

## ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ, ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Шухман А.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, e-mail: shukhman@gmail.com

Статья описывает подходы к моделированию, проектированию и реализации непрерывных образовательных программ для отрасли информационных технологий (ИТ). Содержание обучения определяется системой обобщенных профессиональных компетенций. Образовательные уровни соответствуют уровням компетенций. Многоуровневая система включает в себя пять образовательных уровней: краткосрочные профессиональные образовательные программы (возможно, реализуемые в средней школе), программы среднего профессионального обучения, программы бакалавриата, магистерские программы, программы аспирантуры. Реализуемая образовательная система делает возможным использование индивидуальных образовательных траекторий как в рамках одной образовательной программы, так и при переходе с одного уровня на другой. Алгоритм проектирования индивидуальных образовательных траекторий основан на модели содержания образования и образовательного процесса в виде сети Петри. Результаты исследования могут применяться в интегрированных системах среднего и высшего профессионального образования, включая аспирантуру.

Ключевые слова: профессиональные образовательные программы, подготовка ИТ-специалистов, система профессиональных компетенций, индивидуальные образовательные траектории

## APPROACHES TO MODELING, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF CONTINUOUS EDUCATIONAL PROGRAMS FOR IT SPECIALISTS

Shukhman A. E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orenburg State University, 460018, Orenburg, Pobedy Ave. 13, e-mail: shukhman@gmail.com

The article describes approaches to modeling, construction and implementation of continuous educational programs for information technology (IT) industry. The training content is determined by the system of generalized professional competencies. The educational levels correspond to the competency levels. The multilevel system includes five educational levels: primary professional training programs (perhaps at high school), secondary vocational programs, bachelor programs, master programs, and postgraduate programs. The implemented educational system makes it possible to use individual learning paths both in one educational program and during the transition between educational levels. The algorithm of design of individual educational paths is based on model of the content of education and educational process in the form of Petri's network. Results of research can be applied in the integrated systems of professional education, including postgraduate level.

Keywords: professional educational programs, training of IT specialists, system of professional competencies, individual learning paths

Отрасль информационных технологий (ИТ) постоянно сталкивается с дефицитом высококвалифицированных кадров, так как уровень подготовки выпускников часто не соответствует требованиям работодателей. В значительной степени это несоответствие определяется интенсивным обновлением условий труда и технологий, постоянными изменениями в номенклатуре профессий и в содержании профессиональных компетенций специалистов. Как правило, набор требуемых компетенций для конкретного рабочего места в отрасли ИТ не соответствует полностью ни одной образовательной программе. Наиболее востребованы специалисты широкого спектра компетенций, которые одинаково хорошо

разбираются в различных областях ИТ, способны быстро перестраиваться, постоянно совершенствовать уровень своей компетентности [4].

Для решения проблем, стоящих перед системой подготовки специалистов, требуется внести принципиальные изменения в структуру и содержание подготовки для обеспечения гибкости образовательной системы, возможности опережающего реагирования на потребности работодателей и конкретных студентов. В настоящее время профессиональное обучение в России осуществляется в соответствии с Федеральными образовательными стандартами по специальностям среднего профессионального образования и направлениям высшего образования. Стандарты нового поколения не включают жестких требований к содержанию обучения, предусматривают в образовательных программах значительную вариативную часть, что дает возможность гибко менять содержание обучения. Однако образовательные стандарты и программы подготовки на различных уровнях часто не согласованы, основаны на несовместимых системах компетенций, что приводит к проблемам при обеспечении преемственности образовательных программ разных уровней, реализации возможности обучения в более короткие сроки и поддержки индивидуальных образовательных траекторий обучающихся.

Предлагаемый в настоящей статье подход к моделированию и проектированию содержания образовательных программ профессионального образования основан на разработке единой системы профессиональных компетенций.

Научная проблема, определившая направление исследований, состоит в необходимости систематизации профессиональных компетенций и их интеграции в обобщенные типы, что позволит установить подходы к моделированию и проектированию образовательных программ на различных ступенях профессионального образования, обладающих свойствами преемственности, вариативности, а также согласованности с профессиональными стандартами соответствующих отраслей экономики. Анализ отечественных и зарубежных профессиональных стандартов и квалификационных систем показал, что их невозможно непосредственно использовать для разработки содержания образовательных программ, поскольку в качестве квалификационных характеристик используются знания, умения и навыки, а не интегрированные компетенции. Существует необходимость в моделировании структуры профессиональных компетенций, выделении уровней компетенций, разработке квалификационных характеристик каждой профессии на основе определения достаточного уровня компетенции.

### **Методы исследования**

Основополагающим для нашего исследования является компетентностный подход, основанный на понятиях компетенции и компетентности [8]. Компетентностный подход

определяет результаты обучения в терминах профессиональных компетенций. Компетенция как сложный объект состоит из содержательных компонентов: знаний, умений, навыков, ценностей, опыта [9]. Содержательные компоненты компетенции обычно сгруппированы по нескольким иерархическим уровням, определяющим степень самостоятельности и ответственности соответствующих видов деятельности.

Существуют различные подходы к выделению уровней компетенций. Часто выделяют уровни, соответствующие уровням результатов обучения в таксономии Блума [7]. В предыдущих публикациях мы предложили структуру системы компетенций для инновационных отраслей экономики, основанную на результатах профессиональной деятельности персонала [2].

