



► **КОЖИН Анатолий Витальевич**

Кандидат физико-математических наук,
профессор кафедры физики и химии

Уральский государственный
экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург,
ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45
Тел.: (343) 221-17-65
E-mail: kav@usue.ru

Anatoliy V. KOZHIN

Cand. Sc. (Physics and Mathematics),
Prof. of Physics and Chemistry Dept.

Urals State University of Economics
620144, RF, Yekaterinburg,
8 Marta/Narodnoy Voli St., 62/45
Phone: (343) 221-17-65
E-mail: kav@usue.ru



► **БОРТНИК Борис Исаакович**

Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры физики и химии

Уральский государственный
экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург,
ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45
Тел.: (343) 221-17-65
E-mail: bortbor@mail.ru

Boris I. BORTNIK

Cand. Sc. (Physics and Mathematics),
Associate-Prof. of Physics and Chemistry
Dept.

Urals State University of Economics
620144, RF, Yekaterinburg,
8 Marta/Narodnoy Voli St., 62/45
Phone: (343) 221-17-65
E-mail: bortbor@mail.ru

Синергетический подход к оценке эффективности учебного процесса*

Ключевые слова

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ

Аннотация

На основе интерпретации образовательного процесса как типичного нелинейного процесса в открытой сильнонеравновесной системе предлагается использование синергетического подхода и системного анализа для оценки эффективности деятельности образовательного кластера и выбора оптимального режима управления процессом обучения.

Интеграционные процессы в образовательной сфере, присоединение России к Болонской конвенции, доминирование компетентностного подхода в постановке основных образовательных целей, формирование системы менеджмента качества и ориентация на международные стандарты определили единые требования к качеству образования и соответствующие общие критерии качества. Эти критерии имеют универсальный и вместе с тем формальный характер, что в известной мере нивелирует предметный контент, значимость и особенности изучаемых дисциплин. В большей мере это ощутимо для дисциплин математического и естественнонаучного цикла, уровень знаний которых у значительной массы учащихся заметно снижается [12], что, однако, несущественно влияет на основные обобщенные качественные показатели. Эта ситуация сегодня является серьезной проблемой, имеющей место на всех уровнях образования. Она обусловлена как глобальными историческими тенденциями развития культуры, проявляющимися в мировом масштабе, так и особенностями социокультурных преобразований последних десятилетий в нашей стране, в том числе реалиями образовательной реформы (не вполне адекватными предполагаемым результатам) [3]. Безусловно, сама система подготовки по естественнонаучным дисциплинам, как и по всем другим, претерпевает изменения, связанные

с радикальной сменой парадигмы науки, образования и культуры в целом. Современная парадигма, базирующаяся на эволюционно-синергетическом подходе, ставит акценты на междисциплинарных аспектах наук, целостности природы и ее единстве с социумом, конвергенции научно-технической и гуманитарной компонент культуры. Этот этап формирования «постнеклассического, синергетического мировоззрения» [1] выдвигает новые требования к содержанию образования, к технологии и инфраструктуре образовательного процесса, оценке его эффективности и качества, к системе управления. В связи с этим в задачу авторов настоящей статьи входило рассмотрение образовательного процесса с позиций синергетики, создание синергетической модели для прогнозирования эффективности и качества подготовки по конкретным дисциплинам (в том числе по естественнонаучным) с учетом их содержания и направленности на формирование определенных компетенций, и на этой основе – выработка оптимальных управленческих решений.

Не вызывает сомнений, что образование в современном мире как на макро-, так и на микроуровне (образовательное учреждение, кафедра, группа, класс) имеет характер открытой многокомпонентной, многофакторной сильнонеравновесной системы, в которой происходят процессы самоорганизации, т.е. постоянные структурные из-

Synergetic Approach to Evaluation of Educational Process Effectiveness

менения и переходы частей, подсистем и системы в целом из одного упорядоченного состояния в другое. Таким образом, образование является типичным нелинейным процессом. Это означает, что при определенных условиях образовательная система может быть чувствительна к воздействию даже слабых факторов, и на незначительное изменение параметров она может ответить ощутимым изменением (улучшением или ухудшением) функционирования и эффективности своей работы.

