

**Роберт Валерьевич Майер**

Глазовский государственный инженерно-педагогический университет, доктор педагогических наук,  
доцент, профессор кафедры физики и дидактики физики, Глазов, Россия  
e-mail: robert\_maier@mail.ru

## **О формировании кибернетико-синергетического мышления у студентов педагогических специальностей**

*Аннотация.* Рассмотрена проблема развития у студентов педвузов кибернетико-синергетического мышления. Под ним понимается когнитивный процесс установления связей между элементами сложных систем, особый способ объяснения их функционирования, основанный на идеях кибернетики и синергетики. Выявлены основные черты: понимание целостности и системности анализируемого объекта; учет непрерывной эволюции системы, ее прошлого, настоящего и будущего; выявление и изучение прямых и обратных связей, их влияния на развитие системы; анализ методов управления поведением рассматриваемой системы; учет непредсказуемости поведения, невозможности абсолютно точно узнать прошлое и будущее; понимание влияния на систему внешних факторов; принятие контринтуитивности функционирования системы; использование не только детерминистических, но и вероятностных представлений. Приведены примеры сложных систем из физики, химии, техники, психологии, педагогики, истории, филологии.

*Ключевые слова:* дидактика, кибернетика, мышление, обучение, самоорганизация, синергетика, управление.

**Robert V. Mayer**

Glazov State Pedagogical Institute, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor,  
Professor of the Department of Physics and Didactics of Physics, Glazov, Russia  
e-mail: robert\_maier@mail.ru

## **On the Formation of Cybernetic-Synergetic Thinking in Students of Pedagogical Specialties**

*Abstract.* The article considers the problem of developing cybernetic-synergetic thinking in students of pedagogical universities. It is understood as a cognitive process of establishing connections between elements of complex systems, a special way of explaining their functioning, based on the ideas of cybernetics and synergetics. The main features are revealed: understanding the integrity and systematicity of the analysed object; taking into account the continuous evolution of the system, its past, present and future; identifying and studying direct and feedback, their influence on the development of the system; analysis of methods for managing the behaviour of the system under consideration; taking into account the unpredictability of behaviour, the impossibility of knowing the past and future with absolute certainty; understanding the influence of external factors on the system; acceptance of the counterintuitiveness of the system's functioning; use of not only deterministic, but also probabilistic ideas. Examples of complex systems from physics, chemistry, engineering, psychology, pedagogy, history, philology are given.

*Keywords:* didactics, cybernetics, thinking, learning, self-organisation, synergetics, management.

### **Введение (Introduction)**

Нас окружают сложные физические, технические, биологические, социальные и иные системы, находящиеся в непрерывном развитии. Для их изучения применяются два подхода: системно-кибернетический и сложностно-синергетический. **Системно-кибернетический подход** (СКП) используется для анализа функционирования кибернетических систем, в которых явно присутствует орган управления, обеспечивающий их целенаправленное поведение

(живой организм, компьютер, государство) [1]. **Сложностно-синергетический подход** (ССП) применяют к системам, состоящим из примерно одинаковых элементов, согласованное взаимодействие которых приводит к упорядочиванию и усложнению структуры, уменьшению энтропии (образование галактик, кристаллизация, химико-биологическая эволюция) [2]. Самоорганизация некоторых систем приводит к формированию органов управления, восприятия и воздействия (стая, организм, общество), система

© Майер Р. В., 2024

Для цитирования: Майер Р. В. О формировании кибернетико-синергетического мышления у студентов педагогических специальностей // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2024. № 4 (45). С. 193–197. DOI: 10.36809/2309-9380-2024-45-193-197

становится кибернетической и обнаруживает целенаправленное поведение. Изучение подобных систем требует одновременного применения ССП и СКП. В результате синтеза этих подходов возник **кибернетико-синергетический подход**, сочетающий принципы кибернетики и синергетики [3]. Он позволяет анализировать развитие сложных систем с учетом их внутренних взаимосвязей, самоорганизации, а также управлять их поведением. Ему соответствует **кибернетико-синергетическое мышление**.

Необходимость формирования кибернетико-синергетического мышления у студентов педвузов обусловлена тем, что: 1) в процессе обучения они анализируют функционирование сложных систем различной природы; 2) после окончания вуза им придется взаимодействовать с отдельными учащимися и коллективами (т. е. сложными системами), а также стать частью педагогического коллектива; 3) успешная деятельность, жизнь в обществе, понимание глобальных проблем человечества требуют усвоения важнейших идей кибернетики, синергетики и теории систем, а также умения их использовать для анализа различных физических, биологических, социальных и иных процессов. Для повышения **системности знаний** целесообразно сформировать целостный взгляд на функционирование сложных систем различной природы, изучить фундаментальные принципы управления и закономерности самоорганизации.

