

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-3-65-73

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСНОВ КИБЕРНЕТИКИ

Р. В. Майер¹ ✉¹ Глазовский государственный педагогический институт, г. Глазов, Россия

✉ robert_maier@mail.ru

Аннотация

Стремительное развитие различных информационно-кибернетических систем и их внедрение во все сферы жизни и деятельности человека обуславливают необходимость более глубокого изучения основ информатики и кибернетики в школах и педагогических вузах. Проведение анализа особенностей формирования у студентов педагогических вузов информационно-кибернетического мышления и разработка учебных заданий, способствующих более глубокому овладению основными положениями кибернетики, являются ключевыми аспектами для преподавателя. При этом используются метод анализа учебной и научно-методической литературы, методы программирования и компьютерного моделирования, а также математические методы. Отобраны основные типы учебных заданий, способствующих развитию у студентов информационно-кибернетического мышления: 1) объяснение принципов кибернетики и их обоснование на примере конкретных технических систем; 2) объяснение общих принципов функционирования различных видов информационно-кибернетических систем; 3) объяснение работы конкретных систем автоматического управления (САУ) и их отдельных узлов; 4) изобретение «новых» систем управления с заданными свойствами; 5) создание технических систем управления и экспериментальное изучение их работы; 6) создание компьютерных моделей систем управления и передаточных звеньев. Обсуждены решения учебных задач, предполагающих компьютерное моделирование систем автоматического управления и различных передаточных звеньев в среде Pascal ABC. Предлагаемые элементы методики могут быть использованы в любом вузе при обучении студентов основам кибернетики.

Ключевые слова: кибернетика, методика обучения, мышление, программирование, передаточное звено.

Для цитирования:

Майер Р. В. Некоторые аспекты развития информационно-кибернетического мышления у студентов педагогических вузов при изучении основ кибернетики. *Информатика и образование*. 2022;37(3):65–73. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-3-65-73

SOME ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF INFORMATION-CYBERNETIC THINKING IN PEDAGOGICAL UNIVERSITY STUDENTS WHEN STUDYING THE BASICS OF CYBERNETICS

R. V. Mayer¹ ✉¹ Glazov State Pedagogical Institute, Glazov, Russia

✉ robert_maier@mail.ru

Abstract

The rapid development of various information-cybernetic systems and their introduction into all spheres of human life and activity necessitate a deeper study of the foundations of informatics and cybernetics in schools and pedagogical universities. Conducting an analysis of the features of the formation of information-cybernetic thinking of students of pedagogical universities and the development of training tasks that contribute to a deeper mastery of the basic provisions of cybernetics are key aspects for the teacher. At the same time, the method of analyzing educational and scientific-methodical literature, methods of programming and computer modeling, as well as mathematical methods are used. The main types of educational tasks that contribute to the development of information-cybernetic thinking of students are selected: 1) explanation of the principles of cybernetics and their justification on the example of specific technical systems; 2) explanation of the general principles of functioning of various types of information-cybernetic systems; 3) explanation of the operation of specific automatic control systems (ACS) and their individual components; 4) the invention of “new” control systems with desired properties; 5) creation of technical control systems and experimental study of their work; 6) creation

of computer models of control systems and transmission links. Solutions of educational problems involving computer modeling of automatic control systems and various transmission links in the Pascal ABC environment are discussed. The proposed elements of the methodology can be used in any university when teaching students the basics of cybernetics.

Keywords: cybernetics, teaching methods, thinking, programming, transfer link.

For citation:

Mayer R. V. Some aspects of the development of information-cybernetic thinking in pedagogical university students when studying the basics of cybernetics. *Informatics and Education*. 2022;37(3):65–73. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-3-65-73

1. Введение

В последние несколько десятилетий происходят бурное развитие различных систем управления, автоматизация и компьютеризация производства, внедрение информационно-кибернетических систем во все сферы жизни и деятельности человека. Это обуславливает необходимость изучения основ информатики и кибернетики в школах и педагогических вузах страны, формирование информационно-кибернетического мышления у студентов педагогических вузов. Знание принципов кибернетики и умение их использовать для объяснения работы сложных систем — важное профессиональное качество современного учителя информатики.

Следует отметить, что анализ работы различных технических, биологических, социально-экономических систем управления предполагает использование одного и того же информационно-кибернетического подхода, который заключается в разбивке системы на функциональные блоки, выявление цепей управления и информационных потоков, применение фундаментальных принципов управления, обработки, хранения и передачи информации [1, 2]. Все это позволяет утверждать, что проблема формирования в сознании студентов целостного взгляда на информационные и кибернетические процессы различной природы является актуальной. С высокой долей уверенности можно ожидать, что понятия «информационно-кибернетическая картина мира» и «информационно-кибернетическое мышление» найдут широкое применение при обсуждении проблемы формирования научного мировоззрения у школьников и студентов, а также других вопросов методики преподавания информатики и кибернетики.

