

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ**

М. Н. Краснянский¹, А. И. Попов², А. Д. Обухов¹

*Кафедры: «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» (1),
«Техника и технологии производства нанопроductов» (2),
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; olimp_popov@mail.ru*

Ключевые слова: адаптивное управление; компетентностный подход; оптимизация; основная профессиональная образовательная программа; потребности личности; профессиональное образование; рынок труда.

Аннотация: Рассмотрено разрешение проблемных моментов повышения качества высшего образования и обеспечения возможности обучающимся проектировать свою образовательную траекторию посредством максимального использования потенциала образовательного учреждения с учетом динамики и тенденций развития регионального рынка труда, способностей и потребностей личности. Проведенные исследования опираются на использование компетентностного методологического подхода при анализе функционирования системы профессионального образования.

Выявлены ключевые факторы макросреды образования и их индикаторы, компоненты системы профессионального образования и их взаимосвязь. Осуществлены формализация, математическое моделирование и обоснована методология проектирования адаптивной системы управления профессиональным образованием. Поставлена задача оптимизации основной профессиональной образовательной программы, и предложено несколько вариантов критерия оптимизации, позволяющего обеспечить максимальную удовлетворенность как сообщества работодателей, так и индивида в получении качественного конкурентоспособного образования.

Представленные научные исследования могут служить основой при проектировании и реализации информационных систем управления профессиональным образованием как регионального, так и всероссийского уровня.

Динамизм инновационных преобразований в экономике, появление новых отраслей знаний и структурные изменения на рынке труда предопределяют повышенные требования к гибкости системы профессионального образования, его способности реагировать на запросы общества, потенциальных работодателей и каждого индивидуума [1, 2]. Реализуемая в настоящее время модернизация профессионального образования посредством разработки и внедрения ФГОС ВО 3++, взаимосвязанных с профессиональными стандартами, предполагает серьезную

перестройку как традиционного механизма реализации в вузах основных профессиональных образовательных программ, так и сознания участников образовательного процесса – обучающихся и преподавателей. Актуализированные образовательные стандарты предполагают, с одной стороны, унификацию подготовки к деятельности вообще (через единый перечень универсальных компетенций) и деятельности в определенной сфере (единый по укрупненной группе специальностей перечень общепрофессиональных компетенций). Это позволяет разработать в рамках федерального учебно-методического объединения единые методические подходы и соответствующее учебно-методическое обеспечение их формирования. С другой стороны, возможность вуза ориентироваться на любой из профессиональных стандартов посредством выбора какой-либо обобщенной трудовой функции из них снижает мобильность студента во время обучения и создает опасность чрезмерно узкой специализации выпускника.

Реализуемая в настоящее время система организации профессиональной подготовки, когда и результаты обучения, и содержание основной профессиональной образовательной программы формулируются вузом перед началом подготовки студентов и не могут в значительной мере изменяться в течение периода обучения, уже не полностью отвечает как текущим запросам работодателей, так и личностным устремлениям обучающегося. За четыре года подготовки в бакалавриате, которая ориентирована лишь на малое число обобщенных трудовых функций (востребованных на момент создания образовательной программы), могут произойти как изменения в деятельности самих предприятий, так и ситуации на региональном рынке труда, когда число выпускников превысит его потребности в специалистах, готовых на высоком уровне выполнять только эти трудовые функции.

Однако ключевой проблемой современного профессионального образования является не всегда осознанное профессиональное самоопределение молодых людей по окончании общеобразовательной школы. Выбор образовательного учреждения зачастую детерминирован непониманием сущности будущей деятельности и реальной оценкой ее соответствия личностным устремлениям, а либо созданным в обществе искаженным пониманием ряда профессий, либо мнением значимых для абитуриента людей, которые не всегда могут объективно оценить способности и желания молодого человека. Наиболее негативными для образования являются случаи, когда обучающемуся вообще безразлично какую специальность получать, а критерием выбора направления подготовки выступает легкость поступления.

Рассмотренные обстоятельства функционирования системы образования приводят к тому, что часть студентов к выпускному курсу находят себе место профессиональной деятельности, лишь частично требующее приобретаемые в вузе компетенции в соответствии с выбранными первоначально обобщенными трудовыми функциями. При этом значительное число студентов понимает, что выбранная в юности профессия не соответствует их способностям и личностным качествам или не дает в дальнейшем возможности реализовать свой потенциал и получить достойное материальное вознаграждение.

Разрешение данной проблемной ситуации становится возможным при внедрении в профессиональное образование адаптивной системы управления, позволяющей методически грамотно вносить коррективы в образовательную траекторию обучающегося. Данная система будет обеспечивать максимальное удовлетворение запросов рынка труда и учет уровня развития способностей и личностных качеств студента при рациональном использовании имеющихся ресурсов вуза, финансовых инвестиций государства и резерва времени.

