

УДК 65.014.1

**В.А. Петраков, Ю.С. Чусова, О.В. Караман, О.В. Граецкая, Н.С. Пономарева,  
Ю.А. Поцешковская**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
В МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ**

*Приведена процедура построения образовательной среды, адаптированной к профессиональным компетенциям, как нахождение эффективного множества решений многокритериальной задачи оптимизации. Критериями синтеза модели приняты капитализация образования и стоимость знания. Практическая реализация осуществлена в виртуальной среде, позволяющей с помощью матриц связи компетенций и блоков дисциплин формировать программы подготовки и переподготовки специалистов в области менеджмента в технике и технологий. Обучающая среда является открытой, адаптируемой и может быть дополнена новыми модулями и использована для генерации новых учебных программ.*

*Образовательная среда; компетенции; синтез; образовательная программа; адаптация; многокритериальная оптимизация.*

**V.A. Petrakov, Y.S. Chusova, O.V. Karaman, O.V. Graeckaya, N.S. Ponomarev,  
Yu.A. Pochshkovskaya**

**SIMULATION AND SYNTHESIS OF LEARNING ENVIRONMENT  
IN A MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION PROBLEM**

*The article describes the procedure for constructing the learning environment, tailored to professional competence, as finding an effective set of solutions of multiobjective optimization problem. The criteria for the synthesis of the model adopted by the capitalization of education and the value of knowledge. Practical implementation carried out in a virtual environment that enables the connection matrix of competencies and disciplines to form blocks of training and retraining of specialists in the field of management in engineering and technology. Learning environment is open, adaptable and can be supplemented with new modules and used to generate new training programs.*

*The educational environment; competences; synthesis; educational program; adaptation; multi-criteria optimization.*

В основе прогнозов будущего обычно лежит теория русского экономиста Н. Кондратьева, основоположника теории больших циклов экономической конъюнктуры (кризисы длинной волны). В соответствии с ней в основе экономического развития лежит смена технологических укладов. Существует естественный цикл развития макротехнологии. В начале – развитие фундаментальной науки, идей, которые могут получить практическое воплощение, подготовка кадров, организация опытно-конструкторских разработок, создание технологий, производство и начало реализации появившихся возможностей и, наконец, диффузия появившихся инноваций во всю техносферу и экономическую систему. Длительность всего цикла составляет 30–45 лет.

Экономическая, технологическая, образовательная, инновационная политика кардинально зависят от фазы развития рассматриваемой конкретной отрасли, в которую проникают инновации.

В инновационном секторе образования, где создается и используется новое, приходится прогнозировать и планировать профессиональные компетенции с горизонтом в несколько десятилетий. Это требует совершенно других стратегий, алгоритмов и кадров.

Сегодня в современном мире осуществлен грандиозный переход к информационным технологиям, сетям, применению компьютерных методов в сфере решения инженерных и экономических задач. Усматривается четкая тенденция в форми-

ровании новой уникальной отрасли – сектора экономики, который стремительно прогрессирует в развитии и приобретает все большую значимость. Эта область, прежде всего, связана с интеллектуальным продуктом.

Сейчас весь мир готовится к технологическому скачку (судя по прогнозам, это будет происходить в 2014–2018 гг.).

Именно сейчас решается, какие отрасли, страны, регионы, корпорации станут ведущими и в соответствии с этим, какие специалисты будут востребованы в этот период.

Подготовкой востребованных, как мы думаем, высокопрофессиональных специалистов сегодня занимаются все, кому не лень. Действительно разрабатываются и применяются множество новых инструментальных средств и приемов организации образовательной среды. Это и объединение секторов академической и прикладной науки с высшей школой. В этом случае выявляются проблемы, возникающие при создании и функционировании научно-образовательных комплексов, создается модельный ряд интегрированных структур и рекомендаций по их организации, исследуются перспективы развития и особенности управления научно-образовательными комплексами, разрабатываются предложения по совершенствованию действующей нормативно-правовой базы.