В отечественных и зарубежных источниках рассматривается преимущественно экономическая эффективность образования, причем главным образом высшего. Ее оценивают отношением вклада специалистов в общество к затратам общества на подготовку специалиста [8]. В таких моделях для оценки экономической эффективности образования учитывается прежде всего профессиональная подготовка специалиста. Однако, хотя экономический эффект, по-видимому, важен, в первую очередь за время обучения формируется спектр качеств и компетенций, составляющих значительную часть общей культуры и личности специалиста, что подобные модели не учитывают. Кроме того, использование этих моделей целесообразно для оценки эффективности за длительный временной период профессиональной деятельности специалиста. Применять рассмотренный подход для прогнозирования эффективности образовательного кластера малого масштаба, каким является образовательная среда кафедры, вряд ли рационально. Вместе с тем для эффективного управления учебным процессом на этом микроуровне также необходима оценка эффективности.

Существует множество разных точек зрения на проблему экономии затрат в системах различной природы и оценки эффективности их функционирования [11]. Синергетическая междисциплинарная методология предоставляет в распоряжение исследователей базовые

модели, которые формализуют различные по существу, но протекающие по единому алгоритму явления, изучаемые физикой, биологией, психологией, педагогикой, экономической теорией и т.п. [9; 10]. В основу построения синергетической модели закладывается положение, что сложные процессы передачи знаний обучающимся могут быть изучены прежде всего при рассмотрении целостной динамической системы «преподаватели-студенты» как важнейшего (если не главного) компонента образовательных кластеров разных масштабов. При этом определяющую роль в данной системе играют явления самоорганизации. Отображение образовательного объекта в виде самоорганизующейся системы позволяет использовать широкий спектр как качественных интуитивных, так и количественных математических методов моделирования и исследования процессов обучения [2; 6; 7; 14; 16; 17; 19]. Модель оценки эффективности функционирования образовательной системы, предлагаемая в данной работе, строится с использованием метода аналогий [14; 16] и энтропийного метода [2; 4; 5], широко применяемого для решения вероятностных задач в различных областях исследования.

Образовательная неравновесная среда рассматривается как аналог неравновесной термодинамической среды. Необходимое условие эффективного обучения в среде создается взаимодействием двух конкурирующих факторов. Один из них – работа нелинейного источника знаний (деятельность преподавателей) – создает неравновесность, упорядоченную неоднородность в среде. Второй, рассеивающий неоднородности фактор – распространение и усвоение знаний студентами [17]. Эффективность функционирования образовательной системы связана с неравновесностью и соответствующим производством энтропии. Рост, распространение и усвоение знаний будут увеличивать эффективность



► **СТОЖКО Наталья Юрьевна**
Доктор химических наук, профессор,
заведующая кафедрой физики и химии

**Уральский государственный
экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург,
ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45
Тел.: (343) 221-17-65**

Natalya Yu. STOZHKO
*Dr. Sc. (Chemistry), Prof., Head of Physics
and Chemistry Dept.*

**Urals State University of Economics
620144, RF, Yekaterinburg,
8 Marta/Narodnoy Voli St., 62/45
Phone: (343) 221-17-65**

Key words

SYNERGETIC APPROACH
SYNERGETIC MODEL
EDUCATIONAL SYSTEM
EDUCATIONAL PROCESS EFFECTIVENESS
EDUCATIONAL PROCESS MANAGEMENT

Summary

In the article educational process is interpreted as a typical non-linear process in an open strongly nonequilibrium system. Based on this assumption the authors suggest using synergetic approach and systemic analysis to evaluate the effectiveness of educational cluster activity and select the optimal mode for managing educational process.

JEL classification

I20, I21

обучения и функционирования образовательной среды. Для количественной оценки эффективности образовательной системы вводится величина «показатель эффективности». Он характеризует свойства целостной системы, которыми не обладает ни одна из ее частей в отдельности. Варьируя возможные условия реализации учебного процесса и рассчитывая этот показатель, можно оценить, насколько успешно, полно и качественно образовательная система осуществляет превращение знаний обучающего в знания обучающегося, выявить факторы, способствующие этому превращению, выработать оптимальные решения по управлению образовательной системой в целях совершенствования и повышения качества обучения.