Для осуществления математического моделирования адаптивной системы управления профессиональным образованием выделим ключевые факторы макросреды образования и их индикаторы, компоненты системы и их взаимосвязь.

На основе анализа системы профессионального образования Российской Федерации и других стран, закономерностей формирования инновационной экономики и тенденций развития общества определены следующие факторы макросреды:

- научно-технический прогресс и отражение формирующегося шестого технологического уклада на состояние конкретной отрасли народного хозяйства;
- социально-экономическое и политическое состояния и тенденции развития страны и региона, экономическая стабильность и темпы роста конкретных субъектов региональной экономики;
- уровень культуры и духовности общества, во многом определяющие как социальную значимость деятельности, так и восприятие индивидуумом философского смысла жизни и своей роли в развитии страны и региона.

Указанные факторы через общественно-государственные институты определяют как основные векторы развития профессионального образования, так и ограничения на возможность модернизации данного процесса уже по мере его осуществления.

Государство посредством нормативно-правовых актов (Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», федеральные государственные образовательные стандарты, утвержденный порядок осуществления образовательной деятельности и т.д.) регламентирует основную деятельность учреждения образования. К ограничивающим условиям относятся, например, суммарная трудоемкость обучения в течение года, наличие и трудоемкость видов образовательной деятельности (практики, итоговая аттестация), требования к кадровому и материально-техническому обеспечению, наличие методического сопровождения различных форм обучения.

К индикаторам, определяемым государством и допускающим возможность гибкого управления образовательным процессом, относятся требования:

- образовательных стандартов по результатам обучения в виде универсальных и общекультурных компетенций в части выбора дисциплин их формирующих, трудоемкости освоения конкретной дисциплины и ее места в структуре учебного плана, используемых педагогических технологий;
- профессиональных стандартов в виде свободы выбора как самих стандартов, так и тех обобщенных трудовых функций, к которым будет готовиться обучающийся по направлению подготовки.

С учетом того что большинство региональных вузов готовят кадры преимущественно для предприятий и организаций своего региона, наиболее существенными индикаторами, определяющими структуру и содержания профессионального образования, являются тенденции развития экономики региона, текущая и будущая потребность реального сектора экономики в специалистах, готовых как к творческой инновационной деятельности вообще, так и выполнению конкретных трудовых функций. В данном случае при управлении профессиональным образованием необходимо учитывать и демографические тенденции региона, возможные потоки мигрантов.

Особую роль в формировании предпочтений обучающихся как по получаемой профессии, так и уровню квалификации играют референтные группы, значимые для обучающихся: друзья, круг общения, семья. Именно они определяют социальное признание того или иного вида деятельности. Оценить данный индикатор можно на основе социологических исследований для различных сегментов сообщества обучающихся: по уровню доходов, месту жительства, уровню культуры и т.д.

Личность самого обучающегося позволяет задать как ограничения для моделирования процесса профессионального образования, так и определить индикаторы, существенно влияющие на проектирование индивидуальной образовательной траектории. В качестве ограничений выступают способности человека, и, прежде всего, интеллект и креативность, которые детерминируют не только возможное содержание учебных дисциплин, включаемых в предлагаемую студенту образова-

тельную программу, но и используемые формы и технологии обучения. Другим ограничением выступают нравственно-волевые качества обучающегося, которые не всегда могут позволить освоить какие-нибудь компетенции в силу сформированной ранее эго-идентичности (например, связанные со сложными коммуникационными ситуациями, повышенной ответственностью за принимаемые фондомкие решения, необходимостью разрешения конфликтных ситуаций). Особенности личности вносят коррективы и в использование образовательных технологий, успешность которых определяется готовностью к самообразованию, работе в электронной образовательной среде и т.д.

Личностным индикатором, который во многом определяет параметры индивидуальной образовательной траектории, являются целевые установки и духовно-нравственные ценности, которые взаимосвязаны как с референтной группой, так и общим уровнем культуры общества. Так же от личностных качеств будет зависеть и наиболее приемлемые для обучающегося технологии обучения, обеспечивающие наибольшую комфортность познавательной деятельности. Например, ярко выраженным интровертам психологически достаточно сложно будет участвовать в командных видах познавательной деятельности, а экстравертам сложнее будет использовать электронное обучение как единственный способ изучения дисциплин.

В качестве ограничений в математической модели также будут выступать состав и квалификация научно-педагогических кадров [3], материально-технические и информационные ресурсы образовательной организации, финансовое состояние организации, потенциальных работодателей и самих обучающихся (в случае, если они выступают соинвесторами своего образования).