При создании научно-образовательных комплексов используются различные модели их "корпоративной" организации. Наиболее предпочтительными являются адаптированная к условиям конкурентной среды инновационная модель "саморазвития" регионального научно-образовательного комплекса (М. Мезинцева), интегрированная модель информационного менеджмента (М. Аттинджер), интегрированная интерактивная модель образования (М. Хиту). Несмотря на различия, каждая из моделей сконцентрирована на описании и исследовании интеграционных процессов, стимулирующих формирование и развитие научно-образовательного комплекса. В зависимости от роли, играемой конкретным структурным элементом в корпоративной системе, включаются те или иные механизмы интеграции, используются соответствующие модели организации.

Таким образом, сегодня мы достаточно хорошо представляем, как построить работу, какие надо применить инструменты и технологии для ее выполнения, но, к нашему несчастью, не знаем, что это за работа и на достижение каких целей она должна быть направлена.

Рассмотрим прогнозируемые профессиональные компетенции, исходя из задач VI технологического уклада (2014–2018 гг.).

Локомотивными отраслями рождающегося VI технологического уклада, вероятно, станут нанотехнологии и возможные их применения (медицина, бионика, робототехника, агротехника, передача и преобразование информации, компьютеры, энергетика, нанотехнологический бизнес, «интеллектуализация» производства и др.), биотехнологии, робототехника, высокие гуманитарные технологии, новая медицина, новое природопользование, безопасность техносферы (в том числе противодействие терроризму), альтернативные виды энергетики, обратное проектирование, сверхкритические технологии и др. Все эти отрасли имеют общность в том, что являются наукоемкими, т.е. высокими технологиями, проблемы развития которых непосредственно связаны, а зачастую и определены возможностями информационных технологий.

Принцип инновационного развития обучающей среды (ОС) заключается в изменении ее состояния на основе принятия решения о проектировании новых свойств специалиста в результате полученной информации о состоянии рынка компетенций.

Исходя из общего представления об энтропии и неупорядоченности управляемого процесса, связь между количеством рабочей информации и эффективностью управления образованием может быть представлена в виде [2]:

$$E = E_{max} \left( 1 - B_0 E^{\frac{-I}{I_0}} \right),$$

где  $E$  – эффективность ОС;  $E_{max}$  – эффективность идеальной ОС;  $B_0$  – неупорядоченность;  $I$  – количество рабочей информации;  $I_0$  – постоянная величина, характеризующая количество начальной информации.

Таким образом, непрерывное формирование информации о назначении, свойствах и количестве специалистов на рынке может стать основой для реализации сформулированного принципа инновационного развития ОС.

Возможны три вида алгоритмов изменения состояния ОС.

1. Создаваемые в процессе образования компетенции специалиста по своим свойствам удовлетворяют требованиям рынка. Управляющее воздействие в этом случае должно быть сформировано из условия приведения количества выпускников в соответствии с запросом рынка. Это достигается путем введения рабочей информации об этом параметре в форму задания на прежнюю управляемую образовательную систему. Такая связь исключает выпуск невостребованных специалистов, а, следовательно, повышает эффективность образования в целом.
2. Создаваемые в процессе образования компетенции специалиста по своим свойствам не удовлетворяют требованиям рынка. Это соответствует случаю, когда востребованность специалистов снижается и в будущем исключается полностью. В соответствии с предыдущими рассуждениями нагрузка образовательной системы снижается, что в перспективе может повлечь ее полную остановку. Выходом из этой ситуации может стать изменение состояния ОС-системы в результате приведения свойств специалиста в соответствие с требованиями рынка. Таким образом, необходимо сформировать управляющие воздействия на основе новой рабочей информации о востребованных компетенциях специалиста на рынке труда. Появляется дополнительная гибкая обратная связь, включающая элементы формирования новых компетенций специалиста: принятие решения об изменении компетенций, проектирование таких изменений в информационной среде, реализация их в структуре образования.
3. Создаваемые в процессе образования компетенции специалиста уже не требуются рынку. Принципом адаптации в этом случае является изменение состояния образовательной системы в результате принятия решения о подготовке специалиста с новыми, востребованными компетенциями. Этот принцип реализуется введением в структуру управления образованием постоянно действующей обратной связи, включающей элементы формирования новых компетенций: принятие решения о подготовке специалиста с новыми компетенциями, проектирование новой ОС, реализация ее в структуре образовательной системы (рис. 1).