Безусловно, в педагогических вузах кроме курса робототехники, на котором студенты собирают и программируют роботов, должен быть курс, посвященный изучению кибернетических систем и элементов теории автоматического управления (назовем его условно «Основы кибернетики»). Для его разработки следует проанализировать различные аспекты формирования у студентов педагогических специальностей информационно-кибернетического мышления, разработать учебные задания, способствующие изучению основ кибернетики, которые предусматривали бы использование комплексных чисел, элементов дифференциального исчисления и метода компьютерного моделирования. Методологической основой такой работы могут служить труды ученых по следующим направлениям:

- 1) основные положения теории обучения: В. И. Загвязинский [3], И. А. Зимняя [4];

- 2) основы информатики и кибернетики: О. А. Акулов и Н. В. Медведев [5], А. К. Гуц [6], Н. П. Деменков и Е. А. Микрин [1], D. A. Novikov [7], N. Wiener [8], А. В. Могилев, Н. И. Пак и Е. К. Хеннер [9], В. П. Мельников и А. Г. Схиртладзе [2];
- 3) методика обучения информатике и кибернетике: А. Г. Гейн, А. Б. Ливчак, А. И. Сенокосов и Н. А. Юнерман [10], О. Б. Перфилова [11], К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин [12], Н. Д. Угринович, М. С. Цветкова и И. Ю. Хлобыстова [13];
- 4) информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование: М. Б. Игнатъев [14], Р. В. Майер [15, 16], В. П. Соловьев [17];
- 5) численные методы и компьютерное моделирование: В. И. Рациков, А. С. Рошаль [18], Н. Д. Угринович [19], N. J. Giordano [20], M. M. Woolfson, G. J. Pert [21].

Следует отметить, что курс «Теория автоматического управления» в том виде, в котором он изучается в технических вузах, слишком сложен в математическом отношении; в нем используются элементы дифференциального и интегрального исчисления, основы теории функции комплексной переменной, метод преобразований Лапласа, матричный метод и т. д. Некоторые из этих вопросов не изучаются студентами педагогических специальностей на занятиях по математике. Поэтому курс «Основы кибернетики» для педагогических вузов должен включать в себя элементы теории и систему учебных заданий, которые могли бы быть выполнены студентами педвуза без особых усилий. Можно предположить, что применение дифференциального и интегрального исчисления, комплексных чисел и метода компьютерного моделирования позволит рассмотреть и проанализировать наиболее важные аспекты функционирования систем автоматического управления. Иными словами, изучение основных идей кибернетики в педагогическом вузе не требует освоения метода преобразований Лапласа; для этого достаточно уметь решать алгебраические и дифференциальные уравнения, вычислять производные и интегралы, создавать несложные компьютерные программы и владеть методом численного дифференцирования Эйлера.

2. О понятии «информационно-кибернетическое мышление»

Изучение содержания дисциплин информационно-кибернетического цикла [1, 2, 5–9], анализ учебной и научно-методической литературы [10–13] позволили определить **информационно-кибернети-**

ческое мышление как когнитивный процесс установления связей между частями информационных и кибернетических систем, особый способ объяснения их принципа действия, предусматривающий:

- выделение функциональных блоков, информационных потоков и цепей управления;
- объяснение анализируемых процессов путем логического сведения к основным положениям информатики и кибернетики;
- анализ и синтез алгоритмов и компьютерных программ;
- взаимодействие с информационными и кибернетическими системами (телевидение, компьютер) для решения практических задач.

Использование информационно-кибернетического мышления предполагает употребление следующих научных понятий: «информация», «энтропия», «сигнал», «кодер», «канал связи», «управление», «датчик», «исполнительный орган», «обратная связь», «черный ящик», «робот», «гомеостаз» и др.

Анализ различных мыслительных процедур, применяемых при изучении инфокибернетических систем, позволил выделить три основных составляющих информационно-кибернетического мышления [16]:

- **инфологическое мышление**, т. е. логическое объяснение функционирования информационных систем, способов кодирования различных видов информации и методов измерения количества информации в сообщении;
- **алгоритмическое мышление**, т. е. совокупность мыслительных действий, приводящих к созданию алгоритма или компьютерной программы, решающей данную задачу;
- **кибернетическое мышление**, заключающееся в умении применять инфокибернетический подход для анализа и синтеза информационно-кибернетических систем.

Информационно-кибернетическое мышление развивается параллельно с формированием **информационно-кибернетической картины мира** (т. е. информационно-кибернетической составляющей научной картины мира) — обобщенной модели окружающего мира, включающей в себя представления:

- об информации и методах ее измерения, общих принципах управления;
- об алгоритмизации и программировании;
- о протекании информационных процессов и функционировании кибернетических систем различной природы.

3. Учебные задания для развития информационно-кибернетического мышления

При анализе функционирования кибернетических систем применяются методы математического и компьютерного моделирования. Как нам представляется, изучение этих вопросов в педагогическом

вузе может быть осуществлено без сложной математики. Для этого достаточно использовать методы:

- качественного анализа систем;
- математического моделирования: составление и решение алгебраических и дифференциальных уравнений;
- программирования: создание и исследование компьютерных моделей систем управления и их отдельных узлов;
- численного решения дифференциальных уравнений (например, метод Эйлера).

Как установили психологи, для эффективного развития мышления обучаемые должны выполнять систему специально подобранных интеллектуальных заданий и обсуждать получающиеся результаты [3, 4]. При работе со студентами педагогических специальностей не следует увлекаться строгими математическими рассуждениями. Лучше акцентировать внимание на обсуждении проблем на качественном уровне, создании презентаций, написании рефератов, использовании математических моделей, соответствующих изученному курсу математики, решению разнообразных задач профессиональной направленности, применении метода компьютерного моделирования, объяснении используемого алгоритма и результатов моделирования на уровне школы или педвуза. Анализ учебной и научно-методической литературы [11, 14, 17] позволил отобрать основные типы учебных заданий, способствующих развитию у студентов информационно-кибернетического мышления.

