика, которая формализует текущее состояние его знаний, умений и навыков, а также его личностные характеристики. На основании этой модели АОС осуществляет свою адаптацию к каждому из учеников.

Модуль «Учитель» концентрирует в себе знания учителя-эксперта, относящиеся к оптимальной организации и поддержке всех стадий учебного процесса. На основе этих знаний АОС организует управление процессом обучения, реализуя ту или иную стратегию обучения и контроля учебных достижений учеников. Указанные функции модуль реализует с помощью модели процесса обучения, а также модели процесса контроля. Пока цель обучения (выраженная в терминах требуемых характеристик ученика) не достигнута с заданной точностью модуль «Учитель» повторяет следующие действия:

- на основании текущего состояния ученика предоставляет ему очередной фрагмент обучающей информации;
- генерирует тестовые задания для контроля степени усвоения учеником этого фрагмента;
- осуществляет тестовый контроль уровня усвоения учеником данного фрагмента;
- на основе результатов контроля корректирует модель ученика.

Модуль «Интерфейс» строит на основе знаний, необходимых для организации в АОС диалога с учеником. На основе этих знаний модуль предоставляет ученику изучаемый материал в удобной и понятной форме, преобразует запросы и ответы ученика в форму, понятную другим модулями АОС. Поскольку многие современные интеллектуальные АОС поддерживают диалог с учеником на естественном языке, этот модуль должен включать в себя, в общем случае, языковые знания.

Задача обучения может быть сформулирована как задача управления. Ученик при этом выступает в качестве объекта управления (ОУ), а АОС выполняет функции устройства управления (УУ) – рис. 1. На ри-

сунке приняты следующие обозначения: - состояние внешней среды; Y -состояние ученика; I_ψ, I_Y - соответствующие измерители; Ψ, Y' - результаты измерения величин; X - управляющие (обучающие и контролирурующие) воздействия; D_x - ресурсы (ограничения на управление); Z^* - цель управления, состоящая в переводе ученика в требуемое состояние Y^* .

Во введенных обозначениях общее правило функционирования АОС можно представить в следующем виде. АОС, получая на входе информацию о состоянии среды Ψ и ученика Y' , а также информацию о цели Z^* и ресурсах D_x , выдает на выходе допустимое управление [1].

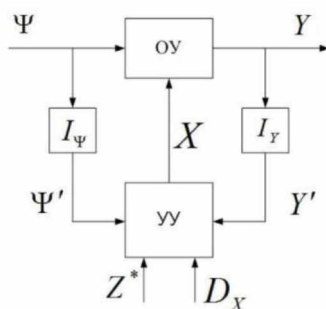
$$X = A(\Psi, Y', Z^*) \in D_x,$$

переводящее ученика из текущего состояния в каком-то смысле близкое к Y^* состоянию. Здесь A - алгоритм управления (процессом обучения).

Положим, что модель ученика, связывающая его наблюдаемые входы и выходы, имеет вид $Y' = M_L(\Psi, X)$. Тогда задачу синтеза оптимального управления X^* формально можно записать в виде

$$\min_x \mu(Y - M_L(\Psi, X)) = \min_x \mu(Y - M_L(\Psi, X^*)), X \in D_x,$$

где $\mu(*)$ - символ некоторой меры близости.



Цель управления Z^* в самом общем виде может быть формализована в виде набора целей $\varphi_i = \varphi_i(\Psi', Y', X) = a_i$

$$X_j = X_j(\Psi', Y', X) \geq b_j, \\ \eta_k = \eta_k(\Psi', Y', X) \rightarrow \text{extr},$$

где $\varphi_i(\Psi', Y', X), X_j(\Psi', Y', X), \eta_k(\Psi', Y', X)$ - некоторые функционалы над указанными переменными; a_i, b_j - заданные константы; $i, j, k = 1, 2, \dots, n$.

Цели-равенства $\varphi_i = a_i$ могут задавать, например, те достижения ученика, отсутствие которых недопустимо, а цели-неравенства $X_j \geq b_j$ - аналогичный минимумдостижений. Примером экстремальной цели может служить средний балл ученика по некоторому учебному курсу.

Цели обучения в общем случае зависят от индивидуальных качеств ученика и могут меняться в процессе обучения.