Эффективность образовательного процесса по изучению конкретной дисциплины или цикла дисциплин удобно анализировать на основе базовой модели прогнозирования эффективности энергетических (энтропийных) превращений, происходящих в неравновесных термодинамических системах [4; 5]. Методы упрощения или «огрубления» моделей позволяют достаточно просто описать суть явлений, при этом малые искажения грубой модели не могут существенно изменить результаты [17]. С таких позиций образовательную среду выбранного масштаба (например, кафедры) можно рассматривать как неравновесную самоорганизующуюся систему с широко развитой сетью нелинейных дифференциальных связей между участниками образовательного процесса: преподавателями и студентами – при передаче знаний на лекциях, занятиях; экзаменаторами и тестируемыми – в ходе контрольных процедур; между студентами (или аспирантами) – при их соперничестве, борьбе за лидерство, коллективном взаимодействии, взаимоподдержке, кооперации, конкуренции; между преподавателями, научными сотрудниками – при их сотрудничестве, соревновании, конкурсном отборе. Продукт образовательного процесса – приобретенные студентами знания, умения, навыки по конкретной изучаемой дисциплине, сформированные компетенции, а также повышение квалификации, возрастающее научно-методическое и педагогическое мастерство преподавателей.

В первом приближении образовательную среду кафедры можно считать двухпоточковой неравновесной систе-

мой. Затраты на подготовку специалиста (обобщенные силы) и соответствующая им квалификация и компетентность студента по предмету (потоки) взаимодействуют между собой, образуя динамическую целостность. Показатель эффективности функционирования такой системы η количественно можно выразить и получить из уравнения

$$\eta = \frac{\text{Выход}}{\text{Вход}} = -\frac{I_i X_i}{I_e X_e}, \quad (1)$$

где I_i – поток на выходе, характеризует объем усвоенных знаний или реально полученную квалификацию по завершении изучения предмета; X_i – количество практических затрат на обучение студента или усилия со стороны образовательного кластера в соответствии с рабочей программой (в человеко-часах или в денежном выражении); I_e – поток на входе, характеризует выраженный, например, в количестве дидактических единиц объем знаний студентов, заданный образовательным стандартом, или ожидаемый уровень сформированных компетенций и квалификацию специалиста, которую он может приобрести в процессе в соответствии с потребностями общества; X_e – предусмотренные учредителем (Министерством образования и науки РФ) затраты образовательной системы на подготовку специалиста по дисциплине, взятые в человеко-часах или в денежном выражении, или иначе – количество материальных средств и необходимого учебного времени по учебному плану, которое требуется затратить на студента в соответствии с государственным образовательным стандартом.

Предписанный образовательным стандартом e -процесс приводит в движение реальный образовательный i -процесс. Потоки – объемы знаний, ожидаемый и реальный – связаны между собой уравнениями Л. Онзагера:

$$I_i = L_{ii} X_i + L_{ie} X_e; \quad (2)$$

$$I_e = L_{ee} X_e + L_{ei} X_i, \quad (3)$$

где I_i – производственная функция образовательной среды $I_i(X_i, X_e)$; I_e – производственная функция учредителя вуза $I_e(X_i, X_e)$, задаваемая стандартом.

Показатель эффективности работы образовательной системы η (1) сложным образом зависит от большой совокупности параметров (2) и (3). Кафедра, как подсистема более масштабной образовательной системы – вуза, связана многочисленными прямыми и обратны-

ми связями со всеми его структурными подразделениями, прежде всего с другими кафедрами, ведущими подготовку по блокам естественных, гуманитарных, специальных дисциплин. Она имеет контакты с аналогичными кафедрами других отечественных и зарубежных вузов, а также (что особенно значимо) непосредственно или опосредованно имеет связи с рынком труда.