1. Задания на обсуждение принципов кибернетики и их обоснование. Преподаватель формулирует основные принципы кибернетики: целенаправленности, эмерджентности, необходимого разнообразия, обратной связи, внешнего дополнения, адаптации, оптимальности, декомпозиции и иерархии управления, гомеостаза и т. д. После объяснения каждого принципа преподаватель задает вопрос: на примере какой системы можно обосновать или проиллюстрировать справедливость обсуждаемого утверждения? Аналогичные вопросы могут быть заданы во время проведения контрольной работы, зачета или экзамена.

2. Задания на объяснение общих принципов функционирования различных видов информационно-кибернетических систем. При изучении информатики студенты знакомятся с различными информационными системами, которые в простейшем случае состоят из источника информации, канала связи и приемника информации. На занятиях, посвященных изучению основ кибернетики, преподаватель рассматривает общепринятую классификацию систем автоматического управления (САУ):

- разомкнутые системы управления по возмущению;
- замкнутые системы управления по отклонению;
- системы с комбинированным управлением;
- адаптивные системы, способные приспособиться к изменению окружающей среды.

На занятии обсуждают:

- системы стабилизации, поддерживающие постоянное значение регулируемой величины;
- системы программного управления, предназначенные для изменения значения регулируемой величины по некоторой программе;
- следящие системы, у которых управляемая величина (исполнительный орган) воспроизводит произвольно изменяющееся задающее воздействие.

После изучения каждого вида САУ студентам можно дать задание объяснить общие принципы работы перечисленных видов систем и привести примеры.

3. Задания на объяснение работы конкретных кибернетических систем и их отдельных узлов. Преподаватель предлагает студентам объяснить функционирование той или иной САУ, устройство которой уже было изучено. Преподаватель задает вопросы, например: объясните, для чего нужен датчик и цепь обратной связи в автоматическом регуляторе скорости вращения. Как работает автофокус, осуществляющий автоматическую фокусировку цифровых фото- и видеокамер? Устройство для поддержания постоянного уровня воды в резервуаре, из которого периодически вытекает вода, содержит поплавков, рычаг и клапан. Как оно функционирует?

4. Задания на «изобретение» систем управления с заданными свойствами. Преподаватель предлагает студентам разработать конструкцию системы управления, которая решает определенную задачу. При этом он может перечислить все или некоторые блоки системы. Преподаватель задает вопросы, например: как, используя два электромагнитных реле, создать логический элемент 2И? 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.

5. Задания на создание систем управления и экспериментальное изучение их работы. На лабораторных занятиях студенты создают и изучают различные системы управления на основе реле, фотодатчика, терморезистора, компьютера и др. На занятиях по робототехнике студенты собирают различных роботов, выполняющих определенную последовательность действий, на основе комплекта LEGO Mindstorms или его аналогов (ROBOTISOLLO, BioloidSTEM, Трик, Tinkerbots) [22].

6. Задания на создание компьютерных моделей систем управления и их отдельных узлов. В компьютерной лаборатории на основе Pascal ABC и специализированных пакетов (например, Electronics Workbench) студенты создают компьютерные модели различных кибернетических систем и их узлов. Этим методом могут быть изучены информационные системы с каналом связи, терморегулятор, дискретный регулятор уровня жидкости, непрерывный регулятор скорости вращения [15], апробированы линейные и нелинейные законы регулирования, построены

амплитудо- и фазочастотные характеристики передаточных звеньев, промоделированы интегральные и дифференциальные цепи и т. д.

4. Учебные задания на моделирование систем управления и их узлов

При изучении основ кибернетики важно подобрать практические задания, способствующие усвоению теории. Они могут состоять в построении компьютерных моделей различных САУ, отличающихся законом регулирования, и передаточных звеньев. Рассмотрим несколько примеров.

Задание 1.

Промоделируйте функционирование САУ с линейным законом управления, выражающимся уравнением: $u(t) = 0,75 \cdot \Delta x$, где $\Delta x = x_0 - x$ — рассогласование между сигналами с датчика x_0 и датчика x , контролирующего состояние объекта управления y , при наличии задержки между управляющим сигналом $u(t)$ и сигналом с датчика $\tau_3 = 0 - 1,25$ с.

Решение.

Используется программа, написанная на Pascal ABC:

```
uses graphabc;
const dt=0.005; M=18; Mt=8; zaderzhka=20;
var t,x,x0,dx,dx1,y,u: single; i,k: integer;
z: array[1..500]of single;
BEGIN Maximizewindow;
line(20,0,20,1000); line(0,600,3000,600);
x0:=0;
Repeat t:=t+dt; inc(k);
If (t>10)and(t<11) then x0:=x0+0.1;
If (t>50)and(t<51) then x0:=x0-0.04;
If (t>100)and(t<101) then x0:=x0-0.03;
dx:=x0-x; u:=0.75*dx; {u:=0.15*dx+0.2*dx*dx*dx};
{u:=0.15*dx+0.1*dx*abs(dx-dx1)/dt};
z[1]:=u; For i:=250 downto 1 do z[i+1]:=z[i];
{zapazdivanie}
y:=y+z[zaderzhka]*dt; x:=y; dx1:=dx;
setpencolor(clblack);
circle(round(20+t*Mt),round(600-2-x0*M),3);
setpencolor(clred);
circle(round(20+t*Mt),round(600-y*M),2);
until t>1000; END.
```

