

ОБЩАЯ ПЕДАГОГИКА. ИСТОРИЯ ПЕДАГОГИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 37.02

В. М. Монахов, В. Е. Фирстов

Модернизация отечественного образования на основе синергетических принципов оптимального управления

В статье на основе принципов синергетики и анализа внешних факторов образовательного пространства обозначены необходимые подходы к формированию концепции модернизации российского образования.

Ключевые слова: модернизация образования, синергетика, управление, открытая система, внешние факторы, фрактал, нечеткое множество, измерение, внешние меры.

V. M. Monakhov, V. E. Firstov

Modernization of Russian Education on the Basis of Synergetic Principles of Optimal Control

In the article on the basis of the principles of synergy and the analysis of external factors of the educational space, necessary approaches to form the concept of modernization of Russian education are pointed out.

Keywords: modernization of education, sinergetics, control, an open system, external factors, fractal, a fuzzy set, dimension, external measures.

На наш взгляд, актуальность проведения модернизации российского образования прежде всего обусловлена необходимостью расширения методологического арсенала педагогической науки до уровня, отвечающего реалиям развития современной России. Однако понимание этого основополагающего фактора не всегда является адекватным и, как следствие, возникла серьезная обеспокоенность в связи с наличием кризисных областей в отечественном образовании. В частности, А.В. Боровских и Н.Х. Розов отмечают, что современное состояние педагогической аргументации явно неудовлетворительно. Она использует целый ряд логических систем, часто противоречащих друг другу уже в исходных посылах. Поэтому простое совмещение их невозможно, а приоритет ни одной из них отдать нельзя, поскольку каждая из них является вполне разумной, но только в определенных рамках [1, с.73]. Полностью соглашаясь с такой оценкой авторов [1], со своей стороны укажем некоторые общие причины сложившегося положения:

- За период новой России было принято три поколения ФГОС в области ВПО и два поколения ФГОС в области среднего образования, однако каких-либо ощутимых положительных об-

щественных результатов это не дало. А причина этого сформирована еще А.С. Пушкиным: «Служенье муз не терпит суеты». По сути, в этой фразе содержится глубоко *синергетический под-текст* – чрезмерное увлечение реформами привело к тому, что система образования после очередного эксперимента приходит в некоторое неравновесное состояние, когда процессы самоорганизации в данной открытой системе полностью пройти не успевают, а вновь накатывающаяся реформа попросту смывает значительную часть ранее полученного положительного опыта. В результате образование теряет ценность и перестает играть заметную роль в освоении нового экономического пространства, а также в культурной, политической и нравственной областях: на смену приходят невежество и агрессивная некомпетентность со всеми вытекающими негативными проявлениями. Вывод: от такой практики следует отказаться. А вот заняться построением теории ФГОС необходимо, поскольку такой качественный руководящий документ нужен.

- С другой стороны, процесс образования личности в государстве – это глубинный процесс, регламентируемый в «Национальной доктрине развития образования в РФ» (на период

2000-2025 гг.), где определены стратегия, государственные гарантии в сфере образования и обозначены его цели. Выбор пути развития российского образования, естественно, должен опираться на определенное общественное мировоззрение, задающее шкалу ценностей, в рамках которой формулируются цели образования, формирующие образовательные траектории (конфигурации) модернизируемой системы образования, из которых следует выбрать оптимальную. Однако отечественная общественная и гуманитарная наука до сих пор в полной мере не выработала мировоззренческой концепции современной России, и сейчас можно вести речь только об общих контурах «новой русской идеи», которая мыслится последовательно научной, интернациональной и гуманной. И хотя этот аспект определяет новые ценности образования и связан с воспитанием новых поколений россиян, только в последнее время на государственном уровне стали обсуждать вопросы количества и качества школьных учебников истории и литературы.

- Необходимо иметь в виду, что нынешняя система образования в России уже не в состоянии перерабатывать прежними методами те объемы информации, которые мы имеем в современном учебном процессе, что требует разработки инновационных дидактических методов, реализующих такие объемы с помощью ИКТ. Разработка и реализация подобных ИКТ является важнейшей задачей современной дидактики, которая, судя по всему, разрешима в рамках соответствующих междисциплинарных направлений, формирование которых основано на синергетических принципах.

- Важнейшим элементом модернизации отечественного образования является разработка теории педагогических измерений, которая реализуется в логико-математическом формате, если иметь в виду, что педагогика имеет дело с задачей определенного вида структурированной информации (знаний). Информация, как основное понятие кибернетики, обладает метрической функцией и, таким образом, изучение дидактических процессов переводится в плоскость математического моделирования. Это означает, что модернизация в системе образования предназначена для реализации функции предсказания (прогноза) результатов образовательного процесса.

Цель данной статьи – на основе принципов синергетики и анализа внешних факторов образовательного пространства выделить необхо-

димые подходы к формированию концепции модернизации российского образования.

1. Теорема И.Р. Пригожина и эволюционная динамика открытых систем. Представления синергетики об открытых системах восходят к фундаментальным работам бельгийского физика-химика, русского эмигранта И.Р. Пригожина (1947), удостоенного Нобелевской премии по химии (1977). Основная мысль этих работ сводится к тому, что замкнутые системы в природе – это скорее исключение, поскольку практически всегда рассматриваемая система контактирует с внешней средой и, таким образом, является *открытой системой*. По теореме И.Р. Пригожина [2], для поведения таких объектов характерно то, что в процессе взаимодействия с внешней средой всякая открытая система соответствующим образом структурируется (самоорганизуется), принимая некоторое *динамически оптимальное состояние*, фазовая конфигурация которого представляет определенный консенсус между внешней средой и рассматриваемой системой. Изменение внешних условий обычно приводит к новой конфигурации рассматриваемой системы и т.д.

Во второй половине XX в. накопилось много фактов, говорящих о том, что такое поведение открытых систем имеет достаточно общий характер, и фактически мы имеем дело с определенной научной парадигмой. Собственно, сам термин «синергетика» (от греч. *synergetikos* – совместный, согласованно действующий), введенный Г. Хакеном [3] в начале 70-х гг., отражает именно это характерное свойство эволюционной динамики любой открытой системы.

Отсюда следует центральная идея синергетики о целенаправленном характере эволюции открытых систем. Если эволюцию рассматриваемой открытой системы описывать в виде траектории в соответствующем фазовом пространстве, то цели эволюции идентифицируются с определенными элементами данного пространства, к которым и устремляются фазовые траектории эволюционирующей открытой системы. Для самой системы эти элементы, по сути, представляют некое *притягивающее множество*, или *аттрактор цели*.

Таким образом, основные принципы синергетики – это *принцип самоорганизации* (адаптации) открытой системы с внешней средой, который по смыслу очень близок к физическому принципу Ле Шателье–Брауна, и *принцип самоподобия*, за которым можно увидеть хорошо известный

«принцип матрешки», т.е. принцип рекурсивной вложенности элементов кибернетической системы.

2. Синергетические принципы управления образованием. В эволюции образовательных структур сценарий синергетики прослеживается начиная с момента их зарождения [4]. Действительно, состояние системы образования всегда выступает как результат взаимодействия с внешним информационным пространством по линии диверсифицированного управления, обеспечивающего адекватную реакцию данной системы на решение текущих и перспективных проблем данного общества. Поэтому функционирование системы образования в каждом отдельном социуме можно рассматривать в рамках синергетической парадигмы. В целом для педагогики синергетика все в большей степени начинает выступать одним из важнейших методологических принципов, поскольку посредством целенаправленного взаимодействия в педагогическом процессе наблюдаются эффекты, продуктивное исследование которых немислимо без привлечения синергетических принципов.

С позиций синергетики [4], эффективное образование означает оптимизацию управления в

открытой системе, когда основополагающий кибернетический принцип обратной связи реализуется нетривиально, действуя по нескольким независимым каналам, как это видно из схемы (рис.1), представляющей управление образованием как открытой системой. В этой схеме система образования действует в некотором социуме, представляющем внешнюю среду, и разбита на две подсистемы – управляющую и управляемую, которые связаны каналом внутренней обратной связи, реализующим контроль эффективности управления в данной системе образования. Если социум (внешняя среда) – это современная Россия, то управляющая система – это Минобрнауки РФ, которое ответственно за проведение государственной политики в сфере образования. Действуя на весь спектр образовательных учреждений РФ (управляемую подсистему) в рамках соответствующих ФГОС, и с помощью контрольных операций (аттестации, госэкзаменов, ЕГЭ, срезов знаний и т.п.), реализующих канал внутренней обратной связи, Минобрнауки РФ отслеживает эффективность проводимого управления.