В рассматриваемой двухпоточковой модели основные прямые и обратные связи отражены коэффициентами эластичности прямых (L_{ee} и L_{ii}) и перекрестных (L_{ei} и L_{ie}) процессов, смысл которых следует из уравнений (2) и (3): L_{ee} – коэффициент «социального заказа», отражает потребность общества в квалификации специалиста по дисциплине и характеризует способность общества обеспечить соответствующими теоретическими и практическими знаниями; L_{ii} – коэффициент «издержек на образование», отражает способность образовательной системы обеспечить индивидуума знаниями по изучаемому курсу, учитывая возможности образовательной среды кафедры и индивидуальную потребность студента в знаниях; L_{ei} и L_{ie} характеризуют взаимовлияние детерминированного государственным стандартом e -процесса и реального образовательного i -процесса по изучению данного предмета. Коэффициенты перекрестных процессов определяют величину обратных связей, которые обусловлены технологиями обучения, квалификацией и мастерством профессорско-преподавательского состава, способностями студентов, уровнем их довузовской подготовки и т.п. В соответствии с принципом взаимности Л. Онзагера этим коэффициентам свойственна симметрия:

$$(L_{ei} = L_{ie}).$$

Анализ эффективности преобразования входных параметров в выходные более удобно проводить, если уравнение (1) представить с учетом (2) и (3) в виде [4]:

$$\eta = -\frac{ax + b}{\frac{1}{ax} + b}, \quad (4)$$

где

$$x = \frac{X_i}{X_e}; \quad (5)$$

$$a = \frac{\sqrt{|L_{ii}|}}{\sqrt{|L_{ee}|}}; \quad (6)$$

$$b = \frac{|L_{ei}|}{\sqrt{|L_{ii}| |L_{ee}|}}. \quad (7)$$

Здесь x – относительные затраты на обучение, a – параметр прямых связей, b – параметр обратных связей. Как и в других подобных синергетических моделях, x – параметр порядка, a , b – управляющие параметры.

Графически зависимость $\eta(x, a, b)$, соответствующую уравнению (4), можно представить в виде семейства экстремальных кривых (рис. 1).

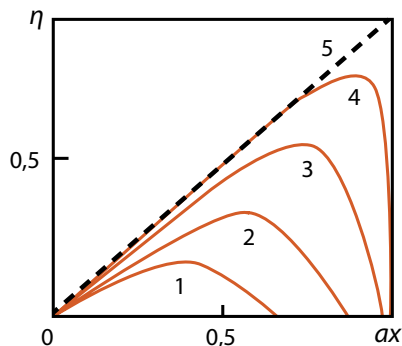


Рис. 1. Семейства экстремальных кривых эффективности энергетических (энтропийных) превращений для двухпоточковых процессов. Кривые 1;2;3;4 соответствуют значениям величины $b = 0,7; 0,85; 0,94; 0,99$ [4]

Предложенная модель позволяет прогнозировать «фрагмент» процесса становления специалиста (бакалавра, магистра) в ходе изучения определенных дисциплин. Она может если не количественно, то качественно описать влияние на эффективность учебного процесса таких факторов, как затраты на обучение, довузовская подготовка, способности, различные виды мотивации студентов к приобретению знаний, социально-психологическая атмосфера в образовательном кластере.

Эта модель была применена для выявления возможных путей повышения эффективности процесса изучения естественнонаучных дисциплин, преподаваемых кафедрой физики и химии УрГЭУ: физики, химии, концепций современного естествознания (на уровне бакалавриата), методов системного исследования экономических процессов (на уровне магистратуры). По нашим оценкам, близким к оценкам других авторов [13], к изучению естественнонаучных дисциплин проявляют повышенный интерес не более 20% студентов. Это студенты с относительно высоким уровнем мотивации, нацеленные на успех и обучающиеся на «хорошо» и «отлично». Около 30% проявляют заниженный интерес к изучению предмета и получают оценки, возможно, «хорошо» и чаще «удовлетворительно». Более

50% контингента составляют немотивированные студенты с неопределенными целями. Они осваивают материал на низком уровне и учатся в основном на «удовлетворительно». Одной из основных задач преподавателей является уменьшение числа слабо успевающих студентов за счет перевода их в категорию активных, заинтересованных в учебной деятельности. Студенты, которые имеют слабую исходную подготовку и испытывают затруднения в усвоении материала, могут, тем не менее, достаточно успешно завершить процесс обучения, если образовательная система способна осуществлять «мягкое», нелинейное управление учебно-воспитательным процессом с учетом технических и интеллектуальных возможностей, способностей, квалификации, уровня подготовки всех участников процесса.