Она содержит цикл по времени с шагом 0,005 с, в котором вычисляются рассогласование $\Delta x(t) = x_0(t) - x(t)$, управляющее воздействие $u(t)$, текущее состояние объекта управления y ; все результаты выводятся на экран в графическом виде. Для моделирования запаздывания между сигналом управления $u(t)$ и изменением состояния объекта y используется цикл, в котором вычисленное значение управляющего сигнала $u(t)$ последовательно передается сначала в $z[1]$, затем в $z[2]$ и т. д. до $z[250]$, причем только $z[200]$ влияет на состояние объекта y . Для этого применяются операторы: $z[1]:=u$; **For** $i:=250$ **downto** 1 **do** $z[i+1]:=z[i]$; $y:=y+z[200]*dt$; . Если сигнал с датчика изменяется ступенчато, то при запаздывании $\tau_3 = 0,1$ с система ведет себя, как показано на рис. 1.1. При $\tau_3 = 1,2$ с наблюдается

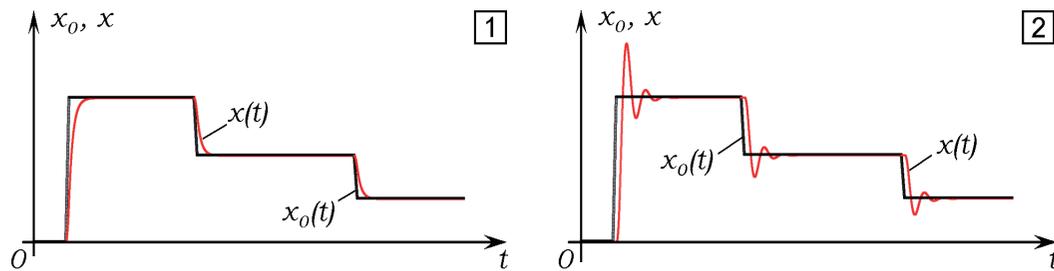


Рис. 1. Результаты моделирования (задание 1)

Fig. 1. Simulation results (task 1)

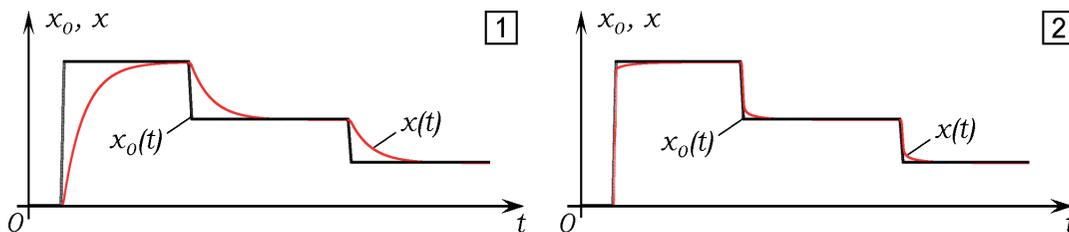


Рис. 2. Результаты моделирования (задание 2)

Fig. 2. Simulation results (task 2)

перерегулирование (рис. 1.2.): система проскакивает новое значение x_0 , а затем происходят затухающие колебания x . Программа позволяет изучить влияние закона регулирования и величины запаздывания сигнала на общее функционирование системы.

Задание 2.

Промоделируйте функционирование кибернетической системы с законом управления: $u(t) = 0,15 \cdot \Delta x + b \Delta x^3$, при $b = 0$ (линейное управление), $b = 0,2$ (нелинейное управление) и запаздывании $\tau_3 = 0,125$ с.

Решение.

Необходимо внести незначительные изменения в программу первой задачи, раскомментировать некоторые операторы. Получающиеся результаты представлены на рисунке 2. Видно, что в случае линейного управления состояние объекта $y = x$ медленно стремится к заданному значению x_0 (рис. 2.1), а при

правильно подобранном нелинейном законе управления y стремится к x гораздо быстрее (рис. 2.2).

Задание 3.

Промоделируйте работу автоматического регулятора с законом управления $u(t) = 0,15 \cdot \Delta x + 0,1 \cdot |d(\Delta x)/dt| \cdot \Delta x$, при задержке $\tau_3 = 0,1$ с и $0,65$ с.

Решение.

В законе регулирования присутствует производная от рассогласования Δx по времени. Она вычисляется по формуле $d(\Delta x)/dt = (\Delta x^t - \Delta x^{t-1})/\Delta t$; предыдущее значение Δx^{t-1} сохраняется в переменной $dx1$. При быстром изменении рассогласования Δx величина второго слагаемого достаточно велика, система реагирует «на опережение». Используется программа первой задачи (в ней надо изменить закон регулирования и задержку), получающиеся графики представлены на рисунке 3.1 для $\tau_3 = 0,1$ с и рисунке 3.2 для $\tau_3 = 0,65$ с. Видно, что поведение системы при одном и том же