Вопросам адаптивного управления образовательным процессом посвящены исследования многих ученых как с позиции информатизации [4 – 7], так и с точки зрения педагогики [8]. Например, в работах [9, 10] рассмотрены основные типы математических моделей контроля качества образовательного процесса, представлена методика вычисления интегральной оценки потенциала и результативности вуза с использованием функционалов различных типов (например, функционал оценки степени участия вуза в научных исследованиях, информационного обеспечения учебно-научного процесса, материальной базы вуза и т.д.).

В работе [11] построена теоретико-множественная модель образовательного процесса, учитывающая характеристики не только студентов и преподавателей, но и влияние работодателя, референтных групп и государства на образовательный процесс. Полученные в ходе исследований соотношения позволяют определить необходимые ресурсы для получения «качественного» молодого специалиста.

При реализации адаптивного управления неизбежно встает вопрос выбора между некоторыми альтернативами (курсами, дисциплинами, формами проведения занятий и т.д.), решаемый интеграцией методов поддержки принятия решений [12]. Использование баз знаний экспертов, семантических и нейронных сетей позволяет автоматизировать принятие решений по выбору необходимого набора дисциплин с учетом текущих условий и имеющихся экспертных данных.

Для осуществления моделирования адаптивной системы управления профессиональным образованием рассмотрим основные процессы в данной предметной области. Входной информацией для модели являются требования рынка труда (в виде величины спроса на специалистов, готовых к выполнению определенных трудовых функций) и профессиональных стандартов, детерминирующих компонентный состав формируемых компетенций, личностные характеристики студентов (способности, знания, умения, навыки, т.е. характеристики студента как объекта образования), потребности личности (пожелания к формируемым компетенциям, целевые установки субъекта образования). На выходе модели – измененная структура основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) в виде набора учебных дисциплин, их трудоемкости и форм освоения, которая с некоторой степенью (определяемой выбранным критерием оптимальности) реа-

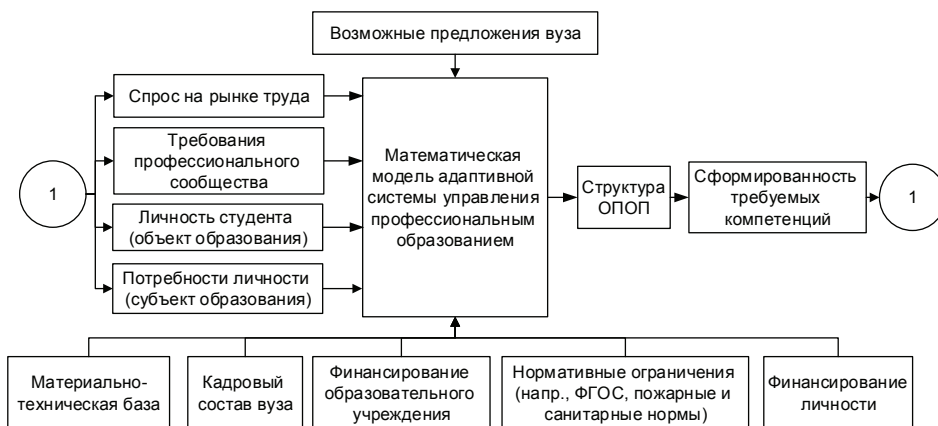


Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы управления профессиональным образованием

лизует требования входных переменных. На модель накладывается множество условий и ограничений, а также осуществляется управляющее воздействие факторов, влияющих как на личность студента в процессе обучения, так и на образовательный процесс. На рис. 1 представлена структурная схема адаптивной системы управления профессиональным образованием.

Процесс обучения является итерационным, сформированные в ходе обучения компетенции оказывают непосредственное влияние на входные переменные, особенно на личность студента. Поэтому остро встает проблема осознания студентом на последних курсах необходимости в изучении дополнительных, нужных ему дисциплин, или вообще в переходе на другую специальность.

Многочисленные факторы, оказывающие управляющее воздействие на процесс обучения, можно разделить на две категории: влияющие на личность студента (рис. 2) и организацию образовательного процесса (рис. 3).