Таким образом, адаптация образования к рынку предусматривает содержание по крайней мере двух инновационных связей: кратковременную гибкую, обеспечивающую формирование дополнительных компетенций специалиста, и постоянную

но действующую, направленную на подготовку специалиста с новыми, востребованными рынком труда компетенциями. Обе эти связи содержат функционально одинаковые элементы принятия решений, основным из которых является проектирование нововведений.

Целью работы является синтез инновационных моделей, адаптированных к прогнозируемым профессиональным компетенциям VI технологического уклада, обеспечивающим устойчивость и управляемость образовательной среды в целом.

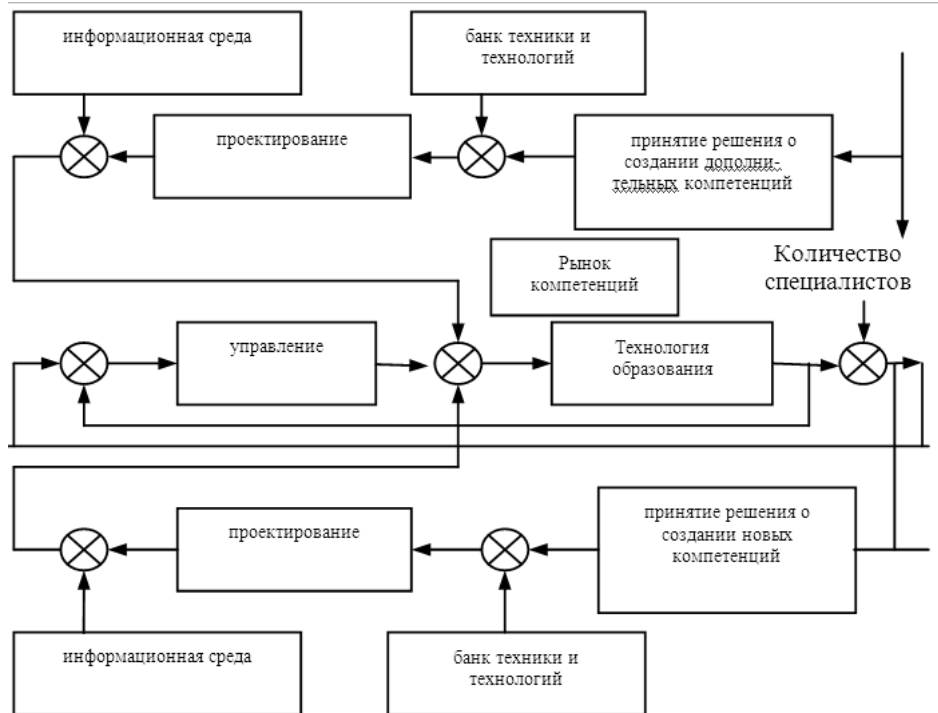


Рис. 1. Функциональная схема ОС

Для достижения сформулированной цели необходимо решить следующие задачи:

- ◆ определить обобщенную динамическую модель образовательной среды ОС, как наиболее полно представляющую взаимодействие во времени всех ее элементов и инновационные связи, образующие условия адаптации ОС к профессиональным компетенциям;
- ◆ разработать принцип адаптации ОС, позволяющий синтезировать инновационную модель, инвариантную к внешним структурным изменениям;
- ◆ разработать методику синтеза модели ОС на основе решения многокритериальной задачи оптимизации [2].