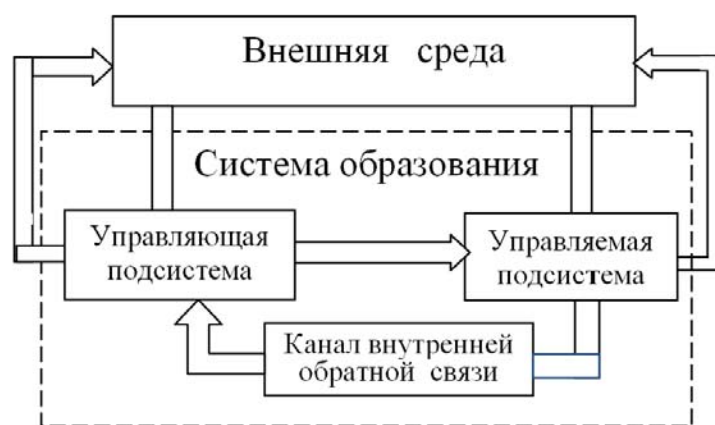


Рис.1. Управление образованием как открытой системой

Помимо административного контроля, проводимого внутренним каналом обратной связи, в схеме на рис.1 присутствуют два контура внешнего (общественного) контроля за системой образования, которые формируют управляющие воздействия как на управление образованием, так и на образовательные субъекты. В РФ внешний контроль проводится как по линии законодательных и исполнительных органов (парламента и правительства РФ и ее субъектов), так и по линии всевозможных общественных организаций: общественных советов (при президенте, губернаторе и т.д.), попечительских советов и т.п. В ча-

стности, внешний контур управления использовался при реализации Приоритетных национальных проектов в сфере образования, объявленных Президентом РФ В.В. Путиным 5 сентября 2005 г.

Таким образом, управление открытой системой – это управление с внешним и внутренним каналами обратной связи. Оптимальное управление в данном случае сводится к эффективному согласованному взаимодействию этих каналов. С другой стороны, открытая образовательная модель на рис.1 представляет элементарный структурный блок, так что система образования в целом представляется некоторой композицией

таких блоков. Эффективное формирование таких композиций – это возможность для оптимизации системы образования, т.к. при этом могут исключаться дублирующие органы в управлении, представляющие системную вязкость.

3. Проблема педагогических измерений: фрактальные и нечеткие меры. Данная проблема связана с психологическим компонентом всякого педагогического процесса, что подтверждается экспериментами по самоорганизованной критичности мышления человека [5]. С подоб-

ными эффектами в образовании также приходится сталкиваться при анализе ранговых корреляций профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов [6]. В табл.1 приведены данные о профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов, полученные по результатам ЕГЭ в Саратовской области в 2009-2011 гг. [6] посредством ранжировки значимости предметов по числу респондентов, избравших данный профильный ЕГЭ.

Таблица 1. Корреляции профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов 2009-2011 гг.

Ранг	Кол-во респонд.	Предмет 2009 г.	Ранг	Кол-во респонд.	Предмет 2010 г.	Ранг	Кол-во респонд.	Предмет 2011 г.
1	9041	Обществознание	1	8032	Обществознание	1	9313	Обществознание
2	5120	История	2	3757	История	2	3764	История
3	3869	Физика	3	2776	Физика	3	3631	Физика
4	2513	Биология	4	2462	Биология	4	3131	Биология
5	1834	Химия	5	1410	Химия	5	1735	Химия
6	968	Инф-ка и ИКТ	6	775	Инф-ка и ИКТ	7	785	Литература
7	850	Литература	7	612	Литература	6	763	Инф-ка и ИКТ
8	742	Англ. язык	8	589	Англ. язык	8	536	Англ. язык
9	564	География	9	151	География	9	486	География
10	144	Немецкий язык	10	80	Немецкий язык	10	80	Немецкий язык
11	30	Франц. язык	11	18	Франц. язык	11	21	Франц. язык

Анализ данных табл. 1 показывает наличие ранговых корреляций с количеством ЕГЭ-респондентов по профильным предметам, которые описываются степенной функцией вида:

$$p(i) = \frac{A}{i^\alpha}, \quad (1)$$

где $p(i)$ – количество ЕГЭ-респондентов, избравших предмет i -го ранга; A, α – положительные константы, определяемые по экспериментальным данным следующим образом. Степенная функция (1) представляет не что иное, как

известный закон Ципфа-Мандельброта [7] и в логарифмических координатах представляет прямую линию: $\ln p(i) = \ln A - \alpha \ln i$, (2) которая проводится методом наименьших квадратов по данным табл.1, откуда определяются постоянные A ; α . В частности, для результатов ЕГЭ-2009 получается $A=11,07047498$, $\alpha = 2,133609521$; для ЕГЭ-2010 $A=11,04446073$, $\alpha = 2,199729855$. Прямые (2) представлены на рис.2, где точками отмечены экспериментальные значения (табл.1).

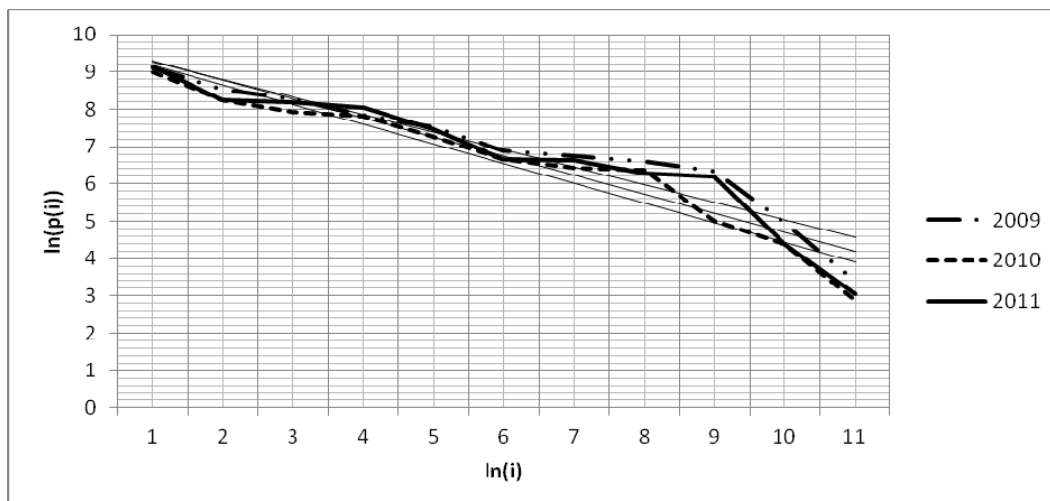


Рис. 2. Степенная аппроксимация ранговой корреляции профессиональной направленности по результатам ЕГЭ в Саратовской области в 2009-2011 гг.

Всякий образовательный процесс направлен на достижение поставленных целей и, как следствие, выявление профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов порождает ранговые корреляции, представляющие фрактальную иерархическую структуру. Действительно, рассматривая континуум точек прямой (2) внутри 1-й четверти логарифмической системы координат (рис.2), после элементарных преобразований

приходим к выражению:
$$\alpha = - \frac{\ln(p(i)/A)}{\ln i} \quad (3)$$

которое позволяет трактовать показатель α как фрактальную размерность по Ф. Хаусдорфу [8] в пространстве конфигураций профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов. Как показывают измерения [9], аналогичная закономерность получается для распределения ошибок, допущенных в процессе тестирования обучаемого контингента. Метрические параметры фрактальных структур уже не укладываются в рамки стандартных топологических подходов, т.к. мера (эталон) измерения в этом случае не может выбираться произвольно из соображений удобства, и для фрактального объекта имеет определенное значение, позволяющее проводить его корректное измерение.