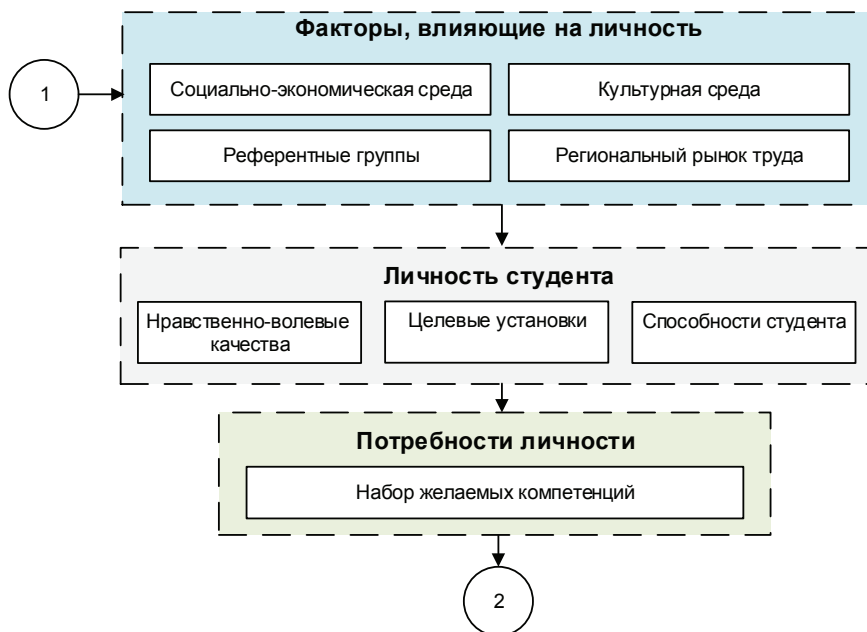


Рис. 2. Факторы, влияющие на личность студента

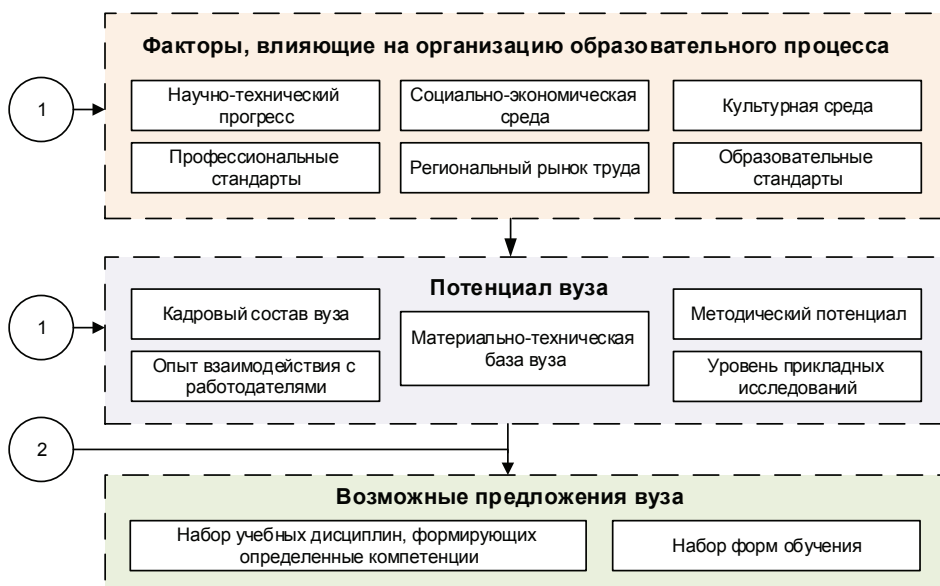


Рис. 3. Факторы, влияющие на организацию образовательного процесса

Отметим, что составные элементы данных схем напрямую зависят от результатов процесса обучения: сформированные у студента компетенции влияют на его окружение – референтные группы, рынок труда, культурную, социальную среду и т.д. Данная обратная связь приводит к изменению целевых установок, способностей студента, и, следовательно, новому набору необходимых дисциплин, удовлетворяющих уже новым требованиям общества и потребностям личности.

Изменение в наборе желаемых компетенций оказывает непосредственное влияние на процесс формирования учебных дисциплин и выбираемых форм обучения. Естественно, что формирование компетенций личности оказывает влияние на потенциал вуза и факторы, влияющие на организацию образовательного процесса.

Рассмотрев основные компоненты адаптивной системы управления профессиональным образованием, перейдем к ее формализации в виде математической модели. Начнем с вербальной постановки задачи, которая будет звучать следующим образом: необходимо найти такой набор дисциплин при выполнении поставленных условий и требований к вырабатываемым компетенциям, при которых выбранный критерий оптимальности достигнет своего максимума.

Запишем основные понятия математической модели адаптивной системы управления профессиональным образованием в формализованном виде. На модель воздействуют управляющие воздействия двух типов:

- факторы, влияющие на личность студента как субъект образования,

$$\Phi_{\text{л}} = (\text{СЭС}, \text{КС}, \text{РГ}, \text{РТ}).$$

- факторы, влияющие на организацию образовательного процесса,

$$\Phi_{\text{о}} = (\text{ПС}, \text{ОС}, \text{НТП}, \text{РТ}, \text{СЭС}, \text{КС}),$$

где СЭС – социально-экономическая среда; КС – культурная среда; РГ – референтные группы; РТ – множество требований регионального рынка труда; ПС – множество требований профессиональных стандартов; ОС – множество требований образовательных стандартов; НТП – научно-технический прогресс.