Обобщенная динамическая модель ОС (рис. 2) строится путем определения процессов в пространстве состояний векторными дифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A(t) \cdot x + B(t) \cdot v, \\ y &= C(t) \cdot x. \end{aligned} \tag{1}$$

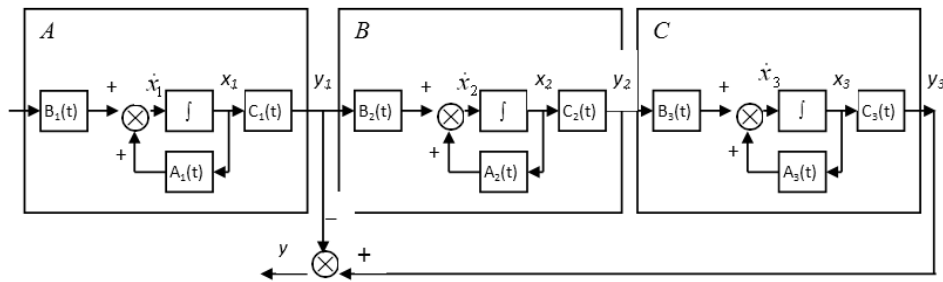


Рис. 2. Обобщенная динамическая модель ОС

Здесь  $x_1, x_2, x_3$  – векторы переменных состояния инвестора, самой ОС и рынка труда (компетенций) соответственно; выходы  $y_1, y_2$  и  $y_3$  – инвестиции в образование, выпуск специалистов и капитализация образования, т.е. способность знания преобразовываться в капитал;  $y = y_3 - y_1$  – прибыль, которая может быть получена в результате инвестиций в изменение состояния ОС (нововведения),  $A(t), B(t)$  и  $C(t)$  – матрицы, определяющие связи входа системы  $v$  с различными переменными состояниями  $x$ , с выходом системы  $y$  [2].

В отличие от ранее рассмотренных динамических моделей здесь выходы элементов  $A$  и  $B$  представляются входами  $B$  и  $C$  соответственно, а выходом ОС в целом –  $y(t)$ . Построенная таким образом обобщенная модель ОС позволила показать, что достигаемая практически всегда устойчивость, управляемость и наблюдаемость каждого объекта в отдельности, не определяют необходимые и достаточные условия устойчивости, управляемости и наблюдаемости системы в целом.

**Постановка задачи синтеза ОС.** Пусть ОС описывается векторным дифференциальным уравнением (1), определенным в области  $L(x(t), V(t)) \geq 0$  пространства вектора состояния  $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$  и вектора связей  $v(v_1, v_2, \dots, v_m)$ ,  $t \in [t_0, T]$ .

Задан класс допустимых моделей  $V$  для вектора  $v(v_1, v_2, \dots, v_m)$ , принимающего свои значения в области  $L \geq 0$ , а также задан векторный функционал

$$I(v) = F(x(t), v(t), t) \quad (2)$$

с компонентами

$$I_i(v) = F_i(x(t), v(t), t) \quad (i = 1, \dots, n). \quad (3)$$

Для вектора  $x(t)$  заданы граничные условия

$$x(t_0) = x_0, \quad x(T) = x_T, \quad (4)$$

где число  $T$  не является фиксированным.

**Определим задачу синтеза ОС.** Пусть нам удалось получить динамическую модель системы в форме уравнения в пространстве состояний (1). Найдены граничные условия (4), а также определен векторный функционал в виде (2) и (3) с ограничениями на компоненты и класс допустимых моделей  $V$ . Требуется определить множество  $V_0^*$  допустимых моделей, или

$$V_0^* = \{ \tilde{v}(t, I_{iT}) : I_i(\tilde{v}) - I_{i0} \leq M_i, \\ I_{iT} \in [I_{i0} - M_i, I_{i0}] \}. \quad (5)$$

Здесь  $M_i \geq 0$  – заданные числа, а  $I_{i0}$  – оптимальные значения скалярных функционалов (3), определенные с помощью известных методов.

Нахождение (5) предполагает решение следующих основных задач:

- ◆ формирование критерия эффективности ОС;
- ◆ построение динамической модели ОС;
- ◆ построение динамической модели рынка компетенций;
- ◆ нахождение множества допустимых моделей на основе решения многокритериальной задачи оптимизации;
- ◆ формализацию координирующего правила, позволяющего выбрать эффективную модель из множества допустимых.