Как отмечалось выше, фрактальность всякого педагогического измерения обусловлена психологическим аспектом образовательного процесса [4;5]. Это означает, что любой педагогический объект обладает собственной мерой, и в этом смысле дидактически уникален, как уникален каждый человек. Поэтому, например, в рамках

ЕГЭ невозможно совершить корректное измерение в системе образования, т. к. единого эталона измерения в этом случае выбрать невозможно, поскольку размер тестируемой аудитории РФ составляет около миллиона школьников. В такой аудитории неоднородности по уровню знаний в российских школах порождают неопределенности, связанные с проблемой оптимального выбора уровня трудности и сложности тестовых заданий ЕГЭ, который бы оказался универсальным для российских школ и вузов. Именно по этой причине во многих странах, практикующих ЕГЭ (к примеру, SAT или ACT в США [10]), за основу берутся данные по успеваемости школьника примерно за последние 3 года, а результаты ЕГЭ рассматриваются как дополнение к школьному аттестату, причем имеется многообразие форм проведения ЕГЭ. В России все наоборот, и, естественно, возникают вопросы о причинах такого положения, поскольку полностью игнорируется мировой опыт подобных педагогических измерений, некоторые из которых проводятся с 1901 г. и неплохо себя зарекомендовали [10]. У России, конечно, своя специфика и есть базис для формирования отечественной системы оценки качества образования, включающей многообразие форм контроля, но дело это не только одного Рособнадзора, а всей российской педагогической общественности и науки.

Таким образом, фрактальные представления, безусловно, полезны в исследованиях, касающихся оценок результатов модернизации системы образования посредством их соотнесения с поставленными целями и задачами проводимой модернизации.

Другая метрическая концепция просматривается с момента зарождения педагогики, однако в формализованном варианте обозначилась только в последней четверти XX в. в виде лингвистической переменной у Л. Заде [11] или в эквивалентной форме нечетких множеств у А. Кофмана [12]. Как отмечалось выше, трактовка результатов педагогического измерения всегда имеет некоторую долю неопределенности, которая в данном случае выражается в терминах меры соответствующего нечеткого множества. В этой связи отметим, что традиционная процедура педагогической диагностики обычно включает текущий, периодический и итоговый контроль знаний учащихся или студентов, результаты которых определенным образом оцениваются по некоторой шкале, но оговоримся, что эти оценки несут некоторую долю субъективизма. Тем не менее, у *достаточно опытного педагога по этим данным обучаемый контингент довольно быстро ранжируется по уровню знаний и успеваемости, например, на «сильных», «средних», «слабых» и «очень слабых» учащихся или студентов, и такая ранжировка часто дает довольно объективную картину.*

Нечеткое моделирование в настоящее время применяется при решении задач классификации или управления, в частности, в банковском деле при отслеживании кредитоспособности клиентов. Тем не менее, отметим, что алгебру нечетких множеств полностью корректно построить невозможно, т.к. операции с такими множествами обычно задаются с использованием экспертных оценок [13].

4. Внешние измерения в системе образования РФ: вопросы прогнозирования. В рамках современных синергетических представлений [14] модели прогнозирования подразделяются на три класса.

- *Детерминированные модели*, описывающие процессы в системе, эволюция которой однозначно определяется ее начальными условиями, и, таким образом, будущее данной системы полностью прогнозируемо по ее предыстории. К этому классу относятся, например, консервативные системы, поведение которых описывается в рамках классической механики.

- *Стохастические модели*, отвечающие процессам, в которых будущее не зависит от прошлого, что равносильно отсутствию причинно-следственных связей между состояниями в таких процессах. К этому классу, например, относится бихевиористическая «модель постепенного на-

бора» Ла Берже, которую представляет учебный процесс, рассматриваемый как стимул, проводимый в виде некоей процедуры тестирования в рамках определенной учебной темы (или модуля) [15].

- *Модели ограниченного прогноза* – класс нелинейных моделей, описывающих процессы в системах, эволюция которых обладает особенностями, например, бифуркацией. Развитие таких систем потенциально может иметь несколько сценариев, и какой из них реализуется, зависит от предыстории данного процесса, однако всегда является результатом малых воздействий в определенные моменты времени при определенных состояниях системы (в точках бифуркации). Иными словами, будущее в таких системах неоднозначно и зависит от более ранних состояний данной системы. Этот класс моделей отвечает эволюции открытой системы при ее взаимодействии с внешней средой, и характерным для него является то обстоятельство, что у таких систем существуют принципиальные ограничения на временной период прогноза.

Прогнозы в области образования пока строятся, главным образом, по экспертным оценкам, которые согласованы со сценариями экономического развития государства [16]. По экспертным оценкам, к примеру, построена Национальная доктрина развития образования в РФ, в которой прогнозируется сценарий развития российского образования на 25 лет. Впрочем, во время дискуссии при принятии данного документа ректором МГУ им. М.В. Ломоносова В.А. Садовничим приводились доводы в пользу сокращения срока прогноза до 15 лет, однако они оказались в меньшинстве.

- *Результаты прогноза развития российской высшей школы.* На сегодняшний день российская наука располагает эффективными методиками прогнозирования поведения открытых систем, исходя из представлений нелинейной динамики [17]. В образовании эффективность таких прогнозов была продемонстрирована в середине 90-х гг. прошлого века, когда рецепты «шоковой терапии» привели к серьезному сокращению финансовых ресурсов России, что грозило сокращением ассигнований на образование в 2-3 раза [18]. Тогда в 1994 г. со стороны Всемирного банка реконструкции и развития России был предложен кредит в размере 2 млрд долларов на «реструктуризацию системы образования» [19]. Условия кредитования для России были очень жесткими: оставить на федеральном финансиру-

нии только 50 вузов; фактически ликвидировать систему среднего профессионального образования; по множеству дисциплин перейти на американские стандарты и учебники и т.д.

Для экспертной оценки приемлемости условий кредита Министерство образования России, по согласованию со Всемирным банком, обратилось к специалистам ИПМ им. М.В. Келдыша РАН и ЯГУ им. П.Г. Демидова с целью спрогнозировать последствия, к которым могут привести эти условия в 5-, 10-, 20-летней перспективе на уровне макроэкономики. Исходя из представлений нелинейной динамики, удалось установить, что макроэкономическое развитие страны и роль науки и образования укладываются в рамки дискретной 3-параметрической модели: один параметр характеризует ресурсы, другой отражает производство (ВВП), и третий параметр – это потенциал науки и образования [14]. В качестве целей системы образования рассматривались следующие:

1. Поиск новых путей развития, отличных от экспорта ресурсов, и подготовка кадров для реализации инноваций.

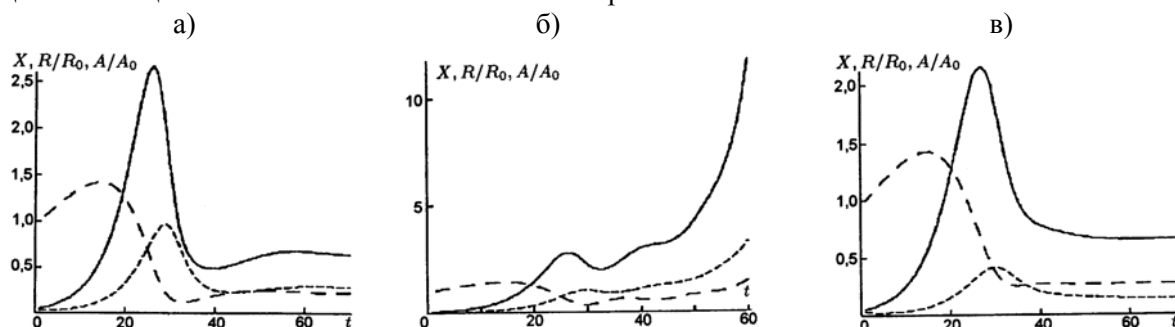


Рис. 3. Траектории макропараметров экономики (усл. ед.) и влияние инновационной восприимчивости и финансирования интеллектуальной сферы: X – ресурсы (длинный пунктир); R – уровень объема производства (сплошные линии); A – уровень научно-технического потенциала (короткий пунктир); t – время в годах; индекс 0 отвечает исходному значению параметра.