В рамках предлагаемой синергетической модели эффективное управление образовательной системой следует осуществлять путем воздействия на нее с помощью указанных выше параметров x , a , b : относительных затрат (x), прямых (a) и обратных (b) связей. При этом параметры a и b учитывают не только социально-экономические, но также психолого-педагогические условия реализации процесса обучения.

Из уравнений (4) и (5) следует, что при неизменных обратных ($b=const$) связях повысить показатель эффективности η до максимального значения η_{max} можно изменением интенсивности вкладывания усилий (относительных затрат x) при постоянстве прямых связей ($a=const$), а также изменением прямых связей a при постоянстве затрат ($x=const$).

Очевидно, повышение временных и трудовых затрат при $x < x_0$ представляет собой наиболее оправданный способ построения эффективного обучения по отношению к пассивным, имеющим слабую исходную подготовку студентам. Данная категория студентов, как правило, не имеет навыков самостоятельной работы, нуждается в повышенном внимании со стороны преподавателей и, следовательно, в увеличении аудиторного времени. Введение на кафедре физики и химии УрГЭУ дополнительных выравнивающих курсов по соответствующим дисциплинам подтверждает действенность такого экстенсивного пути повышения результативности процесса. Практика показала также, что

чрезмерная аудиторная и внеаудиторная работа преподавателей со студентами, перегруженность контрольными мероприятиями ($x > x_0$) не способствует развитию потребности и навыков самостоятельной работы и приводит к обратному эффекту: снижается интенсивность освоения материала и эффективность обучения, что согласуется с предлагаемой моделью (рис. 2).

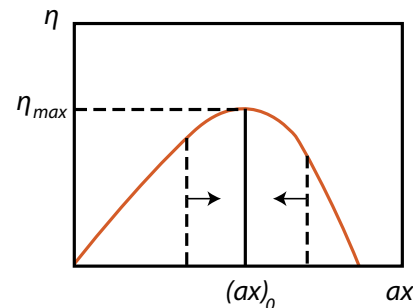


Рис. 2. Оптимизация учебного процесса ($\eta \rightarrow \eta_{max}$, $b=const$) изменением: 1) относительных затрат x при $a=const$; 2) прямых связей a при $x=const$

Целесообразно обсудить второй путь повышения эффективности, следующий из анализа модели (4) и (6): интенсификацию прямых связей a при неизменных затратах ($x=const$) и обратных связях ($b=const$) (см. рис. 2). Пусть величина (фактор) a оценивает психологическое состояние студента, условно называемое «уровнем дисциплинированности». Это многосторонний системный психологический показатель, для оценки которого можно использовать модель, предложенную в работе [18]. При прочих равных условиях показатель эффективности η достигает максимального значения при оптимальной мобилизующей величине фактора «дисциплинированности» a_0 (рис. 2), соответствующей высокой степени сознательного компонента. Слабый фактор a , т.е. $a < a_0$ (заниженный уровень ответственности за свое будущее, равнодушное отношение к предмету и результатам аттестации по нему), снижает показатель эффективности обучения η . Вместе с тем повышенный уровень фактора a ($a > a_0$), когда «дисциплинированность» фактически переходит в бессознательный страх (чрезмерное волнение, вызванное либо собственной неуверенностью студента, либо напряженным психологическим климатом в коллективе и другими причинами), также снижает коэффициент эффективности учебного процесса.

Синергетическая модель (4) характеризует, по-видимому, наиболее перспективный и продуктивный путь интенсификации процесса обучения и повышения эффективности работы образовательной системы «преподаватели-студенты»: усиление обратных связей (b) при неизменных затратах ($x=const$) и прямых связях ($a=const$) (см. рис. 1).