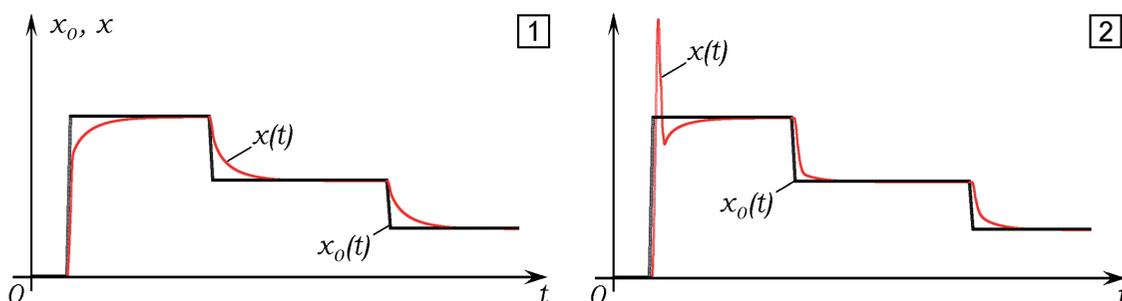


Рис. 3. Результаты моделирования (задание 3)

Fig. 3. Simulation results (task 3)

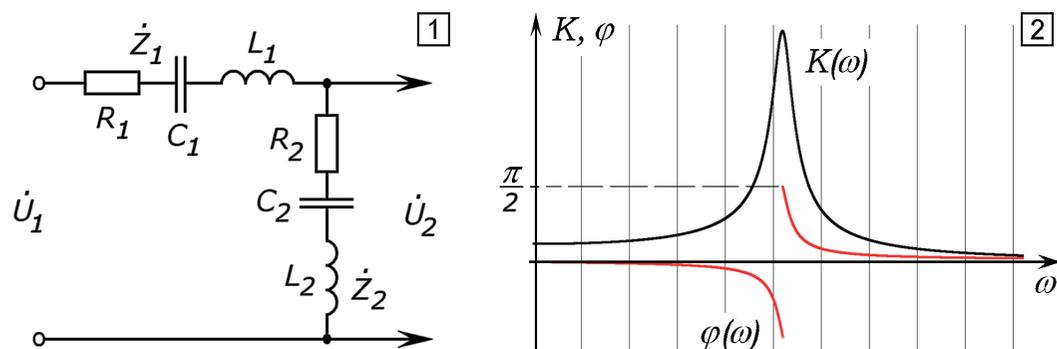


Рис. 4. Г-образный фильтр и его амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики
Fig. 4. L-shaped filter and its amplitude-frequency and phase-frequency characteristics

законе управления сильно зависит от величины задержки. Во втором случае, при $\tau_3 = 0,65$ с, наблюдается переуправление.

Задание 4.

Рассчитайте коэффициент передачи Г-образного фильтра (передаточного звена), состоящего из двух ветвей, каждая из которых содержит резистор R , конденсатор C и катушку индуктивности L (рис. 4.1), на разных частотах ω . Постройте амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики в обычном и логарифмическом масштабе.

Решение.

Для расчета коэффициента передачи K цепи используют формулы:

$$\dot{K} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2},$$

$$\dot{Z}_1 = R_1 + j \left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} \right) = a_1 + j b_1,$$

$$\dot{Z}_2 = R_2 + j \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} \right) = a_2 + j b_2,$$

$$\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2),$$

$$\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{a_1 + j b_1}{a_2 + j b_2} = \frac{a_1 a_2 + b_1 b_2 + j(a_2 b_1 - a_1 b_2)}{a_2^2 + b_2^2}.$$

Студентам могут быть выданы задачи, отличающиеся значениями R , L , C . Для их решения на компьютере необходимо создать универсальную программу, которая вычисляет коэффициент передачи при любых параметрах цепи. Эта программа содержит цикл, в котором частота ω увеличивается с шагом $\Delta\omega$ и с каждой итерацией:

1) вычисляются импедансы ветвей передаточного звена \dot{Z}_1 и \dot{Z}_2 на новой частоте (отдельно действительная и мнимая части);

2) рассчитывается знаменатель путем суммирования действительных и мнимых частей чисел \dot{Z}_1 и \dot{Z}_2 по отдельности;

3) с помощью процедуры *Delenie* определяется отношение \dot{Z}_2 к $(\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2)$;

4) с помощью процедуры *Modul* находятся модуль K и аргумент φ комплексного значения коэффициента передачи K ;

5) результаты вычисления K и φ выводятся на экран в цифровом или графическом виде.

Используется следующая компьютерная программа (Pascal ABC).

```
uses crt, graphABC;
const dw=0.9; R1=16; R2=2; C1=3e-6; L1=0.04;
C2=1e-6; L2=0.0; Mw=0.09; MK=50; Mfi=100;
var a1,a2,b1,b2,w,fi,k,Re_otv,Im_otv,
Mod_otv:single; i:integer;
Procedure Delenie;{Z1 на Z2}
begin Re_otv:=(a1*a2+b1*b2)/(a2*a2+b2*b2);
Im_otv:=(a2*b1-a1*b2)/(a2*a2+b2*b2); end;
Procedure Modul;
begin Mod_otv:=sqrt(a1*a1+b1*b1);
fi:=arctan(b1/a1); end;
BEGIN MaximizeWindow; line(0,500,1800,500); w:=1;
For i:=1 to 15 do
  line(10+round(100*i),0,10+round(100*i),700);
Repeat w:=w+dw; a1:=R2; b1:=w*L2-1/(w*C2);
a2:=R1; b2:=w*L1-1/(w*C1); a2:=a1+a2;
b2:=b1+b2; Delenie;
a1:=Re_otv; b1:=Im_otv; Modul; K:=Mod_otv;
setpencolor(clblack);
circle(10+round(Mw*w),500-round(MK*k),2);
setpencolor(clred);
circle(10+round(Mw*w),500-round(Mfi*fi),2);
until w>20000; END.
```

Действительная и мнимая части от результата деления комплексных чисел присваиваются переменным *Otv_Re* и *Otv_Im*, а потом переобозначаются для осуществления новой операции. Результаты использования программы приведены на рисунке 4.2. Чтобы построить графики в логарифмическом масштабе, в операторах *circle(...)*, ставящих точки на экране, частоту ω следует заменить на $\ln(\omega)/\ln(10)$.