В ситуации на рис. 3а страна, богатая ресурсами, планирует индустриализацию и вкладывает деньги в науку. Если при этом экономика невосприимчива в отношении реализации инноваций, то примерно через 20 лет начинается уменьшение ресурсов, и в перспективе такая страна выходит на малопродуктивный уровень возобновляемых ресурсов. Если за счет реформ инновационная восприимчивость экономики увеличена, то имеем ситуацию на рис. 3б: примерно через 25 лет уровень развития достигает некоторого локального максимума, за которым наблюдается непродолжительный спад, обусловленный переходом на новые ресурсы развития (поскольку наука и образование должным обра-

2. Воспроизводство культурного ядра, необходимого для сохранения российской идентичности и выработки необходимых системообразующих смыслов и ценностей.

3. Подготовка национальной элиты, способной при необходимости противостоять и отразить геэкономические, геополитические и военно-стратегические внешние и внутренние вызовы России.

Анализ данной макромоделли показал, что поведение рассматриваемой системы существенно зависит от двух факторов. Первый – это время запаздывания, показывающий, что если наука и образование внезапно начнут работать намного лучше то экономика это почувствует только через 3 - 5 лет. Второй фактор – это восприимчивость к инновациям, который устанавливался по данным статистики ООН: принимая восприимчивость японской экономики за 10 баллов, для экономики США этот фактор оказывается 8 баллов, для Западной Европы – 6 баллов, а для СССР и России – это всего 1 балл. Результаты реализации макромоделли [14] представлены на рис. 3.

зом финансируются), и далее примерно после 30 лет происходит дальнейший рост, который обеспечивается интеллектуальной сферой. При этом расход ресурсов изменяется довольно слабо (рис. 3б). Однако, если на фазе интенсивного роста (рис. 3б) финансирование науки и образования сократить вдвое, то имеем ситуацию на рис. 3в, который не отличается от низкопродуктивного режима на рис. 3а.

Оказалось, что модели Всемирного банка, с которыми сравнивались результаты, представленные на рис.3, дают примерно такую же картину. Эксперты Всемирного банка всерьез полагают, что для России была бы нормальной ситуация, связанная с выходом на устойчивый

низкопродуктивный режим на рис. 3в. Насколько повлияли рекомендации российских ученых на принятие решения, сказать трудно, но так или иначе от кредита Всемирного банка отказались. Однако негативный прогноз в отношении инерционного сценария развития российской науки и образования в полной мере не возымел действия, и его последствия оправдываются в виде снижения качества образования и утечки мозгов.

5. Внешние измерения в системе образования РФ: вопросы планирования. Нынешнее состояние России сильно напоминает эпоху СССР конца 20-х гг. XX в., с той лишь разницей, что тогда нам угрожала война и внутренний саботаж, а сейчас в течение 10-15 лет в развитых странах произойдет перемена энергетической парадигмы, что повлечет снижение цен на традиционные энергоносители, и российский бюджет может просто рухнуть.

Как тогда, так и в послевоенную эпоху СССР, очень даже неплохо сработал механизм планирования в рамках пятилеток, опыт которых следует основательно изучить. Его смысл в реализации тотальной занятости населения в строительстве крупных индустриальных объектов и в сельском хозяйстве, следствием чего явилось развитие человеческого потенциала через образование, которое таким образом приобрело ценность и смысл для населения. Это позволило расширить ряды научной элиты и, в конечном счете, обеспечить победу в Великой Отечественной войне, восстановить разрушенное хозяйство, первыми выйти в космос и выстоять в холодной войне.

В продекларированной руководством России стратегии-2020 предусматривается 25 млн рабочих мест к 2020 г. Это, конечно же, социально важный ориентир, но необходимая база для него не обозначена. Если это места в малом бизнесе, то работодателям нужны гарантии от коррумпированных чиновников; если речь идет о строительстве крупных инфраструктурных объектов, то тогда ежедневно придется возводить около 6000 таких объектов со штатом ~ 1000 человек и необходима защита госинвестиций. Поэтому в любом случае надо преодолеть коррупцию, а это требует конкретных изменений в структуре принятия и проведения государственных решений. В этой связи приветствуется инициатива Президента РФ В.В. Путина, связанная с ограничением наличных расчетов в реализации государственных программ.

Судя по всему, нынешнему составу ГД и правительства РФ такая задача не по зубам, поэтому

здесь необходима широкая коалиция исследователей и экспертов-практиков, локомотивом которой должна выступать серьезная отечественная наука в лице РАН, РАО, РАМН и т.п. Такой коалиции должна быть поручена разработка государственной стратегии модернизации России, призванной определить направления для ее реализации, и, видимо, это единственная сила, которой такая задача по плечу, имея в виду хотя бы победный опыт прошедшей Отечественной войны. Медлить с решением в этом случае нельзя уже и потому, что возраст академиков, как правило, выше 60 лет, а прогнозы [14];[18] разрешения кадровой проблематики в профессорско-преподавательском корпусе ВПО показывают быстрое сокращение высококвалифицированных преподавателей в возрасте 30-45 лет. На эту категорию вузовских сотрудников ложится основная учебная нагрузка, связанная с чтением базовых курсов, а также проведение научно-исследовательской работы и внедрение ее результатов в производство или учебный процесс. На сегодняшний день ситуация только усугубилась, и об этом с тревогой говорилось в докладе рабочей группы Совета по науке, технологиям и образованию при Президенте РФ, т.к. фактически в эту сферу отсутствует приток молодых кадров, а две трети преподавателей старше 45 лет [20]. При отсутствии упреждающих мер ситуация в будущем может попросту привести к интеллектуальному «разрыву поколений» [18].

Вопросы государственного планирования тесно связаны с решением вопросов целеполагания в системе российского образования, которые в общем виде прописаны в Законе РФ «Об образовании» и в Национальной доктрине развития образования в РФ (2000-2025 гг.). Конкретные цели образования (целевой аттрактор) устанавливаются Правительством РФ на основе прогнозов посредством планирования экономического развития в виде государственного заказа на подготовку необходимых кадров в рамках действующей системы образования.

Для решения этой задачи создаются необходимые ФГОС, определяющие содержание соответствующего учебного процесса и регулирующие качество обучения. На сегодняшний день реализуются ФГОС ВПО-3 и стандарты 2-го поколения в общем образовании, которые предписывают системно-деятельностный принцип в процессе обучения и компетентностный подход в оценке его качества. Заметим, что подготовка ФГОС не должна проходить келейно, в отрыве

от российского педагогического сообщества, а должна широко обсуждаться. Стиль стандарта должен отвечать принципам мобильности и адаптивности - легкости подстройки закона к текущим изменениям в государстве, с тем чтобы такой ФГОС действовал продолжительное время (скажем, ~ 10 лет), а затем, по накопленным изменениям, принимаются его последующие версии. Это настоятельно требует разработки общей теории стандартизации в образовании.

6. Внешние измерения в системе образования РФ: оценка качества. Вопросы качества образования были обозначены приоритетными направлениями развития системы образования РФ до 2010 г. в рамках разработки Общероссийской системы оценки качества образования (ОСОКО) как системы внешней оценки результатов образования в интересах личности, общества и государства [21]. Система показателей ОСОКО предполагала оценку качества образования как меру отклонения образовательной траектории системы от поставленных директив (целей образования). В последнее время для этих целей задействованы концепции синергетики, т.к. самоорганизация на микроуровне системы приводит к проявлению определенных качеств на ее макроуровне. Однако пока при создании эффективной ОСОКО формирование системы оценочных показателей представляет проблемный фактор. Одним из подходов к решению данной проблемы являются исследования, проводимые в Ярославском педуниверситете им. К.Д. Ушинского, реализующие подготовку учителей естественнонаучного профиля на основе инновационной концепции фундирования содержания предметных курсов и наглядного моделирования в процессе обучения математике в школе и вузе [22]. Нынешняя балльная система оценки качества Минобрнауки представляет анахронизм.

На наш взгляд, к решению этой проблемы следует привлекать опыт развитых стран, оценивающих качество образовательных учреждений на основе рейтингов профессиональных траекторий выпускников этих учреждений [23]. Из существующих критериев оценки качества современных российских школ или вузов можно назвать такие внешние показатели, как социальный статус учебного заведения среди населения и педагогической общественности. В этой связи показателен следующий пример. Известно, что запуск первого советского искусственного спутника в октябре 1957 г. руководство США расценило прежде всего как крупный успех советской

системы образования, которая в очень сжатые сроки обеспечила подготовку необходимой интеллектуальной элиты [24]. Столь высокая внешняя оценка отечественной системы образования имела своим следствием принятие в США нового Закона об образовании (1958), во многом ориентированного на подготовку национальной элиты.