Основные элементы модель ученика и адаптация, рассмотрим в следующей статье.

Выводы

- Цель дальнейшего исследования, является разработать математическую модель для АОС.
- Определить общую закономерность создания АОС.

Литература

1. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические осно-вы. - М.: Мир, 1978.- стр. 201-205, 305

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ В НЕЙРОННУЮ СЕТЬ

Асылбеков Н.С.¹, Оморов Т.Т.², Кыдыралиева Г.Ж.¹

¹*Карабалтинский технологический институт при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, г. Карабалта,*

Кыргызская Республика, asnur62@mail.ru

²*Центр научно-образовательных программ Национальной Академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика, snop.nankr@mail.ru*

Рассмотрены подходы преобразования электрической схемы в нейронную сеть для решения задачи диагностирования цифровых систем.

При содержательной интерпретации сложных высказываний логики диаграммы Венна являются наиболее наглядными.

Для изображения некоторой функции алгебры логики диаграммой Венна она приводится к совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ). Затем в ячейки S_k диаграммы, соответствующие минтермам этой функции (СДНФ), записываются «единицы». Число аргументов δ логической функции называют порядком диаграммы. Такая диаграмма называется точечной (функциональной) и обозначается как ψ [1].

Формальный нейрон при изменении порога от $-\infty$ до $+\infty$, начиная с какого-то значения Ξ_1 , вычисляет информативные функции. При этом каждому значению Ξ_k будет соответствовать определенная точечная диаграмма, которая на каждом шаге снижения порога либо остается неизменной, либо в ней появляются новые точки [2]. Для того, чтобы изобразить совокупность диаграмм, соответствующих различным значениям порога нейрона одной диаграммой, в ячейки символа Венна необходимо вписать порядок появления точек, т.е. номера шагов. Такую диаграмму называют порядковой.

Другой вид диаграммы, которая необходима для синтеза формальных нейронов – пороговая [3]. Она может быть получена, если в ячейки диаграммы Венна вписать числа, показывающие величины суммарных активностей, которые получает нейрон при возбуждении соответствующих комбинаций входов. Ее также можно получить из порядковой диаграммы.

Таким образом, имея точечную диаграмму, можно перейти к порядковой и далее к пороговой диаграмме, которая содержит всю необходимую информацию для синтеза формального нейрона.

Для обозначения функции, реализуемой нейроном и нейронной сетью, целесообразно применить диаграмму в матричной форме, которая включает в себя точечную, порядковую и пороговую диаграммы Венна. Диаграмма в виде матрицы представляется более удобной в сравнении с диаграммами Венна как в смысле понимания, так и в плане упрощения операций над ними.

Матричные диаграммы включают в себя полную информацию о формальном нейроне: точечную, порядковую и пороговую диаграммы. Кроме того, в ней содержатся возможные модели ошибок, которые могут присутствовать в данном элементе. Диаграммная матрица логической функции для двух аргументов изображена в табл. 1.

Каждой ячейке соответствует дизъюнктивный член (конституент единицы или минтерм функции, приведенной к совершенной дизъюнктивной нормальной форме), который показан в таблице в форме двоичного эквивалента (« $\langle\beta\rangle$ »). Наличие или отсутствие данного минтерма для конкретной функции отражается в соответствующем столбце (ψ/φ) единицей или нулем соответственно (элемент q_k).

Элемент ξ_k соответствует числам в ячейках порядковой диаграммы, а элемент Ξ_k – числам в ячейках пороговой диаграммы. Элементы $\psi^m_1, \dots, \psi^m_d$ – статистические модели ошибок, которые возможны в данном элементе.

Таблица 1. Диаграммная матрица логической функции для двух аргументов

#	β	ψ/φ	ξ_k	Ξ_k	ψ^m_1	...	ψ^m_d
S_0	$\begin{array}{c} _ _ \\ X_1 X_2 \end{array}$	q_0	ξ_k	θ_0	q^m_{01}	...	q^m_{0d}
S_1	$\begin{array}{c} _ \\ X_1 X_2 \end{array}$	q_1	ξ_k	θ_1	q^m_{11}	...	q^m_{1d}
S_2	$\begin{array}{c} _ \\ X_1 \\ _ \\ X_2 \end{array}$	q_2	ξ_k	θ_2	q^m_{21}	...	q^m_{2d}
S_3	$\begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \end{array}$	q_3	ξ_k	θ_3	q^m_{31}	...	q^m_{3d}