#### Методы (Methods)

Цель статьи — рассмотреть сущность кибернетико-синергетического мышления и способы его формирования у студентов педагогических вузов при изучении различных дисциплин. Методологической основой являются работы следующих ученых: В. И. Аршинов и Я. И. Свирский [4], Р. А. Гафиатуллин [5], Д. Орлов и И. Крайнова [6] (теория сложности); В. Г. Буданов [7], Е. Ю. Игнатъева [8], Е. Н. Князева и С. П. Курдюмов [2], А. А. Колесников [3] (синергетика); В. Г. Зинченко, В. Г. Зусман и З. И. Кирнозе [9], Г. М. Ипполитов [10], В. С. Кабанова [11], Н. С. Олизько [12], Б. Н. Пойзнер [13], Г. Хакен [14] (синергетический подход к анализу различных систем). Используются следующие методы: анализ учебной и научно-методической литературы, логические рассуждения, теоретическое конструирование, обоснование путем перечисления примеров, синтез определения нового понятия. Также используются элементы сложностно-синергетического и системно-кибернетического подходов.

#### Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

Сложностно-синергетический подход — эффективный метод исследования открытых сложных систем, характеризующихся нелинейностью, самоорганизацией и эмерджентностью. Он предусматривает анализ структуры системы, выявление взаимодействующих элементов, обеспечивающих ее эмерджентное поведение, изучение условий самоорганизации, точек полифуркации, аттракторов и т. д. Важной характеристикой любого объекта или процесса является его сложность. ССП зародился в естественных науках (в теориях диссипативных структур И. Пригожина и самоорганизации Г. Хакена), а затем стал использоваться в гуманитарных дисциплинах [2].

При использовании ССП внимание фокусируется на изучении **синергии** — согласованного взаимодействия компонентов системы, приводящего к возникновению новых свойств, упорядочиванию структуры и усложнению поведения. Системно-кибернетический подход предполагает анализ информационных и управляющих сигналов, цепей управления, прямых и обратных связей, а также изучение способности систем к саморегуляции, оптимизации и адаптации [1]. Если СКП предусматривает наличие определенной цели, к которой стремится система, то ССП этого не требует: самоорганизация происходит в результате когерентного поведения элементов системы, в которой отсутствует блок управления.

Часто СКП и ССП используются вместе. Например, при рассмотрении человека как кибернетической системы используется СКП, но анализ когнитивных процессов (обучение, запоминание), приводящих к формированию новых нейроструктур в мозге, требует применения ССП. Понимание функционирования робота возможно при использовании СКП, но изучение самоорганизации сообщества роботов, их коллективного восприятия окружающей среды, координации действий, обмена информацией, обучения в сотрудничестве возможно с помощью ССП. В некоторых случаях самоорганизация материи приводит к образованию кибернетических систем (возникновение живых организмов), а развитие совокупности кибернетических систем — к самоорганизации (появление иерархии в муравейнике). Совместное применение СКП и ССП привело к появлению **синергетической теории управления** или **кибернетико-синергетического подхода** [3].

Важным условием усвоения новых знаний является мыслительный процесс, в результате которого человек постигает сущность изучаемого объекта или явления. Он связан с речью и сводится к совершению таких мыслительных операций, как сравнение, анализ, синтез, конкретизация, обобщение. Психологи выделяют наглядно-действенное, наглядно-образное и словесно-логическое мышление. В теории обучения, наряду с перечисленными, применяют следующие понятия: математическое, историческое, физическое, алгоритмическое мышление и др.

Сформулируем определение: **кибернетико-синергетическое мышление** — когнитивный процесс установления связей между частями сложных систем, особый способ объяснения их функционирования, основанный на фундаментальных принципах и идеях кибернетики и синергетики. Оно сводится к совокупности мыслительных действий и приемов, позволяющих объяснить процессы самопроизвольного образования пространственно-временных структур в сложных нелинейных диссипативных системах, а также способы управления их поведением.