7. Факторы внешней среды и их анализ. В рамках синергетики внешнее взаимодействие открытой системы следует известному кибернетическому «принципу матрешки» (рекурсивной вложенности подсистем). Именно поэтому действие внешних факторов, на наш взгляд, целесообразно ранжировать по трем уровням: *глобальный уровень – федеральный уровень – региональный уровень*.

Глобальный уровень рассматривает российскую систему образования по отношению к международным образовательным организациям, главным образом, ЮНЕСКО и организации стран Европы, связанных Болонской декларацией, к которой в 2003 г. присоединилась Россия. Следствием этого явилось принятие Россией ряда следующих обязательств:

- государственные документы в области российского образования принимаются с учетом взятых международных обязательств;
- изменение формата подготовки на уровне ВПО;
- повсеместное введение ЕГЭ.

Все это плата за вступление России в ВТО. Однако какие выгоды нам сулит членство в ВТО, пока не ясно, в то время как взятые обязательства уже дают о себе знать, и в основном негативным образом. Не вдаваясь в детали, отметим главное – Россия заметно утратила позитив исторических традиций российского (советского) образования, который в мире объективно оценивался очень высоко. Последствия этого уже сказались на качестве нынешнего образования в России.

Федеральный уровень рассматривает российскую систему образования в рамках общественных отношений, сложившихся в современной РФ. В этом случае внешние факторы являются естественным следствием того, что всякий педагогический процесс реализует определенную функцию общественной формации, проводимую в области образования. В свою очередь проведение такой функции зависит от процессов в обществе (внешней среде), и до недавнего времени этот аспект корреляционного взаимодействия

практически не затрагивался. В отечественном образовании вопросы систематизации и оптимизации внешних факторов начали рассматриваться в 60-70-х гг. XX в. в работах С.И. Архангельского. В этой связи в монографии [25] было обращено внимание на следующие внешние факторы, существенно влияющие на педагогические процессы:

- *Фактор СМИ.* В современных условиях этот фактор реализует мощный канал информации, который в эпоху СССР активно и с успехом использовался в целях образования и самообразования. Однако, если деятельность СМИ плохо согласована с системой образования, как это сейчас наблюдается, то не обеспечивается *помехозащищенность образовательного процесса*, со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. В этой связи вызывает недоумение та пассивная позиция властей по отношению к резкому увеличению информационных потоков, содержание которых слабо регламентировано нормативно-правовыми документами. Ведь нередко по государственным телеканалам, а особенно в интернете, проходит информация маргинального характера, которая, выражаясь языком радиопрофизики, попросту «слепит» каналы общественно полезной информации, нанося серьезный общественный ущерб.

- *Ускорение темпов общественного развития.* Такого рода процессы характерны для государств, у которых вектор управления содержит весомый инновационный компонент. Дело в том, что научно-технический прогресс представляет собой нелинейный процесс, приводящий к ускорению материального производства, что генерирует новые научные знания. Таким образом, совершенствуется мышление человека и, как следствие, происходит оптимизация управления человеческой деятельностью. Наметившаяся тенденция обозначает одну из главных задач современного образования, которая должна сводиться к тому, чтобы обучаемый субъект в установленный ограниченный период времени овладевал необходимыми возрастающими объемами актуальных теоретических и практических знаний и компетенций.

- *Нарастание потока научно-технической информации и роль фундаментальной науки.* Нынешний этап характеризуется многообразием воплощений фундаментальных научных знаний в различных областях человеческой деятельности. При этом прикладные исследования реализуют новые теории и открытия, которые, собственно,

и обеспечивают общественный прогресс. Генерирующая роль фундаментальных знаний обусловлена тем, что на фоне темпов изменения актуальных знаний фундаментальные знания сохраняют общественную значимость в течение длительного периода. Эта замечательная особенность лежит в основе отечественной концепции фундаментализации образования, ориентированной на реализацию глубинных, системообразующих оснований и связей между разнообразными процессами объективной реальности [26]. Методически фундаментальные представления можно рассматривать как базисные инварианты, задающие основу формирования содержания образования.

- *Саентификация, или возрастание роли научной теории в человеческой деятельности.* Проявление данного фактора происходит тогда, когда для решения вопросов имеющегося опыта недостаточно, а проведение необходимых экспериментов проблематично. В подобной ситуации сильно возрастает роль научной теории и становится актуальным высказывание выдающегося австрийского физика Л. Больцмана: «Нет ничего более практичного, чем хорошая теория» [27]. Фактически в этом случае акценты смещаются в область оптимизации междисциплинарных отношений для усиления научно-исследовательского и научно-практического компонентов учебного процесса, что нашло отражение в концепции профилизации школьного обучения [28].

- *Рациональное применение науки.* Этот фактор требует основательной оценки возможных последствий практических приложений науки и в основном затрагивает высшее профессиональное и послевузовское образование, поскольку данное требование отражается в структуре учебного процесса, предусматривая определенную специфику, обусловленную приоритетами дисциплин профессиональной специализации. Как показали С.И. Архангельский и Ю.О. Овакимян в 70-х гг. прошлого века [25], реализация данного фактора приводит к тому, что учебный процесс должен формироваться в виде трансферентной системы, когда предметы и виды обучения связаны функциональными пересечениями.

На сегодняшний день перечисленные факторы внешней среды, которые в недавние времена для системы образования являлись наиболее значимыми [25], потеряли свою актуальность.

Среди нынешних реалий российского образовательного пространства актуальными представляются следующие факторы [4]:

- *Фактор неравновесного развития системы образования.* В XXI в. динамика изменений в ряде областей общественного производства (например, в ИКТ) настолько стремительна, что для адекватной реакции система образования должна быть достаточно мобильной и эластичной. Это требует обновления материальной базы учебных заведений, которое происходит гораздо медленнее. Кроме того, для приобретения профессиональных умений необходимо время для тренинга на современном оборудовании, а преподаватель в условиях быстрого обновления технологий должен оперативно корректировать необходимый дидактический инструментарий. На это уходит в среднем 3-5 лет, за которые проведенное обучение морально устаревает.

- *Информатизация образовательного пространства.* В XXI в. набирает обороты глобальный процесс информатизации общественных отношений, который в системе образования позволяет расширить возможности процесса обучения, и представляет один из приоритетов концепции модернизации российского образования. Однако, определяя в качестве приоритета широкую информатизацию учебных процессов, ставятся проблемы в области дидактики, связанные с созданием обновленной коммуникационной среды обучения, адаптированной к усвоению больших массивов знаний и формированием необходимых компетенций. Относительно концепций информатизации образования в современной России можно выделить следующие подходы:

- *Учебный процесс как целенаправленное распознавание образов дидактической информации.* В отечественном образовании это направление известно пионерскими работами М.М. Бонгарда (60-е гг. XX в.), который с помощью нейросетевых моделей (перцептрона Ф. Розенблатта) реализовал программы «Арифметика» (распознавание числовых таблиц, построенных по разным арифметическим законам) и «Геометрия» (распознавание геометрических образов в виде биполярных клеток) [29]. Авторы хорошо помнят один из результатов М.М. Бонгарда, который буквально ошеломил математическую и программистскую общественность. Речь шла о решении проблемы распознавания электронными вычислительными машинами задач, предлагаемых им в рукописном виде. М.М. Бонгард предъявлял блок ввода информации 800 начер-

таний цифры «2». Сегодня можно представить, каких только «каракуль» не было в этом множестве. ЭВМ только в двух случаях не распознала цифру «2», а в 798 случаях однозначно оперировала с цифрой «2». К сожалению, М.М. Бонгард не смог эти работы продолжить. Сегодня на мехмате МГУ исследуются компьютерные интеллектуальные системы, связанные с учебным процессом. Фактически их можно классифицировать по трем направлениям: распознающие системы, думающие системы, обучающие системы. О первом направлении было сказано выше. Второе направление – это «понимание» поставленной задачи посредством извлечения семантического смысла из текстов и чертежей. Третье – обучающие системы, моделирующие деятельность учителя и уровни подготовки учащихся.

- *Теория педагогических технологий.* Информатизация образования трактуется как определенное научное направление, предметом которого являются способы и средства сбора, обработки и передачи информации для получения новых сведений о педагогическом процессе. Такой подход предложен и практически реализован членом-корреспондентом РАО В.М. Монаховым [30] в рамках теории педагогических технологий (ТПТ), которая построена аксиоматически.