Рассмотрим входные переменные. Личность студента характеризуется следующими параметрами:

$$Л = (НВК, ЦК, СЛ),$$

где НВК – нравственно волевые качества; ЦК – целевые установки; СЛ – способности студента.

Отметим, что способности личности являются ее характеристикой как объект образования, но в то же время во многом определяют и потребности личности (как субъекта образования). Три вышеперечисленных параметра определяют множество обучающегося, выраженные некоторым множеством компетенций

$$(НВК, ЦК, СЛ) \rightarrow K^Л,$$

где $K^Л$ – множество компетенций, востребованных студентом.

Аналогично, множеству требований профессиональных стандартов и регионального рынка труда соответствуют наборы компетенций:

$$ПС = (ПС^{тек}, ПС^{пл}), ПС \rightarrow K^{ПС};$$

$$РТ = (РТ^{тек}, РТ^{пл}, РТ^{дем}), РТ \rightarrow K^{РТ},$$

где $K^{ПС}$, $K^{РТ}$ – множество компетенций, необходимых для осуществления трудовой функции в соответствии с профессиональным стандартом и требованиями рынка труда соответственно; $ПС^{тек}$, $ПС^{пл}$ – требования действующих (текущих) и планируемых (разрабатываемых) профессиональных стандартов; $РТ^{тек}$, $РТ^{пл}$, $РТ^{дем}$ – текущие потребности, планируемые потребности на будущий период, требования по демографическим показателям (минимальный и максимальный набор) регионального рынка.

Вышеперечисленные множества компетенций объединены во множество всех компетенций K :

$$K = K^Л \cup K^{ПС} \cup K^{РТ};$$

$$K = \{k_i\},$$

где k_i – некоторая компетенция.

Также на модель действуют следующие ограничения: МТБ – материально-техническая база вуза; КСВ – кадровый состав вуза; ФОУ – финансирование образовательного учреждения; ФЛ – финансовые возможности личности; НО – нормативные ограничения (требования ФГОС ВО, нормативно-правовые документы, регламентирующие организацию образовательного процесса, требования органов государственной власти, например, санитарно-эпидемиологической службы и т.п.).

Рассмотрим выходной параметр модели – набор дисциплин в виде структуры ОПОП, который представим множеством

$$Д = \{d_j\}, \quad d_j = (K_j^Д, ФО, ТХ, ТЕ),$$

где d_j – дисциплина, включающая в себя следующие параметры: $K_j^Д$ – набор формируемых дисциплиной компетенций; ФО – формы организации обучения; ТХ – используемые образовательные технологии; ТЕ – трудоемкость освоения.

В формализованном виде постановка задачи звучит следующим образом: необходимо найти такую структуру $Д$ основной профессиональной образовательной программы с соответствующим ей множеством реализуемых дисциплинами компетенций K , что целевая функция достигнет максимума:

$$\Phi(Д) \rightarrow \max,$$

при выполнении ограничений:

$$K_j^D \subset K^L \cup K^{PC} \cup K^{PT};$$

$$MTB(D) \leq MTB_0;$$

$$KCB(D) \leq KCB_0;$$

$$FOU(D) \leq FOU_0;$$

$$FL(D) \leq FL_0;$$

$$HO(D) \in HO_0,$$

где $MTB(D)$, $KCB(D)$, $FOU(D)$, $FL(D)$, $HO(D)$ – функции, возвращающие значения необходимой материально-технической базы, кадрового состава вуза, финансирования образовательного учреждения, личности и нормативных ограничений при заданном наборе дисциплин D ; MTB_0 , KCB_0 , FOU_0 , FL_0 – заданные граничные условия на соответствующие ограничения; HO_0 – множество заданных нормативных ограничений.

Определить оптимальный набор дисциплин, а также критерий их оценки $\Phi(D)$, можно различными способами. Рассмотрим некоторые из них.

Критерий максимального соответствия поставленным требованиям. Критерий $\Phi(D)$ достигает максимума, когда набор D выбранных дисциплин позволяет максимально возможно реализовать необходимые компетенции, заданные множествами K^L , K^{PC} , K^{PT} .

$$\Phi(D) = \bigcup (K_j^D) \cap (K^L \cup K^{PC} \cup K^{PT}),$$

а каждому элементу k_i множества компетенций будет ставиться в соответствие экспертная оценка o_i , соответствующая важности данной компетенции для общей оценки критерия:

$$O(K): k_i \rightarrow o_i, \quad k_i \in K,$$

тогда получим

$$\Phi(D) = \frac{\sum O(K_j^D)}{O(K^L) + O(K^{PC}) + O(K^{PT})}.$$

Критерий максимальной ценности выбранных дисциплин. В данном случае набор дисциплин D задается на основе продукционных правил:

ЕСЛИ существует требование T , ТО необходимо включить дисциплины $\{d_j\}$ в набор D всех дисциплин, при условии, что компетенции K_j^D реализуют требование T .