Критериями синтеза модели эффективной ОС определены:  $I_1 = y_1$  – капитализация образования, т.е. способность знания преобразовываться в капитал;  $I_2 = y_2$  – стоимость знания.

После нахождения множества (5) допустимых моделей ОС принятие решения становится тривиальным и определяется требованиями рынка к компетенциям специалиста.

Практическая реализация инновационной модели осуществлена в среде виртуальной оболочки обучающей среды, позволяющей на основе компетентностных требований рынка с помощью матриц соответствий компетенций и блоков дисциплин в автоматизированном режиме формировать программы подготовки и профессиональной переподготовки специалистов в области менеджмента в технике и технологий.

Обучающая среда является открытой, адаптируемой на основе опросов работодателей и мониторинга рынка труда, может быть дополнена новыми модулями и использована для генерации новых учебных программ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления. – М.: Наука, 1970. – 620 с.
2. Петраков В.А., Граецкая О.В. Системный анализ инновационных и технических процессов. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2007. – 285 с.
3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-ти томах / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004. – 640 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

**Чусова Юлия Сергеевна**

**Караман Олег Викторович**

**Петраков Владимир Александрович**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет».

E-mail: kaf\_say@mail.ru.

344090, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 10.

Тел.: 88632696994.

**Граецкая Оксана Владимировна**

E-mail: g\_oks@inbox.ru.

**Пономарева Наталья Сергеевна**

E-mail: nataliaponomareva161@gmail.com.

**Поцешковская Юлия Андреевна**

E-mail: ulaa07@bk.ru.

**Chusova Julia Sergeevna**

**Karaman Oleg Victorovich**

**Petrakov Vladimir Aleksandrovich**

Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education  
“Southern Federal University”.

E-mail: kaf\_cay@mail.ru.

10, Milchakova Street, Rostov-On-Don, 344090, Russia.

Phone: +78632696994.

**Graetskaya Oksana Vladimirovna**

E-mail: g\_oks@inbox.ru.

**Ponomareva Nanaliy Sergeevna**

E-mail: nataliaponomareva161@gmail.com.

**Poceshkovskaya Yuliya Andreevna**

E-mail: ulaa07@bk.ru.

УДК 004.9:372.8

**Ю.И. Рогозов, С.В. Скороход, А.С. Свиридов**

**ПРОЕКТ ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ**

*Проведен анализ результатов единого государственного экзамена по информатике за 2009–2010 гг. на основании статистических данных Федерального института педагогических измерений. Сделан вывод о недостаточной подготовке выпускников школ по информатике, что отражается в низком проценте участников экзамена и низких результатах его сдачи. Для повышения качества подготовки школьников по информатике предлагается информационная система для подготовки к ЕГЭ. Предложена концептуальная модель разрабатываемой системы.*

*Информатика; единый государственный экзамен; информационная система; подготовка.*

**Yu.I. Rogozov, S.V. Skorokhod, A.S. Sviridov**

**THE PROJECT OF REMOTE INFORMATION SYSTEM FOR PREPARATION  
FOR UNIFORM GRADUATION EXAMINATION IN COMPUTER SCIENCE**

*The analysis of results of uniform graduation examination in computer science for 2009–2010 on the basis of statistical data of Federal institute of pedagogical measurements is carried out. The conclusion is drawn on insufficient preparation of graduates of schools on computer science that is reflected in the low interest of participants of examination and low results of its delivery. For improvement of quality of preparation of schoolboys on computer science the information system for preparation for uniform graduation examination is offered. The conceptual model of developed system is offered.*

*Computer science; uniform; graduation examination; information system; preparation.*

**Постановка задачи.** Одна из основных тенденций современного мира состоит в переходе к информационному обществу, в котором большая часть трудоспособного населения занимается обслуживанием информационных процессов. Такая деятельность требует определенного базового уровня грамотности в сфере информационных технологий, создание которого должен обеспечить курс информатики общеобразовательной школы. Первостепенной задачей проводимого в последнее время единого государственного экзамена (ЕГЭ) по информатике является