- *Концепции фундирования и наглядного моделирования в процессе обучения* (В.Д. Шадриков, В.В. Афанасьев, Е.И. Смирнов и др. [22]), проводимые в ЯГПУ им. К.Д. Ушинского при подготовке учителей математики и естественнонаучного профиля. Концепция фундирования выступает как информационный процесс приобретения, освоения и преобразования опыта личности при создании механизмов и условий для актуализации и интеграции базовых учебных элементов знаний и видов деятельности с последующим теоретическим обобщением и расширением практического опыта для профессионализации знаний и выработки профессиональных компетентностей. Концепция наглядного моделирования здесь выступает как процесс формирования адекватно поставленной цели на основе деятельности обучаемого в форме моделирования свойств, отношений и взаимодействий при восприятии информационной знаково-символической структуры знаний [22].

- *Региональный уровень* рассматривает российскую систему образования в рамках общественных отношений, сложившихся в регионах современной России. В этом случае внешние факторы являются естественным следствием то-

го, что на уровне регионов произошло рассогласование между системой образования и рынком труда.

● *Интеграционные процессы в российском образовании (90-е гг. XX в.).* Инициатором в этом процессе выступила Мордовия, где в январе 1993 г. был создан региональный учебный округ, главная задача которого – рациональное проведение интеграции региональных систем образования [31]. Спустя два года опыт Мордовии поддержали представители 68 вузов России, участвовавших в конференции «Интеграция региональных систем образования» (Саранск, 1995), и, таким образом, интенсивно пошел процесс интеграции регионального образования и науки. В рамках этого процесса за счет компактного размещения, а также концентрации научно-педагогических кадров и оборудования регионы в 90-е гг. стремились наладить взаимодействие научно-образовательных структур с местным рынком труда и тем самым минимизировать кадровые диспропорции в России в целом. Однако во многих регионах интеграция проводилась без должной стратегии и проработки, и в итоге ожидаемые положительные результаты в полной мере получены не были [32].

● *Демографический аспект.* Перипетии российской истории переходного периода (90-е гг. XX в.) привели к тому, что рассогласование между системой ВПО и рынком труда спровоцировало проблемы демографического свойства. Эти проблемы имеют как внутренний, так и внешний аспект, затрагивая, главным образом, интересы молодого поколения. *Внутренние демографические аспекты* в основном следующие:

1) демографический провал по абитуриентам в вузах РФ из-за спада рождаемости вследствие реформ 90-х гг. XX в.;

2) деградация экономики малых городов и сельских районов, что привело к сокращению школ в регионах и затрудняет доступ к получению образовательных услуг, гарантированных государством;

3) миграция молодежи в региональные центры для реализации дальнейшего образования или трудоустройства.

Данная проблема – прямое следствие того, что Россия (в отличие, например, от Китая) перешла от плановой экономики к либеральной (точнее, смешанной) в рамках «жесткой» модели, что привело к экономическому спаду и дефолту 1998 г. Негативные процессы в социуме, естественно, негативно повлияли на систему образова-

ния, но не были столь катастрофичными из-за известной консервативности этой системы. В результате внешний контур управления в системе образования (рис. 1) оказался в значительной мере разбалансирован, и таким образом, в высшем образовании оказались неурегулированными вопросы формирования профессиональных траекторий и адаптации молодых специалистов на рынке труда, которые в советский период решались в рамках централизованного распределения молодых специалистов под контролем соответствующего отдела Минвуза и предусматривали определенный «инкубационный» период для их профессиональной адаптации по месту работы. В целом такое управление кадрами давало неплохие результаты, однако транслировать в чистом виде этот опыт на современное образовательное пространство РФ, думается, не следует. Некоторые подходы к разрешению данной проблемы прописаны в Законе РФ «Об образовании» (1992), устанавливающем реализацию образовательных программ в рамках системы ГОС, включающих федеральный и региональный компоненты, призванные учитывать профессиональную специфику региональной экономики. Тем самым вопросы профориентации региональных вузов частично переносятся на местный уровень, что означает определенную децентрализацию управления кадрами на местах.

Между тем, смещение акцентов при управлении образованием на региональный уровень – это обычная практика многих стран с различной степенью либерализации экономики, позволяющая более оперативно отвечать на запросы местного рынка труда. Такая линия, например, проводится в США и ряде европейских стран (Германии, Великобритании, Бельгии и др.). Рекомендация передачи управления на местный уровень как более эффективного в условиях рынка содержится в докладе Всемирного банка «Россия: образование в переходный период» (1995) [19]. Тем не менее, уровень централизации, определенный в Федеральном законе «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» (1996, ст. 24), явно не уменьшен, и судя по всему, на тот момент для этого были объективные причины [4]. Однако с принятием Национальной доктрины развития образования в РФ (на период 2000-2025 гг.) на фоне постепенной экономической стабилизации России, думается, назрели необходимые условия, чтобы вернуться к проработке и реализации данного вопроса.

Внешние демографические аспекты в значительной мере обусловлены поддержкой талантливых специалистов, а также существенным расстройством населения РФ по уровню доходов, что позволяет отдельным категориям граждан получить образование, продолжить обучение или научную деятельность за рубежом. Позиция государства в этом случае должна обеспечить необходимые условия и режим наибольшего благоприятствования для обеспечения профессиональной деятельности таких граждан в интересах РФ.

8. Дидактическая переналадка и внутримодельное исследование. Целенаправленность и информационная сущность дидактических процессов определяют объективную связь между кибернетикой и педагогикой. Эта связь реализуется на основе теории информации и кибернетики, опираясь на универсальные информационные принципы управления процессами любой природы, включая процессы обучения. В союзе с кибернетикой педагогическая наука, помимо экспериментального метода исследования, приобретает основательный теоретический метод, переводящий педагогическое знание с уровня феноменологической (описательной) теории на логико-математический уровень развитой теории (в терминологии В.К. Лукашевича [33]). У дидактики на уровне развитой теории, кроме функции фиксации знаний, за счет логического вывода появляются функции приращения, объяснения и предсказания знаний об исследуемом объекте.

Объективность этого процесса обусловлена тем, что педагогическая наука все больше нуждается в формализованном языке, причем не столько для реализации собственных концепций, сколько для анализа непростой логики дидактических процессов. Пока дидактика представлена больше на уровне феноменологической теории, однако содержит весомый кибернетический контент, который при нарастающей информатизации образовательного пространства объективно увеличивается, и вопросы моделирования, толкования и прогнозирования дидактических процессов приобретают существенное значение. Актуальность кибернетической концепции в дидактике обусловлена также тем, что в настоящее время ИКТ фактически стали неотъемлемой частью учебных процессов. В то же время вопросы теории обучения в информационно-образовательной среде до конца не урегулированы. Остается проблема рациональной интеграции ИКТ и оптимизации факторов компьютерного интерфейса в

учебных процессах, разрешить которую без привлечения кибернетических принципов затруднительно.

Переналадку и внутримодельное исследование в дидактике проще всего провести, опираясь на концепцию А.Н. Колмогорова, который в области теории информации выделял три подхода [34]:

- *Количество информации по К. Шеннону на основе стохастической меры* [35]. В рамках такого подхода управление учебным процессом происходит по принципу минимизации информационной энтропии данного процесса. Такой подход успешно реализован в рамках ИКТ при оптимизации группового сотрудничества в процессе обучения, а также в модели развивающего обучения для эффективного формирования дидактического контента по шагам траектории обучения [4].

- *Алгоритмическое количество информации по А.Н. Колмогорову* [34], позволяющее моделировать сложность алгоритма обучения, например, при оптимизации логических доказательств [4].

- *Топологическое количество информации по Н. Раиевскому* [36], реализующее на языке покрытий оптимизацию тематических разделов при подготовке учебного контента или в рамках модульного обучения [4].

9. Концепция модернизации образования РФ как адаптивной системы. Концепция модернизации рассматривает образование как систему с адаптивным управлением, которое проводится в рамках некоторой дифференциальной игры преследования [37], когда аттрактором цели выступают требования ФГОС, вариативная часть которого определяется профессиональными запросами рынка труда, и образовательные траектории формируются так, чтобы они попадали в область притяжения целевого аттрактора. Тогда критерием качества выступает величина отклонения образовательной траектории относительно области притяжения аттрактора цели [38].