Технические ошибки появляются с различной частотой, которая может быть определена с помощью статистики ошибок. Каждой функции ψ^m_i модели ошибок соответствует некоторое значение $P(\psi^m_i)$, выраженное в процентах. $P(\psi^m_i)$ представляет собой процент ошибок, приводящих к тому, что неправильно функционирующий элемент реализует функцию ψ^m_i . В табл. 2 приведен пример статистики ошибок для элемента "&". Из таблицы можно сделать вывод, что модели ошибок охватывают 90% всех возможных ошибок.

Таблица 2. Статистика ошибок для элемента "&"

ψ^m_i	0	X_1	X_2	1	Остальные функции
$P(\psi^m_i)$	50%	15%	15%	10%	10%

На основе модели ошибок элементов можно получить модели ошибок комбинационной или последовательностной схем, которые можно моделировать на нейросетевой модели объекта диагностирования (ОД). Модели ошибок используются при локализации неисправности.

Для увеличения порядка матрицы логической функции до трех аргументов необходимо ввести фиктивную переменную. Это достигается аналогично тому, как алгебраически вводится такая переменная - на основе правил алгебры логики.

Следовательно, для увеличения порядка диаграммной матрицы логической функции до трех аргументов, необходимо ввести третью переменную и ее отрицание. В этом случае, матрица будет содержать $2^3 = 8$ ячеек.

Для построения нейронной сети - модели цифрового устройства, можно использовать модели элементов цифровой техники, представленных в виде формальных нейронов (ФН). Для этого необходимо построить логическую функцию, реализуемую элементом. Сложные логические функции задаются таблицей значений (истинности), которые приводятся в справочниках по микросхемам.

Структурную формулу по таблице можно составить следующим способом.

Наборы аргументов, при которых функция равна «1», записываются в виде логических произведений аргументов и их инверсий из тех аргументов, значения которых равны «0». Полученные логические произведения объединяются функцией логического сложения ИЛИ (дизъюнкции). Результатом этого является получение СДНФ. Далее по функции (заданной в СДНФ), которую необходимо реализовать в ФН, синтезируется искомый нейрон.

Синтез ФН подразумевает нахождение конфигурации его входных волокон. Задачу синтеза ФН можно сформулировать следующим образом.

Пусть задана некоторая диаграмма D_{Ξ} . Требуется синтезировать нейрон определенного типа, удовлетворяющий заданным условиям.

Сущность метода синтеза ФН по заданной пороговой диаграмме заключается в следующем.

По определению пороговой диаграммы, согласно которому числа Ξ_k в ее ячейках показывают величины суммарных активностей, получаемых нейроном при возбуждении соответствующих комбинаций входов, составляется система линейных алгебраических уравнений. Незвестные переменные, входящие в эти уравнения, содержат в себе информацию о типе волокон, характере их взаимодействий, о весовых коэффициентах синапсов и пороге нейрона Ξ , которые являются искомыми параметрами нейрона. Синтез нейрона сводится к решению этой системы уравнений.

Для синтеза нейронов, эквивалентных цифровым элементам, используются ФН, т.е. нейроны без спонтанных волокон. Для этого можно воспользоваться пороговой диаграммой Мак-Каллока (ПДМ). ПДМ для двух входов $\delta=2$, приведена на рис. 1,а. В таком нейроне волокна с каждого входа можно разбить на три группы (рис. 1,б):

- волокна, достигающие тела нейрона без взаимодействия (X^0, Y^0);
- волокна, достигающие тела нейрона после запрещения (X_Y, Y_X);
- волокна, которые сами запрещают другие волокна (X_X^Y, Y_Y^X).