Пусть управляющий параметр b отражает степень кооперативного согласованного взаимодействия студента и преподавателя, их взаимное становление и развитие в процессе обучения. Он не просто определяет передачу знаний преподавателем студенту, а характеризует создание ситуации, в которой реализуется возможность генерации знаний самим студентом. Этот фактор b , запускающий и поддерживающий нелинейный процесс диалога на основе обратных связей между преподавателем и студентом, может быть условно назван «интересом». Это также сложный системный психологический показатель, для оценки которого имеются различные модели [13]. Применительно к студенту фактор «интереса» оценивает степень внутренней мотивации к приобретению нужных знаний,

отражает его способность к самообразованию, умение пополнять и совершенствовать личностную структуру знаний, развивать креативные способности. Путем воспитания и развития у студента такой внутренней мотивации, внутренних установок обучающегося образовательная система способна повысить показатель эффективности подготовки студентов. В рассмотренной модели это иллюстрирует рис. 1: с интенсификацией фактора «интерес» (b) показатель эффективности η образовательной системы повышается. Важнейшую роль обратных связей в учебном процессе отмечал выдающийся физик и педагог Р. Фейнман [15].

Прямая и обратная связи сложным образом взаимосвязаны, что отражено в уравнениях (6) и (7). Сложность и нелинейность связей в процессе обучения означает, что преподаватель и студент взаимно детерминируют друг друга. В результате взаимодействия обучающий и обучаемый приобретают новые качества. Эффективность образовательной среды может быть повышена внедрением синергетических методов организации процесса обучения, таких как нелинейный диалог, самообразование, пробуждающее обуче-

ние (модель «зажигание огня» [8] и др.), обучение как фазовый переход, гештальт-образование и др. [9].

Проведенный анализ позволяет сделать следующие заключения. Эффективность образовательного процесса любых масштабов представляет собой сложную характеристику системы, включающую множество аспектов и имеющую синергетический характер. Количественно определить эту величину в целом, учитывая одновременно различные аспекты, вряд ли возможно. Любая оценка ограничена и позволяет учесть лишь определенные стороны и параметры процесса обучения. Вместе с тем рассмотренная синергетическая модель является универсальной, дает методическую основу для анализа многих факторов, влияющих на эффективность образования, позволяет сопоставить различные режимы изучения дисциплин с учетом их содержания и объема материала, выбрать оптимальные технологические и педагогические инновации, вырабатывать наиболее целесообразные управленческие решения, осуществлять мониторинг формирования профессионализма и становления личности выпускника вуза. ■

Источники

1. Алиева Н.З. Постнеклассическое естественнонаучное образование: проблемы становления. Шахты: ЮРГУЭС, 2008.
2. Белоцерковский О.М., Быстрой Г.П., Цибульский В.Р. Экономическая синергетика. Новосибирск: Наука, 2006.
3. Бортник Б.И., Стожко Н.Ю. Естественнонаучная подготовка в экономическом вузе: традиции и инновации // Известия УрГЭУ. 2012. № 3(41). С. 153–159.
4. Быстрой Г.П. Термодинамика открытых систем. Екатеринбург: УрГУ, 2007.
5. Быстрой Г.П., Пивоваров Д.В. Неравновесные системы: целостность, эффективность, надежность. Екатеринбург: УрГУ, 1989.
6. Волкова В.Н., Денисов А.Д. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2013.
7. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемена в нелинейной экономической теории. М.: Мир, 1999.
8. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: УРСС, 2003.
9. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Человек, конструирующий себя и свое будущее. М.: КомКнига, 2006.
10. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика. Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2011.
11. Моисеев Н.Н. Человек, общество, среда. Проблемы формализованного описания. М.: Наука, 1982.
12. Российский инновационный индекс / под ред. Л.М. Гохберга. М.: НИУ «Высшая школа экономики», 2011.
13. Смирнов С.Д. Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности. М.: Академия, 2001.
14. Трубецков Д.Е. Введение в синергетику. Хаос и структуры. М.: Едиториал УРСС, 2004.
15. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике: в 9 т. Т. 1, 2. М.: Мир, 1976.
16. Хомяков П.М. Системный анализ. М.: ЛКИ, 2010.
17. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М.: Едиториал УРСС, 2004.
18. Шлюбуль Е.Ю. Квалиметрическая оценка дисциплинированности студента вуза // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2012. № 7(89). С. 145–150.
19. Эбелинг В., Файстель Р. Хаос и космос. Синергетика эволюции. М.-Ижевск, 2005.