Задача поиска стратегии в такой модели формулируется следующим образом. Рассматривается объект управления вида:

$$\dot{\mathbf{x}} = f(\mathbf{x}; \mathbf{u}) \quad (4)$$

где \mathbf{x} – k -мерный вектор, описывающий состояние объекта; $\dot{\mathbf{x}}$ – производная вектора \mathbf{x} по времени; \mathbf{u} – m -мерный вектор, задающий управляющее воздействие на данный объект. Ка-

чество управления определяется некоторым функционалом $\Phi(x)$ по отклонению траектории управления от директивных показателей аттрактора цели. Стратегия управления описывается уравнением:

$$u = \lambda(x; a), \quad (5)$$

где a – n -мерный вектор параметров, подлежащих определению. Цель управления достигается посредством минимизации функционала $\Phi(x)$ при выполнении условия:

$$\hat{O} = \nabla \Phi \cdot \dot{x} = \nabla_x \Phi f(x; u(x; a^*)) < -s \Phi, \quad (6)$$

для некоторых a^* и $s > 0$, где ∇ – градиент скалярного поля $\Phi \cdot \dot{x}$ с проекцией ∇_x . Условие (6), по сути, дает минимум потенциала, построенного по функционалу качества $\Phi(x)$. Не вдаваясь в математические подробности [38], из соотношений (4) – (6) приходим к следующей модели адаптивного управления в виде следующей системы:

$$\dot{x} = f(x; \lambda(x; a)); \quad \dot{a} = -w \nabla_a \hat{O}, \quad (7)$$

где $a \rightarrow a^*$; w – некоторая симметричная $n \times n$ -матрица. В случае дискретных параметров управления система (7) легко записывается в конечных разностях.

Таким образом, процедура поиска параметра $a \rightarrow a^*$ вдоль фазовой траектории управления (4) реализуется в рамках некоторой дифференциальной игры (7).

Заключение. Анализ проблем современного образования РФ показывает, что их разрешение требует привлечения синергетических представлений, из которых следует:

1. *Управление системой образования – это открытое управление с внешним и внутренним каналами обратной связи. Оптимальное управление в данном случае сводится к эффективному согласованному взаимодействию этих каналов.*

2. *Фрактальность всякого педагогического измерения в системе образования обусловлена психологическим аспектом образовательного процесса. Каждый педагогический объект обладает собственной мерой, и в этом смысле дидактически уникален.*

3. *В России на базе Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН существует научная школа нелинейного прогнозирования, достижения которой необходимо продуктивно распространять в области образования.*

4. *Вопросы планирования в образовании тесно связаны с решением вопросов целеполагания, и*

пока этот вопрос далек от разрешения в силу отсутствия четкой теории стандартизации, разработка которой должна следовать принципам мобильности и адаптивности, т.е. легкости подстройки к текущим изменениям в государстве.

5. *Минимизация демографических проблем регионального образования происходит на основе адаптации программ подготовки контингента региональных вузов с запросами местного рынка труда.*

6. *Переналадку и внутримодельное исследование в дидактике целесообразно провести в рамках 3-компонентной информационной концепции А.Н. Колмогорова.*

7. *Предлагаемая авторами концепция модернизации российского образования рассматривает образование как систему с адаптивным управлением, а модернизацию следует представлять в рамках некоторой дифференциальной игры преследования, когда аттрактором цели выступают требования ФГОС. Такой подход фактически демпфирует неизбежные издержки государственного управления в сфере образования.*

Библиографический список

1. Боровских, А.В., Розов, Н.Х. Деятельностные принципы в педагогике и педагогическая логика [Текст]. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 80 с.
2. Пригожин, И., Николис, Г. Самоорганизация в неравновесных системах [Текст]. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
3. Хакен, Г. Синергетика [Текст]. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
4. Фирстов, В.Е. Кибернетическая концепция и математические модели управления дидактическими процессами при обучении математике в школе и вузе [Текст]. – Саратов: Издательский Центр «Наука», 2010. – 511 с.
5. Kelso J.A., Fucs A. Self-organization dynamics of the human brain: Critical instabilities and Shilnikov chaos // Chaos, 1995, V. 5, №1.п – PP. 64-69.
6. Фирстов, В.Е., Иванов, Р.А Ранговые корреляции профессиональной направленности результатов ЕГЭ в Саратовской области (2009-2011 гг.) [Текст] // Материалы междунар. науч. конф. «Компьютерные науки и информационные технологии». 1-4 июля 2012 г. (Саратов, Россия) – Саратов: ИЦ «Наука», 2012. – С. 123-129.
7. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы [Текст]. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 666 с.
8. Гуревич, В., Волмэн, Г. Теория размерностей [Текст]. – М.: ИЛ, 1948. – 232 с.

9. Фирстов, В.Е., Иванов, Р.А. Закон Ципфа-Мандельброта и его информационные проявления в учебном процессе [Электронный ресурс] // Междунар. интернет-конф., Екатеринбург, март 2013 г. – Режим доступа: <http://sat.collegeboard.org>
10. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст]. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
11. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст]. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
12. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
13. Малинецкий, Г.Г., Курдюмов, С.П. Синергетика, прогноз и управление риском [Текст] // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – С. 378-405.
14. Аткинсон, Р., Бауэр, Г., Кротерс, Э. Введение в математическую теорию обучения [Текст]. – М.: Мир, 1969. – 486 с.
15. Борисенко, В.П. Стратегия образовательных реформ в России (1985-2005 гг.) [Текст] // Педагогика. – 2006. - №7. – С. 3-16.
16. Малинецкий, Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент [Текст]. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 312 с.
17. Малинецкий, Г.Г. Выбор стратегии [Текст] // Компьютерра. - №38 (513). - 7 октября 2003 г. – С. 25-31.
18. Россия: образование в переходный период [Текст] // Доклад Всемирного банка, 1995. – Всемирный банк: Управление Европы и Центральной Азии, департамент III. Отдел социальных ресурсов. 1995. – 250 с.
19. Системные вопросы развития отечественного образования [Текст] // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2005. - № 11. – С. 5-16.
20. Болотов, В.А. Роль и место Федерального института педагогических измерений в формировании Общероссийской системы оценки качества образования [Текст] // ФИПИ: Сборник статей к пятилетию института / под ред. А.Г. Ершова, Г.С. Ковалевой. – М.: Эксмо, 2007. – С. 7-14.
21. Наглядное моделирование в обучении математике: теория и практика [Текст] / под ред. проф. Е.И. Смирнова. – Ярославль: ИПК «Индиго», 2007. – 454 с.
22. Лиферов, А.П. Интеграционные тенденции в мировом образовании [Текст] // Педагогика. – 2009. - № 6. - С.3-10.
23. Таргашвили, Т.А. Подготовка национальной элиты в США [Текст] // Вестник высшей школы, 1989. - №3. – С. 84-87.
24. Архангельский, С.И. Лекции по научной организации учебного процесса в высшей школе [Текст]. – М.: Высшая школа, 1976. – 200 с.
25. Тестов, В.А. Фундаментальность образования: современные подходы [Текст] // Педагогика. - 2006, №4. – С. 3-9.
26. Полак, Л.С. Людвиг Больцман. – М.: Наука, 1987. – 207 с.
27. Мордкович, А.Г. Профессионально-педагогическая направленность специальной подготовки учителя математики в педагогическом институте: дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. – М.: 1986. – 355 с.
28. Бонгард, М.М. Проблема узнавания. – М.: Наука, 1967. – 320 с.
29. Монахов, В.М. Теория педагогических технологий как необходимое условие их интеграции с информационными технологиями // Труды II Колмогоровских чтений. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2004. – С. 145-151.
30. Макаркин, Н.П., Наумченко, И. Интеграция образования – федеральный уровень // Интеграция образования, 1996, №2-3. – С. 3-7.
31. Владимиров, В. Интеграция региональных вузов: оценка синергизма // Alma mater (Вестник высшей школы), 2005, №3. – С. 7-12.
32. Лукашевич, В.К. Философия и методология науки. – Минск: Современная школа, 2006. – 320 с.
33. Колмогоров, А.Н. Три подхода к определению понятия «количество информации» // Проблемы передачи информации, 1965, т.1, №1. – С. 3-11.
34. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963. – 829 с.
35. Rashevsky N. Live, Information Theory and Topology // The Bulletin of Mathematical Biophysics. – Chicago, 1955, V.17, №3. – P. 25-78.
36. Петросян, Л. А. Дифференциальные игры преследования. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. – 222 с.
37. Цыпкин, Я.З. Основы теории обучающихся систем. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
38. Ушинский К.Д. Человек как предмет воспитания // Собрание сочинений. Т.8. – М.-Л.: Изд-во АПН, 1950. – 776 с.
39. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.-Л.: ОНТИ, 1936. – 80 с.