Таким образом, формируется набор дисциплин, полностью покрывающих все заданные потребности и требования.

Критерий $\Phi(D)$ достигает максимума, когда выбранное подмножество дисциплин $D^* \in D$, реализующее множество компетенций $K_{D^*}^*$, обеспечивает максимальное значение экспертной оценки

$$\Phi(D) = \sum O(K_j^D)$$

при ограничении на количество дисциплин

$$D^* \leq D^{\max},$$

где D^{\max} – задано требованиями к максимальному числу курсов и занятий у обучающихся и ограничением кадрового состава вуза.

Комплексный критерий соответствия поставленным требованиям. Экспертная оценка может складываться из отдельных оценок соответствия требований разных категорий:

$$\Phi(D) = \sum O(K_j^D) = \sum O_L(K_j^D) + \sum O_{ПС}(K_j^D) + \\ + \sum O_{РТ}(K_j^D) + \sum O_3(K_j^D) + \sum O_B(K_j^D),$$

где $O_L(K_j^D)$ – оценка компетенций дисциплины на соответствие пожеланиям и возможностям личности обучающегося; $O_{ПС}(K_j^D)$ – оценка компетенций дисциплины на соответствие требованиям профессиональных стандартов; $O_{РТ}(K_j^D)$ – оценка компетенций дисциплины на соответствие требованиям регионального рынка труда; $O_3(K_j^D)$ – оценка компетенций дисциплины по экономическим затратам на ее создание и конечную реализацию; $O_B(K_j^D)$ – оценка компетенций дисциплины по времени на ее разработку и внедрение в учебный процесс.

Каждая оценка нормирована и меняется в диапазоне от 0 до 1. Для каждой оценки введем весовые коэффициенты, определяющие ее важность в рамках решаемой задачи: λ_L , $\lambda_{ПС}$, $\lambda_{РТ}$, λ_3 , λ_B – коэффициенты для оценки $O_L(K_j^D)$, $O_{ПС}(K_j^D)$, $O_{РТ}(K_j^D)$, $O_3(K_j^D)$ и $O_B(K_j^D)$ соответственно.

Тогда критерий $\Phi(D)$ определим по формуле

$$\Phi(D) = \sum \left(\lambda_L O_L(K_j^D) + \lambda_{ПС} O_{ПС}(K_j^D) + \lambda_{РТ} O_{РТ}(K_j^D) + \lambda_3 O_3(K_j^D) + \lambda_B O_B(K_j^D) \right).$$

Выбирая нужный критерий и варьируя весовые коэффициенты в зависимости от факторов макросреды образования, решим задачу оптимизации структуры ОПОП, что позволит обеспечить максимальную удовлетворенность как работодателей, так и отдельных студентов в получении качественного конкурентоспособного образования.

Заключение

В статье рассмотрены вопросы математического моделирования адаптивной системы управления профессиональным образованием. Проведен анализ предметной области и сформирован перечень основных элементов системы, а также факторов, влияющих на выбор тех дисциплин и форм обучения, необходимых как с точки зрения студента, так и образовательного учреждения, общества, рынка труда. Выбранные факторы сгруппированы по двум категориям в соответствии с областью их влияния на личность студента и непосредственно на образовательный процесс.

В соответствии с разработанной структурной схемой адаптивной системы управления профессиональным образованием осуществлен анализ и формализация основных объектов системы, ограничений, поставлена задача оптимизации и предложено несколько вариантов критерия оптимизации, выбор которых осуществляется в зависимости от требований к разрабатываемой адаптивной системе.