Задание 5.

Создайте компьютерную модель и изучите работу передаточного звена, состоящего из цилиндра с вязкой жидкостью, стержня с поршнем и пружиной (рис. 5). Коэффициент сопротивления r , жесткость пружины k , массы поршня m_1 и цилиндра m_2 известны. Рассчитайте отклик системы $x_2(\tau)$, когда входной сигнал $x_1(\tau)$ изменяется следующим образом:

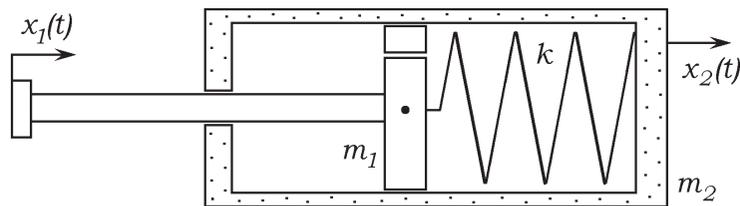


Рис. 5. Передаточное звено (задание 5)

Fig. 5. Transmission link (task 5)

- 1) ступенчатое увеличение или уменьшение;
- 2) одиночный кратковременный прямоугольный импульс;
- 3) несколько прямоугольных импульсов;
- 4) пилообразные импульсы;
- 5) гармонические колебания.

Промоделируйте работу звена при различных параметрах системы, постройте графики зависимостей $x_1(\tau)$ и $x_2(\tau)$.

Решение.

Зная зависимость $x_1(\tau)$, можно определить скорость поршня по формуле $v_{1x} = (x_1^{t+1} - x_1^t) / \Delta\tau$. При движении поршня со стороны него на цилиндр действуют сила сопротивления $F_{c,x} = -r(v_{2x} - v_{1x})$ и сила упругости $F_{yn,x} = -k(x_2 - x_1)$. Из законов механики: $F_{yn,x} + F_{c,x} = m_2 a_{2x}$, $a_{2x} = dv_{2x} / d\tau$, $v_{2x} = dx_2 / d\tau$. Получаем дифференциальное уравнение:

$$m_2 \ddot{x}_2 = -k(x_2 - x_1) - r(\dot{x}_2 - \dot{x}_1).$$

Используя метод Эйлера, получаем:

$$a_{2x}^{t+1} = [-k(x_2^t - x_1^t) - r(v_{2x}^t - v_{1x}^t)] / m_2,$$

$$v_{2x}^{t+1} = v_{2x}^t + a_{2x}^{t+1} \Delta\tau, \quad x_2^{t+1} = x_2^t + v_{2x}^{t+1} \Delta\tau.$$

Программа содержит цикл по времени, в котором последовательно вычисляются ускорение, скорость цилиндра и его координата в следующий момент времени $\tau + \Delta\tau$, а результаты выводятся на экран (ставятся точки на графиках). Она представлена ниже.

```
uses crt, graphABC;
const dt=0.001; r=1.1; k=60; m1=0.1; m2=0.6;
Mt=60; MF=25; Mx=20; Mv=50;
var x0,x1,x2,v1,v2,a2,Fc,t:single;i:integer;
BEGIN MaximizeWindow; line(0,500,1800,500);
For i:=1 to 15 do
  line(10+round(100*i),0,10+round(100*i),700);
```

```
Repeat t:=t+dt; x0:=x1;
{If (t>1)and(t<3) then x1:=20 else x1:=0;}
If sin(0.8*t)>0.1 then x1:=10 else x1:=-4;
v1:=(x1-x0)/dt; Fc:=-r*(v2-v1); a2:=(Fc-
k*(x2-x1))/m2;
v2:=v2+a2*dt; x2:=x2+v2*dt;
setpencolor(clgreen); circle(10+round(Mt*t),500-
round(Mx*x1),2);
setpencolor(clblack); circle(10+round(Mt*t),500-
round(Mx*x2),2);
until t>20000; END.
```

На рисунке 6.1 представлены графики $x_2(\tau)$ в случае, когда $x_1(\tau)$ совершает почти прямоугольные колебания с частотой, близкой к резонансной частоте поршня пружины. Если частота изменения $x_1(\tau)$ существенно ниже резонансной, то при небольших r получаются графики $x_2(\tau)$, изображенные на рисунке 6.2.

Чтобы промоделировать функционирование передаточного звена при отсутствии пружины, достаточно k приравнять к нулю. Когда входное воздействие $x_1(\tau)$ имеет форму одиночного прямоугольного импульса, координата цилиндра $x_2(\tau)$ изменяется, как показано на рисунке 7.1. Если на вход поступают прямоугольные импульсы, то отклик системы $x_2(\tau)$ соответствует графику на рисунке 7.2.