Изучение научной литературы [2; 3; 4; 14] позволило выделить следующие **черты кибернетико-синергетического мышления**: 1) понимание целостности и системности анализируемого объекта, эмерджентности его свойств; 2) учет непрерывной эволюции системы, ее прошлого, настоящего и будущего; 3) выявление и изучение прямых и обратных связей в системе, их влияния на стабильность и развитие системы; 4) анализ методов управления пове-

дением системы; 5) учет неопределенности и непредсказуемости развития, невозможности абсолютно точно узнать прошлое и будущее; 6) понимание влияния на поведение системы внешних факторов, окружающей среды; 7) принятие контринтуитивности эволюции системы, противоречащей обычным интуитивным представлениям; 8) использование не только детерминистических, но и вероятностных представлений.

Перечисленные черты кибернетико-синергетического мышления могут быть сформированы при изучении физических, химических, биологических, астрономических, социально-экономических, технических систем, в ходе которого студенты знакомятся с основными понятиями и идеями кибернетики [1] (науки об управлении) и синергетики [2] (науки о самоорганизации материи, эволюции и кооперации сложных систем). Рассмотрим основные положения синергетики.

1. В сложных системах возможно согласованное действие нескольких компонентов, которые усиливают друг друга; оно называется **синергией**. Это приводит к **самоорганизации** — образованию более сложной и упорядоченной структуры в открытой системе, происходящему не за счет действия внешних факторов, а в результате ее внутренней перестройки. Согласно **закону синергии** [2; 3]: для сложной системы существует такой набор элементов, при котором ее потенциал больше суммы потенциалов элементов.

2. Существует два вида самоорганизации: 1. **Самосборка** — процесс образования упорядоченной структуры, в котором принимают участие только элементы исходной структуры; она происходит при отводе тепла. Например: образование атомов водорода и гелия при охлаждении Вселенной, образование звезд, галактик, планетарных систем, переход атомов в упорядоченное состояние при кристаллизации. 2. **Самоорганизация**, обусловленная притоком энергии: образование циклонов и антициклонов в атмосфере, вихрей в потоке жидкости, конвективных ячеек Бенара, возникновение автоволн в активных средах, электрических колебаний в коре головного мозга, синаптических связей между нейронами, эволюция живых организмов и т. д.

3. В закрытых системах энтропия возрастает, это приводит к термодинамическому равновесию и смерти. Самоорганизация возможна в **нелинейных открытых диссипативных системах**, находящих вдали от термодинамического равновесия. При этом происходит самоусложнение материи, переход от беспорядка к порядку, возникают новые пространственные, временные и функциональные структуры [2]. Энтропия открытой системы уменьшается за счет увеличения энтропии всей Вселенной. Например, химико-биологическая эволюция, появление новых видов организмов происходят из-за необратимого превращения водорода в гелий в недрах Солнца, что сопровождается возрастанием энтропии.

4. Чтобы происходила **самоорганизация**, система должна быть: 1) достаточно сложной, т. е. содержать большое число элементов; 2) открытой, т. е. обмениваться с окружающей средой веществом, энергией, информацией; 3) нелинейной, т. е. ее отклик на внешнее воздействие не должен быть пропорционален величине воздействия; 4) неравно-

весной, т. е. быть далеко от состояния термодинамического равновесия; 5) диссипативной, т. е. в ней механическая, электрическая, химическая, световая энергии должны частично превращаться в тепловую; 6) содержать положительную обратную связь, в результате которой изменения не устраняются, а накапливаются и усиливаются, что приводит к образованию новой структуры; 7) иметь нарушения симметрии (например, в выдыхаемом человеком воздухе концентрация кислорода ниже, а углекислого газа — выше, чем во вдыхаемом); 8) допускать возможность скачкообразного выхода из критического состояния при переходе на более высокий уровень упорядоченности.

5. В развитии сложной системы выделяют [2]: 1) плавную эволюцию, ход которой закономерен и предопределен; 2) предскачковое состояние, в котором появляется совокупность альтернативных путей развития; 3) случайные скачки в точках полифуркации, от которых зависит последующее эволюционное развитие до новой критической точки. **Точка полифуркации** — состояние системы, после которого она может развиваться по различным путям. Характеристики диссипативных структур **флуктуируют** — случайно колеблются около средних значений, но пока система развивается устойчиво, эти флуктуации не оказывают влияния. При прохождении точки полифуркации очень слабые изменения параметров системы приводят к изменению пути ее эволюции, что используется для управления.

6. Полностью восстановить прошлое и точно предсказать будущее сложной системы невозможно. Допустим, вертикальный стержень падает на стол. Сначала он движется устойчиво (до удара о поверхность), затем система проходит точку полифуркации. Количество возможных конечных состояний системы бесконечно велико: стержень может упасть налево, направо, вперед, назад и т. д.; предсказать это невозможно. Определив конечное положение стержня, нельзя узнать прошлое, т. е. начальное состояние системы (высоту и координату точки удара о стол).