Список литературы

1. Особенности проектирования методики формирования инновационной компетенции на основе использования встраиваемого модуля / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. – 2016. – Т. 20, № 4 (85). – С. 493–506. doi: 10.15507/1991-9468.085.020.201604.493-506
2. Попов, А. И. Методические вопросы разработки адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся / А. И. Попов, Д. В. Поляков // Эко-потенциал. – 2016. – № 3 (15). – С. 18–28.
3. Попов, А. И. Преподаватель вуза как организатор творческого саморазвития студента / А. И. Попов // Alma-mater (Вестн. высш. школы). – 2013. – № 9. – С. 48–51.
4. Коськин, А. В. Информационная макро модель развития образовательной среды / А. В. Коськин // Вестн. Тамб. гос. тех. ун-та. – 2004. – Т. 10, № 2. – С. 586–590.
5. Проектирование информационных систем управления документооборотом научно-образовательных учреждений : монография / М. Н. Краснянский [и др.]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2015. – 216 с.
6. Разработка информационной системы электронного документооборота управления фундаментальных и прикладных исследований / М. Н. Краснянский [и др.] // Вестн. Тамб. гос. тех. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 216–230. doi: 10.17277/vestnik.2015.02.pp.216-230
7. Крюков, В. В. Информационные технологии в университете: стратегия, тенденции, опыт / В. В. Крюков, К. И. Шахгельдян // Университет. управление: практика и анализ. – 2012. – № 4. – С. 101–112.
8. Бахвалов, С. В. Применение онтологического моделирования в задачах организации учебного процесса вуза / С. В. Бахвалов, О. Г. Берестнева, О. В. Марухина // Онтология проектирования. – 2015. – Т. 5, № 4 (18). – С. 387–398. doi: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-387-398
9. Ризен, Ю. С. Математическое моделирование образовательного процесса в оценке качества деятельности вуза / Ю. С. Ризен, А. А. Захарова, М. Г. Минин // Информ. общество. – 2014. – № 3. – С. 25–33.
10. Ризен, Ю. С. Функционалы оценки показателей результативности вуза / Ю. С. Ризен, А. А. Захарова // Проблемы соврем. науки и образования. – 2014. – № 11 (29). – С. 5–12.
11. Давыдова, Е. М. Модель образовательного процесса / Е. М. Давыдова // Докл. Томского гос. университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – № 4 (30). – С. 177–181.
12. Бова, В. В. Методы поддержки принятия решений в построении адаптивных моделей образовательных процессов / В. В. Бова // Изв. ЮФУ. Техн. науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 221–225.

Mathematical Modeling of the Adaptive Control System for Professional Education

M. N. Krasnyansky¹, A. I. Popov², A. D. Obukhov¹

*Departments: "Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering" (1),
"Equipment and Technologies of Nanoproduction" (2), TSTU, Tambov, Russia;
olimp_popov@mail.ru*

Keywords: adaptive control; competence-based approach; labor market; main professional educational program; needs of an individual; optimization; professional education.

Abstract: The paper raises the issues of improving the quality of higher education and providing opportunities for students to design their educational trajectory through the maximum use of the potential of an educational institution. The authors take into account the dynamics and trends in the development of the regional labor market, the abilities and needs of an individual. The research is based on the use of a competent-based methodological approach in the analysis of the professional education system.

The key factors of the macro-environment of education and their indicators, components of the professional education system and their interrelation are revealed. The formalization, mathematical modeling, and the methodology for designing an adaptive control system for professional education have been carried out. The problem of optimization of the basic professional educational program is set and several solutions for its optimization proposed. This ensures the maximum satisfaction of both the employers' and the individual's needs in high-quality competitive education.

The presented scientific research can serve as a basis for design and realization of information control systems in professional education both on the regional and all-Russian levels.

References

1. Naumkin N.I., Grosheva E.P., Kondrat'eva G.A., Panyushkina E.N., Kupryashkin V.F. [Specifics of Elaborating Methodology to Teach Innovative Competence Using Embeddable Module], *Integratsiya obrazovaniya* [Integration of Education], 2016, vol. 20, no. 4 (85), pp. 493-506, doi: 10.15507/1991-9468.085.020.201604.493-506 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Popov A.I., Polyakov D.V. [Methodical Questions of Development of Adaptive Information System of Support of Creative Work of Students], *Eko-potentsial* [Eco-potential], 2016, no. 3(15), pp. 18-28. (In Russ.)

3. Popov A.I. [Teacher of high school as the organizer of students' creative self-development] *Alma-mater (Vestnik Vysshey Shkoly)* [Alma-mater (High School Herald)], 2013, no. 9, pp. 48-51. (In Russ.)

4. Kos'kin A.V. [Information Macromodel of the Educational Environment Development], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2004, vol. 10, no. 2, pp. 586-590. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Krasnyanskii M.N., Karpushkin S.V., Ostroukh A.V., Obukhov A.D., Kasatonov I.S., Bukreev D.V., Karpov S.V., Dedov D.L. *Proektirovanie informatsionnykh sistem upravleniya dokumentooborotom nauchno-obrazovatel'nykh uchrezhdenii* [Designing information systems for document management of scientific and educational institutions], Tambov: Izdatel'stvo FGBOU V O "TGTU", 2015, 216 p. (In Russ.)

6. Krasnyanskii M.N., Obukhov A.D., Karpushkin S.V., Ostroukh A.V. [Development of Information System of Electronic Document Control Basic and Applied Research], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 216-230, doi: 10.17277/vestnik.2015.02.pp.216-230 (In Russ., abstract in Eng.)