Использование этих и других аналогичных заданий при обучении студентов Глазовского пединститута позволяет утверждать следующее. Применение компьютерных моделей при изучении основ кибернетики способствует возникновению интереса к изучаемой дисциплине, повышению мотивации к обучению, развитию умения применять компьютер для решения разнообразных задач, углубляет межпредметные связи между математикой, физикой и информатикой, стимулирует самостоятельную познавательную активность студентов. Сочетание

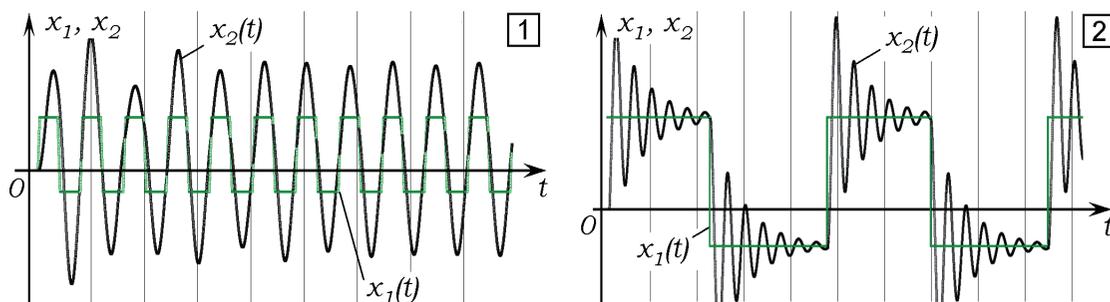


Рис. 6. Отклик передаточного звена (демпфер с пружиной)

Fig. 6. The response of the transmission link (damper with a spring)

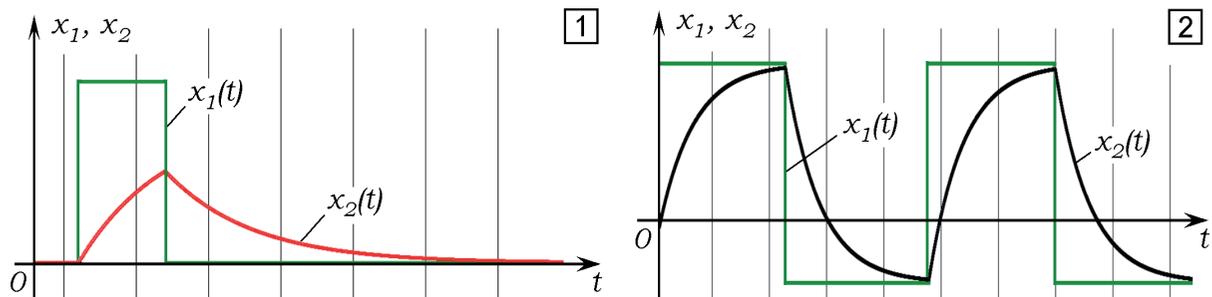


Рис. 7. Отклик передаточного звена без пружины ($k = 0$)

Fig. 7. The response of the transmission link without a spring ($k = 0$)

простоты создания, высокой наукоемкости и возможности быстро промоделировать и исследовать большое количество различных ситуаций превращает компьютерные модели в эффективное средство обучения.

5. Заключение

В статье обсуждаются некоторые особенности формирования информационно-кибернетического мышления у студентов педагогических вузов при изучении основ кибернетики. Определено понятие информационно-кибернетического мышления, выделены его основные составляющие (инфологическое, алгоритмическое и кибернетическое мышление). Рассмотрены учебные задания, способствующие развитию инфокибернетического мышления и предусматривающие:

- 1) объяснение принципов кибернетики и их обоснование на примере конкретных систем;
- 2) объяснение общих принципов функционирования различных видов информационно-кибернетических систем;
- 3) объяснение работы конкретных кибернетических систем и их отдельных узлов;
- 4) изобретение «новых» систем управления с заданными свойствами;
- 5) создание систем управления и экспериментальное изучение их работы;
- 6) создание компьютерных моделей систем управления и передаточных звеньев.

Кроме того, предложены учебные задания, в ходе выполнения которых студенты моделируют работу различных кибернетических систем с заданным законом управления и задержкой, рассчитывают амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики Г-образного фильтра, изучают функционирование передаточного звена, состоящего из инертного, упругого и демпфирующего элементов. Показано, что, используя простые программы, написанные в Pascal ABC, можно исследовать функционирование различных узлов САУ, что способствует более глубокому усвоению основных положений кибернетики, активизации учебно-познавательной деятельности студентов, повышению ее результативности.