7. Для объяснения поведения сложной системы часто используют: 1) кибернетические понятия: информация, энтропия, сигнал, кодер, канал связи, управление, датчик, исполнительный орган, обратная связь, алгоритм, черный ящик, робот, гомеостаз, адаптация и т. д.; 2) понятия синергетики: нелинейность, диссипация, открытая система, пространственно-временная структура, полифуркация, флуктуация, катастрофа, аттрактор, хаос, неравновесность, глобальный эволюционизм и др.; 3) основные принципы теории управления: целенаправленности, эмерджентности, необходимого разнообразия, обратной связи, внешнего дополнения, адаптации, оптимальности декомпозиции и иерархии управления, гомеостаза [1]; 4) принципы синергетики: гомеостатичности, иерархичности, нелинейности, неустойчивости, незамкнутости, диссипации, полифуркации [2].

Формирование кибернетико-синергетического мышления у студентов педвуза осуществляется при изучении сложных систем. На занятиях по физиологии и психологии, физике и биологии, информатике и кибернетике, истории и экономике студенты знакомятся с различными сложными системами и способами управления их поведением. Приведем некоторые примеры.

1. При изучении физики рассматривают системы, обнаруживающие неустойчивое (хаотическое) поведение и способность к самоорганизации. Например, шарик, скатывающийся по наклонной горке, в которую вбиты гвоздики. При столкновении с гвоздиком система проходит точку бифуркации: шарик огибает гвоздик слева или справа. Так как начальное состояние и параметры системы определяются с погрешностью, то предсказать будущее, т. е. конечную координату шарика, в каждом конкретном случае невозможно; можно лишь рассчитать вероятность попадания шарика в ту или иную часть основания горки. После прохождения точек полифуркации информация о начальном состоянии системы полностью утрачивается, что не позволяет предсказывать будущее развитие, исходя из начального состояния системы. И наоборот, зная конечное положение шарика, можно лишь приблизительно восстановить его траекторию [2]. Анализ электрических, механических, химических автоколебаний, ячеек Бенара, вихрей Тейлора, автоволновых процессов, излучения лазера, кристаллизации, образования атомов после Большого взрыва, возникновения галактик, звезд и планетарных систем, химико-биологической эволюции приводит к усвоению студентами важнейших идей синергетики и кибернетики [2; 3].

2. При изучении психологии студенты знакомятся со строением мозга — сложной системы, состоящей из  $10^{11}$  нейронов. Они узнают, что человек, принимая решение (делая выбор), проходит точку полифуркации. Распознавая символы, звуки, он сравнивает эти образы с находящимися в его сознании аттракторами. Разглядывая картинку «ваза или два лица» или «юная красавица или дряхлая старуха», мозг человека обрабатывает эти неоднозначные изображения, осциллируя между двумя интерпретациями: сначала мы распознаем вазу, затем два лица, потом снова вазу и т. д. [14, с. 254–255].

3. Обсуждая возникновение языка (вербального способа кодирования мыслей), студенты узнают, что это результат согласованного действия мозгов большого числа людей, когда племя договаривается обозначать тот или иной предмет определенной совокупностью звуков [9]. Важным шагом является изобретение письменности, создание алфавита. Выбирая между латиницей, кириллицей, иероглифами и другими способами кодирования звуков и слов, общество проходит точку полифуркации, после которой язык развивается в соответствующем направлении.

4. На занятиях по педагогике студенты рассматривают воспитание, обучение и самообучение. Одна из задач обучения заключается в замене неправильных простых моделей окружающего мира на более правильные и сложные. Воспитание и обучение перестраивают сознание ученика, у него формируются новые качества личности (происходит фазовый переход) [7]. Функционирование системы «знания — учителя — ученики» включает в себя большое количество элементов учебного материала (вопросов, которыми владеет учителя). Она является эмерджентной, нелинейной, открытой и неравновесной; для ее изучения следует использовать кибернетико-синергетический подход [8; 11].

5. Применение в педагогической практике кибернетико-синергетического подхода предусматривает создание условий для активного взаимодействия учащихся друг с другом, построения межличностных отношений, использование

учебных сред, стимулирующих самостоятельность и исследовательскую активность, обеспечивающих согласованное взаимодействие учителей и учеников для достижения поставленной цели [11; 13]. Учитель может предложить выполнить учебно-исследовательский проект, для реализации которого ученикам «выгодно» сотрудничать друг с другом. Возникнет синергетический эффект, система совершит фазовый переход: в результате взаимодействия у учащихся сформируются новые качества личности.