7. Kryukov V.V., Shakhgelyan K.I. [Information technology at the university: strategy, trends and experience], *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis], 2012, no. 4, pp. 101-112. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Bakhvalov S.V., Berestneva O.G., Marukhina O.V. [Ontological modeling applied to problems of university educational process organization], *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of design], 2015, vol. 5, no. 4 (18), pp. 387-398, doi: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-387-398 (In Russ., abstract in Eng.)

9. Rizen Yu.S., Zakharova A.A., Minin M.G. [Mathematical Modeling of the Educational Process in Assessing the Quality of a Higher Education Institution's Operation], *Informatsionnoe obshchestvo* [Information Society], 2014, no. 3, pp. 25-33. (In Russ.)

10. Rizen Yu.S., Zakharova A.A. [Functional assessment of performance indicators of the university] *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya* [Problems of Modern Science and Education], 2014, no. 11, pp. 5-12. (In Russ., abstract in Eng.)

11. Davydova E.M. [Educational process model taking into account the requirements of an employer], *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki* [Proceedings of TUSUR University], 2013, no. 4 (30), pp. 177-181. (In Russ., abstract in Eng.)

12. Bova V.V. [Decision-making supporting methods in construction of adaptive models of educational processes], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2008, no. 4 (81), pp. 221-225. (In Russ.)

Mathematische Modellierung des anpassungsfähigen Systems der Steuerung von der Berufsausbildung

Zusammenfassung: Es ist die Lösung der Problem Momente der Erhöhung der Qualität der Hochschulausbildung und der Versorgung der Möglichkeit der Studierenden für die Projektierung ihrer Ausbildungsbahn mittels der maximalen Benutzung des Potentials der Ausbildungsinstitution unter Berücksichtigung der Dynamik und der Tendenzen der Entwicklung des regionalen Arbeitsmarktes, der Fähigkeiten und der Bedürfnisse der Persönlichkeit betrachtet. Die durchgeführten Forschungen stützen sich auf die Nutzung des methodologischen Kompetenzherangehens bei der Analyse des Funktionierens des Systems der Berufsausbildung. Es sind die Schlüsselfaktoren der Makroumgebung der Ausbildung und ihre Indikatoren, die Komponenten des Systems der Berufsausbildung und ihre Wechselbeziehung enthüllt. Es sind die Formalisierung und die mathematische Modellierung verwirklicht, und es ist die Methodologie der Projektierung des anpassungsfähigen Steuersystems von der Berufsausbildung rechtfertigt. Es ist die Aufgabe der Optimierung des wesentlichen professionellen Ausbildungsprogramms gestellt und es sind einige Variante des Kriteriums der Optimierung vorgeschlagen, die die maximale Zufriedenheit sowohl für die Gesellschaft der Arbeitgeber als auch des Individuums im Erhalten der qualitativen konkurrenzfähigen Ausbildung gewährleisten. Die dargelegten wissenschaftlichen Forschungen können als Grundlage bei der Projektierung und der Realisierung der informativen Steuersysteme von der Berufsausbildung sowohl des regionalen als auch des allrussischen Niveaus dienen.

Modélisation mathématique du système adaptatif de la gestion de l'enseignement professionnel

Résumé: Est considérée la résolution des moments à problèmes de l'augmentation de la qualité de l'enseignement supérieur et de l'assurance de la possibilité de projeter les activités d'éducation des étudiants par le biais de l'utilisation maximale de la capacité de l'établissement de l'enseignement tenant compte de l'évolution et des tendances du développement régional du marché du travail, des

facultés et des besoins de l'individu. Les études s'appuient sur l'emploi de l'approche méthodologique de compétence lors de l'analyse du fonctionnement du système de l'enseignement professionnel.

Sont déduits des principaux facteurs-clés de l'environnement et leurs indicateurs, les composants du système de la formation professionnelle et leur relation mutuelle. Sont exécutées la formalisation et la modélisation mathématique; est argumentée la méthodologie de la conception du système adaptatif de la gestion de l'enseignement professionnel. Est mise la tâche de l'optimisation du programme principal de l'éducation; sont proposés plusieurs critères d'optimisation permettant d'assurer au maximum la satisfaction des employeurs ainsi que des individus dans l'obtention de l'enseignement performant et compétitif.

Les études présentées peuvent servir de base lors de la conception et la mise en œuvre des systèmes d'information de la gestion de la formation professionnelle du niveau régional et national.

Авторы: *Краснянский Михаил Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ректор ФГБОУ ВО «ТГТУ»; *Попов Андрей Иванович* – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», начальник отдела электронного обучения; *Обухов Артём Дмитриевич* – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Литовка Юрий Владимирович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.