Bibliograficheskij spisok

1. Borovskikh, A.V., Rozov, N.KH. Deyatel'nostnye printsipy v pedagogike i pedagogicheskaya logika [Текст]. – М.: MAKS Press, 2010. – 80 s.
2. Prigozhin, I., Nikolis, G. Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemakh [Текст]. – М.: Mir, 1979. – 512 s.
3. KHaken, G. Sinergetika [Текст]. – М.: Mir, 1980. – 404 s.
4. Firstov, V.E. Kiberneticheskaya kontseptsiya i matematicheskie modeli upravleniya didakticheskimi protsessami pri obuchenii matematike v shkole i vuze [Текст]. – Saratov: Izdatel'skij TSentr «Nauka», 2010. – 511 s.
5. Kelso J.A., Fucs A. Self-organization dynamics of the human brain: Critical instabilities and Shilnikov chaos // Chaos, 1995, V. 5, №1.p – PP. 64-69.

6. Firstov, V.E., Ivanov, R.A. Rangovye korre-lyatsii professional'noj napravlenosti rezul'tatov EGEH v Saratovskoj oblasti (2009-2011 gg.) [Tekst] // Materialy Mezhdunar. nauch. konf. «Komp'yuternye nauki i informatsionnye tekhnologii». 1-4 iyulya 2012 g. (Saratov, Rossiya) – Saratov: ITS «Nauka», 2012. – S. 123-129.
7. Mandel'brot B. Fraktal'naya geometriya pri-rody [Tekst]. – M.: Institut komp'yuternykh issledo-vanij, 2002. – 666 s.
8. Gurevich, V., Volmehn, G. Teoriya razmernostej [Tekst]. – M.: IL, 1948. – 232 s.
9. Firstov, V.E., Ivanov, R.A. Zakon TSipfa-Mandel'brot a ego informatsionnye proyavleniya v uchebnom protsesse [EHlektronnyj resurs] // Mezhdunar. internet-konf., Ekaterinburg, mart 2013 g. – Rezhim dostupa: <http://sat.collegeboard.org>
10. Zade, L. Ponyatie lingvisticheskoy peremen-noj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh reshenij [Tekst]. – M.: Mir, 1976. – 165 s.
11. Kofman, A. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv [Tekst]. – M.: Radio i svyaz', 1982. – 432 s.
12. Pegat, A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie [Tekst]. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009. – 798 s.
13. Malinetskij, G.G., Kurdyumov, S.P. Sinergetika, prognoz i upravlenie riskom [Tekst] // Sinergeticheskaya paradigma. Nelinejnoe myshlenie v nauke i iskusstve. – M.: Progress-Traditsiya, 2002. – S. 378-405.
14. Atkinson, R., Bauehr, G., Kroters, E.H. Vvedenie v matematicheskuyu teoriyu obucheniya [Tekst]. – M.: Mir, 1969. – 486 s.
15. Borisenko, V.P. Strategiya obrazovatel'nykh reform v Rossii (1985-2005 gg.) [Tekst] // Pedagogika. – 2006. – №7. – S. 3-16.
16. Malinetskij, G.G. Matematicheskie osnovy sinergetiki: KHaos, struktury, vychislitel'nyj ehksperiment [Tekst]. – M.: Izdatel'stvo LKI, 2007. – 312 s.
17. Malinetskij, G.G. Vybor strategii [Tekst] // Komp'yutera. – №38 (513). – 7 oktyabrya 2003 g. – S. 25-31.
18. Rossiya: obrazovanie v perekhodnyj period [Tekst] // Doklad Vsemirnogo banka, 1995. – Vsemirnyj bank: Upravlenie Evropy i TSentral'noj Azii, departament III. Otdel sotsial'nykh resursov. 1995. – 250 s.
19. Sistemnye voprosy razvitiya otechestvennogo obrazovaniya [Tekst] // Alma mater (Vestnik vysshej shkoly). – 2005. – № 11. – S. 5-16.
20. Bolotov, V.A. Rol' i mesto Federal'nogo in-stituta pedagogicheskikh izmerenij v formirovanii Obshherossijskoj sistemy otsenki kachestva obrazovaniya [Tekst] // FIPI: Sbornik statej k pyatiletiyu instituta / pod red. A.G. Ershova, G.S. Kovalevoj. – M.: EHksmo, 2007. – S. 7-14.
21. Naglyadnoe modelirovanie v obuchenii matematike: teoriya i praktika [Tekst] / pod red. prof. E.I. Smirnova. – Yaroslavl': IPK «Indigo», 2007. – 454 s.
22. Liferov, A.P. Integratsionnye tendentsii v mirovom obrazovanii [Tekst] // Pedagogika. – 2009. – № 6. – S.3-10.
23. Tartarashvili, T.A. Podgotovka natsional'noj eh-lity v SSHA [Tekst] // Vestnik vysshej shkoly, 1989. – №3. – S. 84-87.
24. Arkhangel'skij, S.I. Lektsii po nauchnoj or-ganizatsii uchebnogo protsessa v vysshej shkole [Tekst]. – M.: Vysshaya shkola, 1976. – 200 s.
25. Testov, V.A. Fundamental'nost' obrazovaniya: sovremennye podkhody [Tekst] // Pedagogika. – 2006, №4. – S. 3-9.
26. Polak, L.S. Lyudvig Bol'tsman. – M.: Nauka, 1987. – 207 s.
27. Mordkovich, A.G. Professional'no-pedagogicheskaya napravlenost' spetsial'noj podgotovki uchitel'ya matematiki v pedagogicheskom institute: diss. ... d-ra ped. nauk: 13.00.02. – M.: 1986. – 355 s.
28. Bongard, M.M. Problema uznnavaniya. – M.: Nauka, 1967. – 320 s.
29. Monakhov, V.M. Teoriya pedagogicheskikh tekhnolo-gij kak neobkhodimoe uslovie ikh integratsii s infor-matsionnymi tekhnologiyami // Trudy II-kh Kolmogorov-skikh chtenij. – Yaroslavl': Izd-vo YAGPU, 2004. – S. 145-151.
30. Makarkin, N.P., Naumchenko, I. Integratsiya ob-razovaniya – federal'nyj uroven' // Integratsiya obrazovaniya, 1996, №2-3. – S. 3-7.
31. Vladimirov, V. Integratsiya regional'nykh vu-zov: otsenka sinergizma // Alma mater (Vestnik vysshej shkoly), 2005, №3. – S. 7-12.
32. Lukashevich, V.K. Filosofiya i metodologiya nauki. – Minsk: Sovremennaya shkola, 2006. – 320 s.
33. Kolmogorov, A.N. Tri podkhoda k opredeleniyu ponyatiya «kolichestvo informatsii» // Problemy peredachi informatsii, 1965, t.1, №1. – S. 3-11.
34. SHennon K. Raboty po teorii informatsii i kibernetike. – M.: IL, 1963. 829 s.
35. Rashevsky N. Live, Information Theory and Topology // The Bulletin of Mathematical Biophysics. – Chicago, 1955, V.17, №3. – P. 25-78.
36. Petrosyan, L. A. Differentsial'nye igry presledovaniya. – L.: Izd-vo LGU, 1977. – 222 s.
37. TSypkin, YA.Z. Osnovy teorii obuchayushhikh sis-tem. – M.: Nauka, 1970. – 252 s.
38. Ushinskij K.D. CHelovek kak predmet vospitaniya // Sobranie sochinenij. T.8. – M.-L.: Izd-vo APN, 1950. – 776 s.
39. Kolmogorov A.N. Osnovnye ponyatiya teorii ve-royatnostej. – M.-L.: ONTI, 1936. – 80 s.