6. Исторические процессы рассматриваются как взаимозависимые комплексные системы, взаимодействующие между собой. Они не могут быть объяснены только с помощью причинно-следственных связей. Историки говорят о сети взаимодействия, образованной историческими личностями, об иррегулярности исторических процессов, обусловленных случайными флуктуациями, кризисами, периодами неравномерного развития [10; 13]. Управление обществом, как правило, осуществляется методом «продуманных слабых воздействий» в момент прохождения обществом точки полифуркации (например, воздействие на избирателей в момент выборов).

7. При рассмотрении сложных технических систем (компьютера, Интернета, ИИ) обсуждаются особенности самоорганизации и управления [1; 2]. Например: 1) обучение нейросети или вероятностного автомата, в результате которого система приобретает новые качества (учится распознавать объекты либо определенным образом реагировать на входные сигналы); 2) функционирование отдельных роботов, состоящих из большого числа взаимодействующих блоков; 3) самоорганизация сообщества роботов, их коллективное восприятие окружающей среды, координация действий, обмен информацией, обучение в сотрудничестве.

8. Студенты-филологи изучают различные языковые и литературные явления, порождение художественного текста, его восприятие читателем, нелинейный процесс трансформирования смыслов, смысловых образов. Они обсуждают влияние смысловых особенностей текста, его структуры, синтаксиса, образов на общую динамику повествования, тенденции в развитии сюжета, эволюцию персонажей. При этом учитывается эмоциональное и эстетическое воздействие текстов на читателя, влияние художественных приемов (повторы, метафоры, мотивы и т. д.) на восприятие и интерпретацию произведений.

### **Заключение (Conclusion)**

При анализе сложных систем ученый постнеклассической эпохи использует синергетическую теорию управления (СТУ), оперируя такими понятиями, как сложность, системность, целенаправленность, нелинейность, диссипативность, открытость, обратная связь, алгоритм, гомеостаз и т. д. В статье на основе анализа системно-кибернетического и сложностно-синергетического подходов обоснована необходимость формирования у студентов — будущих учителей кибернетико-синергетического мышления и перечислены его основные черты. Приведены примеры из физики, биологии, психологии, филологии, технических и социальных наук, изучение которых способствует развитию кибернетико-синергетического мышления.

**Библиографический список**

1. Майер Р. В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование у студентов педагогических специальностей : моногр. Глазов : Глазов. гос. пед. ин-т, 2022. 202 с.
2. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб. : Алетей, 2002. 414 с.
3. Колесников А. А. Синергетическая теория управления. Таганрог : Таганрог. радиотехн. ин-т ; М. : Энергоатомиздат, 1994. 344 с.
4. Аршинов В. И., Свирский Я. И. Сложностный мир и его наблюдатель // Человек. 2019. № 2 (30). С. 130–153.
5. Гафиатуллин Р. А. Эволюционные процессы развития сложных систем // Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 35. С. 188–196.
6. Орлов Д., Крайнова И. Стратегии сложностного мышления. Множественность объекта и «эвристики сборки» // Образовательная политика. 2021. № 1 (85). С. 46–55.
7. Буданов В. Г. Синергетическая парадигма. Синергетика образования. М. : Прогресс — Традиция, 2007. С. 174–211.
8. Игнатьева Е. Ю. Системно-синергетическое управление образовательным процессом современного вуза // Человек и образование. 2009. № 3. С. 114–118.
9. Зинченко В. Г., Зусман В. Г., Кирнозе З. И. Литература и методы ее изучения. Системно-синергетический подход : учеб. пособие. М. : Флинта : Наука, 2011. 280 с.
10. Ипполитов Г. М. К вопросу о синергетическом подходе в исторических и историографических исследованиях // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2010. Т. 12, № 2. С. 207–216.
11. Кабанова В. С. О синергетическом подходе к воспитанию и обучению // Образование и саморазвитие. 2014. № 1 (39). С. 113–120.
12. Олизько Н. С. Синергетические принципы организации художественного дискурса постмодернизма // Вестн. Челяб. гос. ун-та. Сер. Филология. Искусствоведение. 2009. № 10 (148). С. 84–87.
13. Пойзнер Б. Н. О союзе гуманитарных наук с синергетикой // Вестн. Том. гос. ун-та. 1998. № 266. С. 98–102.
14. Хакен Г. Принципы работы головного мозга. Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. М. : Пер Се, 2001. 351 с.