Список источников / References

1. Деменков Н. П., Микрин Е. А. Управление в технических системах: учебник. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана; 2017. 452 с.
[Demenkov N. P., Mikrin E. A. Control in technical systems. Moscow, Publishing House of Bauman Moscow State Technical University; 2017. 452 p. (In Russian.)]
2. Мельников В. П., Схиртладзе А. Г. Исследование систем управления: учебник для академического бакалавриата М.: Изд-во Юрайт; 2016. 447 с.
[Melnikov V. P., Shhirtladze A. G. Research of control systems. Moscow, Yurayt Publishing House; 2016. 447 p. (In Russian.)]
3. Загвязинский В. И. Теория обучения: Современная интерпретация: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Академия; 2001. 192 с.
[Zagvyazinsky V. I. Theory of learning. Moscow, Academy; 2001. 192 p. (In Russian.)]
4. Зимняя И. А. Педагогическая психология: учебник для вузов. М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК; 2010. 448 с.
[Zimnaya I. A. Pedagogical psychology. Moscow, MPSI; Voronezh, MODEK; 2010. 448 p. (In Russian.)]
5. Акулов О. А., Медведев Н. В. Информатика: базовый курс. М.: Омега-Л; 2004. 552 с.
[Akulov O. A., Medvedev N. V. Informatics: basic course. Moscow, Omega-L; 2004. 552 p. (In Russian.)]
6. Гуц А. К. Кибернетика: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГУ; 2014. 188 с.
[Guts A. K. Cybernetics. Omsk, Publishing House of OmSU; 2014. 188 p. (In Russian.)]
7. Novikov D. A. Cybernetics: From Past to Future. Studies in Systems, Decision and Control. Heidelberg, Springer International Publishing; 2016. 107 p.
8. Wiener N. Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge, The Technology; 1948. 194 p.
9. Могилев А. В., Пак Н. И., Хеннер Е. К. Информатика: учеб. пособие. М.: Академия; 2003. 816 с.
[Mogilev A. V., Pak N. I., Henner E. K. Informatics. Moscow, Academy; 2003. 816 p. (In Russian.)]
10. Гейн А. Г., Ливчак А. Б., Сенокосов А. И., Юнгерман Н. А. Информатика 10 класс. М.: Просвещение; 2020. 272 с.
[Gein A. G., Livchak A. B., Senokosov A. I., Yungerman N. A. Informatics 10th grade. Moscow, Enlightenment; 2020. 272 p. (In Russian.)]
11. Перфилова О. В. Методика обучения основам кибернетики в рамках образовательной области «Информатика» в условиях средней школы: дис. ... канд. пед. наук: Тамбов, 2000. 208 с.
[Perfilova O. V. Methods of teaching the basics of cybernetics within the framework of the educational field "Informatics" in the conditions of secondary school. dis. Cand. ped. sci. diss. Tambov, 2000. 208 p. (In Russian.)]

12. Поляков К. Ю., Еремин Е. А. Информатика. Углубленный уровень: учебник для 11 классов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2013. 220 с.

[Polyakov K. Yu., Eremin E. A. Informatics. Advanced level. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge; 2013. 220 p. (In Russian.)]

13. Угринович Н. Д., Цветкова М. С., Хлобыстова И. Ю. Информатика. 10–11 классы. Базовый уровень: метод. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2016. 96 с.

[Ugrinovich N. D., Tsvetkova M. S., Khlobystova I. Yu. Informatics. Grades 10–11. Basic level: methodical manual. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge; 2016. 96 p. (In Russian.)]

14. Игнатъев М. Б. Кибернетическая картина мира. СПб.: ГУАП; 2010. 416 с.

[Ignatiev M. B. Cybernetic picture of the world. St. Petersburg, GUAP; 2010. 416 p. (In Russian.)]

15. Майер Р. В. Компьютерное моделирование: учеб.-метод. пособие для студентов педагогических вузов. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т; 2015. 620 с.

[Mayer R. V. Computer modeling: an educational and methodological guide for students of pedagogical universities. Glazov, Glazov State Pedagogical Institute; 2015. 620 p. (In Russian.)]

16. Майер Р. В. Развитие кибернетического мышления у студентов педагогических вузов. Педагогическая информатика. 2020;3:23–33.

[Mayer R. V. Developing cybernetic thinking in students of pedagogical universities. *Pedagogical Informatics*. 2020;3:23–33. (In Russian.)]

17. Соловьев В. П. Формирование кибернетического мировоззрения. Наука та наукознавство. 2007;4:195–204.

[Soloviev V. P. Formation of a cybernetic worldview. *Science and Science Studies*. 2007;4:195–204. (In Russian.)]

18. Ращиков В. И., Рошаль А. С. Численные методы решения физических задач: учеб. пособие. СПб.: Лань; 2005. 208 с.

[Raschikov V. I., Roshal A. S. Numerical methods for solving physical problems. St. Petersburg, Lan; 2005. 208 p. (In Russian.)]

19. Угринович Н. Д. Исследование информационных моделей. Элективный курс. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2004. 183 с.

[Ugrinovich N. D. Research of information models. Elective course. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge; 2004. 183 p. (In Russian.)]

20. Giordano N. J. Computational Physics. New Jersey, Prentice Hall; 1997. 419 p.

21. Woolfson M. M., Pert G. J. An Introduction to Computer Simulation. Oxford University Press; 1999. 311 p.

22. Кельдышев Д. А., Иванов Ю. В., Саранин В. А. Робототехника в инженерных и физических проектах. Глазов: ПринтТорг; 2018. 84 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36971211&>

[Keldyshev D. A., Ivanov Yu. V., Saranin V. A. Robotics in engineering and physical projects. Glazov, PrintTorg; 2018. 84 p. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36971211&>]

Информация об авторе

Майер Роберт Валерьевич, доктор пед. наук, доцент, профессор кафедры физики и дидактики физики, Глазовский государственный педагогический институт, г. Глазов, Россия; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8166-9299>; e-mail: robert_maier@mail.ru

Information about the author

Robert V. Mayer, Doctor of Sciences (Education), Docent, Professor at the Department of Physics and Didactics of Physics, Glazov State Pedagogical Institute, Glazov, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8166-9299>; e-mail: robert_maier@mail.ru

Поступила в редакцию / Received: 20.12.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 14.03.2022.

Принята к печати / Accepted: 15.03.2022.