References

1. Alieva N.Z. Postnonclassical science education: problems of formation. [*Postneklassicheskoe estestvennonauchnoe obrazovanie: problemy stanovleniya*]. Shakhty, SRSUES Publ., 2008.
2. Belotserkovskiy O.M., Bystray G.P., Tsibul'skiy V.R. Economic synergy. [*Ekonomicheskaya sinergetika*]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2006.
3. Bortnik B.I., Stozhko N.Yu. Science training in an economic university: traditions and innovations. [*Estestvennonauchnaya podgotovka v ekonomicheskom vuze: traditsii i innovatsii*]. *Izvestiya UrGEU – The Bulletin of USUE*, 2012, no. 3(41), pp. 153–159.
4. Bystray G.P. Thermodynamics of open systems. [*Termodinamika otkrytykh sistem*]. Yeaterinburg, USU Publ., 2007.
5. Bystray G.P., Pivovarov D.V. Nonequilibrium systems: integrity, efficiency, reliability. [*Neravnovesnye sistemy: tselostnost', effektivnost', nadezhnost'*]. Yekaterinburg, USU Publ., 1989.
6. Volkova V.N., Denisov A.D. The theory of systems and systemic analysis. [*Teoriya sistem i sistemnyy analiz*]. Moscow, Yurayt Publ., 2013.
7. Zang V.-B. Synergetic economics. Time and change in the non-linear economic theory. [*Sinergeticheskaya ekonomika. Vremya i peremena v nelineynoy ekonomicheskoy teorii*]. Moscow, Mir Publ., 1999.
8. Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P., Malinetskiy G.G. Synergetics and forecasting. [*Sinergetika i prognozy budushchego*]. Moscow, URSS Publ., 2003.
9. Knyazeva Ye.N., Kurdyumov S.P. The basics for synergetics. Individual, creating oneself and their future. [*Osnovaniya sinergetiki. Chelovek, konstruiyushchiy sebya i svoe budushchee*]. Moscow, KomKniga Publ., 2006.
10. Knyazeva Ye.N., Kurdyumov S.P. Synergetics. Non-linearity of time and landscapes of coevolution. [*Sinergetika. Nelineynost' vremeni i landshaftny ko-evolyutsii*]. Moscow, KomKniga Publ., 2011.
11. Moiseev N.N. Individual, society, environment. The problems of formalized description. [*Chelovek, obshchestvo, sreda. Problemy formalizovannogo opisaniya*]. Moscow, Nauka Publ., 1982.
12. Gokhberg L.M. The Russian Innovation Index. [*Rossiyskiy innovatsionnyy indeks*]. Moscow, NIU «Vysshaya shkola ekonomiki» Publ., 2011.
13. Smirnov S.D. Pedagogy and psychology of higher education: from the activity to the individual. [*Pedagogika i psikhologiya vysshego obrazovaniya: ot deyatel'nosti k lichnosti*]. Moscow, Akademiya Publ., 2001.
14. Trubetskov D.Ye. Introduction to synergetics. The chaos and structures. [*Vvedenie v sinergetiku. Khaos i struktury*]. Moscow, Editorial URSS, 2004.
15. Feynman R., Leyton R., Sinds M. The Feynman Lectures on Physics. [*Feynmanovskie lektsii po fizike*]. Vol. 1, 2. Moscow, Mir Publ., 1976.
16. Khomyakov P.M. Systemic analysis. [*Sistemnyy analiz*]. Moscow, LKI Publ., 2010.
17. Chernavskiy D.S. Synergetics and information. [*Sinergetika i informat-siya*]. Moscow, Editorial URSS, 2004.
18. Shlyubul' E.Yu. Qualimetric evaluation of a university student's discipline. [*Kvalimetriceskaya otsenka distsiplinirovannosti studenta vuza*]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta – The Scientific Notes of University named after P.F. Lesgaft*, 2012, no. 7(89), pp. 145–150.
19. Ebeling V., Faystel' R. Chaos and space. Synergetics of evolution. [*Khaos i kosmos. Sinergetika evolyutsii*]. Moscow-Izhevsk, 2005.