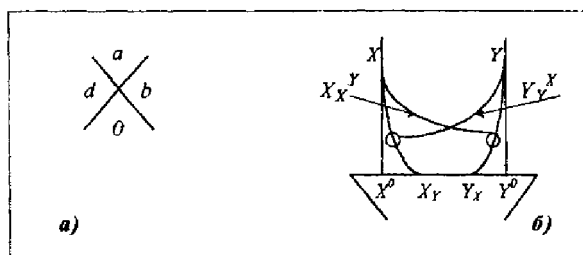


Рис. 1: а) Пороговая диаграмма Мак-Каллока; б) схема конфигурации волокон

Поскольку весовые коэффициенты присущи только основным волокнам (волокнам первой и второй групп), то в систему уравнений нейрона входят переменные, которые изображают параметры только основных волокон. Информация о дополнительных волокнах, реализующих взаимодействие между основными волокнами, содержится в системе уравнений в неявном виде.

Рассмотрим ячейку S_1 пороговой диаграммы (рис. 1,а). Согласно обозначениям, этой ячейке соответствует комбинация Yx , т.е. вход X не возбужден, а вход Y возбужден. Тогда b , показывающая величину суммарной активности, получаемой нейроном в этом случае, определяется как $b=Y^0+Y_x$.

Ячейке S_2 соответствует следующее состояние нейрона: вход X возбужден, а Y не возбужден. Следовательно, $d=X^0+X_y$.

Ячейке S_3 соответствует возбуждение одновременно обоих входов X и Y . Следовательно, $X^0+Y^0=a$, поскольку при возбуждении запрещающего волокна, запрещаемое волокно блокируется.

Рассмотрим пример синтеза формального нейрона, эквивалентного стандартному элементу цифровой техники.

Пусть необходимо синтезировать формальный нейрон Мак-Каллока (нейрон с запрещающими волокнами), являющийся эквивалентом элемента, выполняющего логическую функцию импликации от X_2 к X_1 . Данный элемент реализует логическую функцию $F=X_2 \rightarrow X_1$. Информация для синтеза ФН Мак-Каллока приведена в табл. 3.

1. Составляется диаграммная матрица нейрона (табл. 4). При этом в информации о моделях ошибок нет необходимости.

Таблица 3. Таблица для синтеза формального нейрона Мак-Каллока

Неизвестное	$X_y=0$	$Yx=0$	$X^0=0$	$Y^0=0$
X^0	d	a-b	0	a
X_y	0	b+d-a	d	d-a
Y^0	a-d	b	a	0
Yx	b+d-a	0	b-a	b

Таблица 4. Диаграммная матрица нейрона

№ ячейки	$\langle \beta \rangle$	ψ/ϕ	ξ_k	Ξ_k
$S_0(0)$	00	1	2	0
$S_1(b)$	01	0	4	+2
$S_2(d)$	10	1	3	+1
$S_3(a)$	11	1	1	-1

Цифры в столбце ξ_k показывают порядок появления «1» в столбце ψ/ϕ , т.е. функции нейрона при увеличении порога Ξ . В пороговой диаграмме Мак-Каллока (ПДМ) элемент ячейки S_0 всегда равен нулю, так как нейрон Мак-Каллока - это нейрон с запрещающими волокнами (ячейка S_0 -запрет). С учетом этого ограничения, получается пороговая диаграмма, приведенная в столбце Ξ_k . Элементы пороговой диаграммы есть пороги нейрона.

2. Подстановка в формулы вместо букв соответствующие числа из полученной в п.1 пороговой диаграммы, позволяет получить числовые (параметрические) таблицы параметров различных вариантов нейрона (табл. 5).

Таблица 5. Матрица для синтеза формального нейрона

Неизвестное	$X_y=0$	$Yx=0$	$X^0=0$	$Y^0=0$
X^0	+1	-3	0	-1
X_y	0	+4	+1	+2
Y^0	-2	+2	-1	0
Yx	+4	0	+3	+2

Из таблицы видно, что существует четыре варианта построения нейрона (столбцы таблицы). Если, к примеру, выбрать первый вариант, то синтезируется нейрон, в котором отсутствует волокно X_y (см. рис. 1,б). Весовые коэффициенты остальных волокон можно найти на пересечении столбца X_y со строками таблицы. Знаки «+» или «-» при весовых коэффициентах определяют возбуждающие или тормозящие волокна соответственно.

Очевидно, что кроме заданной функции при различных порогах Ξ_k , он будет выполнять и другие логические функции. В столбце порядковой диаграммы первой появилась точка в ячейке $S_3 (x_1x_2)$. Это значит, что при значении порога $\Xi = -1$, нейрон реализует функцию $F_1 = x_1 \wedge x_2$.

Другими словами, на одном нейроне, при различных значениях порога, можно реализовать несколько функций. Это значительно упрощает процесс создания банка моделей дискретных элементов цифровой техники. Синтез нейрона, эквивалентного элементу «импликация от x_2 к x_1 », позволяет получить еще два элемента:

- элемент «И» (конъюнкция) - $F = x_1 \wedge x_2$;
- элемент « \leftrightarrow » (равнозначность) - $F = x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2$.

Аналогично решается задача синтеза ФН с тремя входами ($\delta=3$). В этом случае необходимо, на основании аналогичных рассуждений (как при $\delta=2$), составить и решить систему уравнений нейрона.

Таким образом, построение нейросетевой модели ОД сводится к замене элементов принципиальной электрической схемы их моделями, реализованными на формальных нейронах.

На такой модели можно искусственно воспроизвести любую неисправность, имеющую место в реальном ОД.

Литература

1. Оморов Т.Т., Асылбеков Н.С. Применение нейронной сети для диагностики цифровых систем // Научный журнал СО РАН «Автоматика», Т. 48, № 6. Новосибирск, 2012. С. 116-120.
2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 452 с.
3. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Наука, 1996. 276 с.

ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Оморов Т.Т.¹, Асылбеков Н.С.², Кыдыралиева Г.Ж.²

¹ *Центр научно-образовательных программ Национальной Академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика, snop.nankr@mail.ru*

² *Карабалтинский технологический институт при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, г. Карабалта, Кыргызская Республика, asnur62@mail.ru*

Рассмотрены подходы для анализа многограновых сетей при поиске неисправностей в цифровых системах.

При анализе многограновых сетей процесс поиска неисправностей в цифровых системах представляет собой последовательный анализ нейронной сети. Стратегию анализа можно представить следующим образом.

1. Необходимо выполнить анализ для «исправной сети», т.е. найти результирующую функцию F и промежуточные функции $\varphi^{(1)}, \dots, \varphi^{(r-1)}$ диаграммы сети (рис. 1).

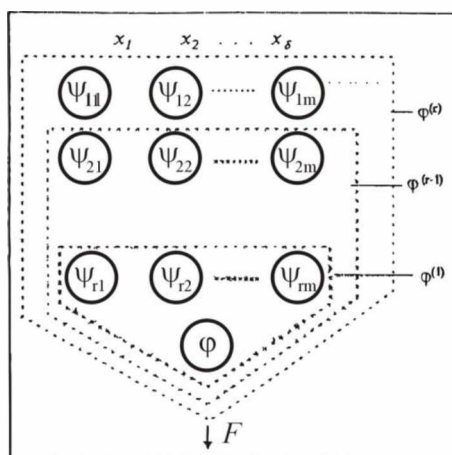


Рис. 1. Процесс локализации ошибки посредством сокращения рангов сети

Для нахождения результирующей диаграммы r -ранговой сети (функции $F(x_1, x_2, \dots, x_\delta)$, реализуемой исправной схемой) последовательно «снизу вверх» решаются $(r-1)$ диаграммных уравнений:

Другими словами, на одном нейроне, при различных значениях порога, можно реализовать несколько функций. Это значительно упрощает процесс создания банка моделей дискретных элементов цифровой техники. Синтез нейрона, эквивалентного элементу «импликация от x_2 к x_1 », позволяет получить еще два элемента:

- элемент «И» (конъюнкция) - $F=x_1 \wedge x_2$;
- элемент « \sim » (равнозначность) - $F= x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2$.

Аналогично решается задача синтеза ФН с тремя входами ($\delta=3$). В этом случае необходимо, на основании аналогичных рассуждений (как при $\delta=2$), составить и решить систему уравнений нейрона.

Таким образом, построение нейросетевой модели ОД сводится к замене элементов принципиальной электрической схемы их моделями, реализованными на формальных нейронах.

На такой модели можно искусственно воспроизвести любую неисправность, имеющую место в реальном ОД.

Литература

1. Оморов Т.Т., Асылбеков Н.С. Применение нейронной сети для диагностики цифровых систем // Научный журнал СО РАН «Автометрия», Т. 48, № 6. Новосибирск, 2012. С. 116-120.
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 452 с.
3. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Наука, 1996. 276 с.