Сопоставление результатов деятельности, видов деятельности и уровней образования позволило выделить пять уровней компетенций, включенных друг в друга по мере усложнения, нарастающих по функционалу, сложности и самостоятельности достижения результата.

Нами разработана методика формирования системы обобщенных компетенций, включающая предварительное формирование перечня компетенций и их содержания на основе профессиональных и образовательных стандартов, установление субъектов, актуализирующих содержание обобщенных компетенций, описание взаимодействия с субъектами для уточнения роли и ресурсов каждого из них при формировании системы обобщенных компетенций, анкетирование субъектов для уточнения структуры и содержательного наполнения обобщенных компетенций, корреляционный анализ представлений субъектов и коррекцию содержания обобщенных компетенций [2].

Значительные трудности вызывает задача отнесения единиц профессионального стандарта (знаний, умений, навыков), которые выступают результатами образовательной программы, к определенным профессиональным компетенциям, а также к их конкретным уровням. На начальной стадии формирования структуры компетенций мы предлагаем использовать статистические методы, относящиеся к кластерному анализу. Первоначальное выделение кластеров, которые служат основой будущих компетенций, может производиться на основе экспертных оценок содержания профессиональных стандартов. Для кластеризации может использоваться метод  $k$ -средних. В качестве центров кластеров выбираются элементы, имеющие только одну ненулевую компоненту по мнению всех экспертов (т.е. заведомо принадлежащие заданной компетенции).

Содержание образовательных программ проектируется на основе содержания заданного уровня профессиональных компетенций специалиста. Каждому уровню компетенций соответствует определенный уровень профессионального образования:

краткосрочная подготовка, среднее профессиональное образование, бакалавриат, магистратура, аспирантура [3]. Профили подготовки на каждом уровне профессионального образования соответствуют основным профессиям отрасли ИТ.

Для отрасли ИТ необходимо разработать содержание системы компетенций и определить матрицу соответствия профессий и определенных уровней профессиональных технологических компетенций. Матрица позволяет выявить набор компетенций, которые должны быть сформированы образовательной программой по конкретному профилю. На основе этого набора компетенций становится возможным определить дисциплины вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы.

Каждая образовательная программа профессионального образования включает как обязательные дисциплины и модули, так и курсы по выбору. Каждый студент создает свою индивидуальную образовательную траекторию, выбирая курсы в начале учебного года или семестра. Чаще всего курсы выбираются недостаточно осознанно, без учета требований к будущей квалификации выпускника.

Мы разработали эффективные методы проектирования и сопровождения индивидуальных образовательных траекторий студентов в региональной многоуровневой системе профессионального образования, обеспечивающие осознанное достижение результатов обучения в виде востребованных на рынке труда компетенций [10]. При этом вводится два уровня при выборе траектории. Первый предполагает выбор направления подготовки и профиля образовательной программы на определенном уровне профессионального образования, второй определяет выбор дисциплин в вариативной части образовательной программы.

В качестве базы для конструирования образовательных траекторий использована модель содержания образования на основе описанной выше системы обобщенных профессиональных компетенций, которая определяет результаты обучения на всех уровнях подготовки.

Модель содержания образования включает требования стандартов, содержание обобщенных профессиональных компетенций по уровням, перечень дисциплин основной образовательной программы, содержание дисциплин в виде дидактических единиц, а также взаимосвязь дисциплин и компетенций.

### **Результаты исследования**

Разработанная методика была использована при разработке структуры и содержания системы компетенций для отрасли ИТ. Предварительное формирование перечня и содержания обобщенных профессиональных компетенций производилось на основе профессиональных стандартов для отрасли ИТ. Российские профессиональные стандарты

включают в себя описание должностей и соответствующих им квалификационных уровней, видов трудовой деятельности, трудовых функций, требующих конкретных знаний, умений и навыков.

После выделения базовых компетенций было отмечено, что результаты обучения распределились по кластерам неравномерно. Так, наиболее перегруженными оказались кластеры «разработка программного обеспечения» и «ИТ-менеджмент». В результате каждый из этих кластеров была разделен на несколько компетенций, причем в первом случае объектом деления стало отнесение элемента к одной из стадий разработки ПО, во втором — объект управления.

Таким образом, выделены компетенции «Управление проектами», «Управление персоналом», «Взаимодействие с пользователями и заказчиками», «Анализ и моделирование бизнес-процессов», «Управление ресурсами» в укрупненной группе компетенций «ИТ-менеджмент» и компетенции «Сбор и анализ требований к ПО», «Проектирование ПО», «Разработка программного кода», «Тестирование и отладка ПО», «Сопровождение ПО» в укрупненной группе компетенций «Разработка ПО».

На следующих этапах на основе анализа мнений субъектов образовательного процесса (студентов, преподавателей и работодателей) содержание компетенций было уточнено и скорректировано. Разработанная система обобщенных компетенций для отрасли ИТ позволяет создавать преемственные образовательные программы для различных уровней профессионального образования.

На основе анализа стандартов общего образования и начального профессионального образования разработаны профильные образовательные программы информационно-технологического профиля для средней школы с профессиональной подготовкой в области ИТ.

Теоретическая часть подготовки реализуется за счет профильных дисциплин (математики, информатики и физики) и дисциплин по выбору учебного плана. Практическая часть подготовки (учебная и производственная практика) осуществляется в рамках внеучебной проектной, научно-познавательной и общественно-полезной деятельности старшеклассников. Результаты профессиональной подготовки формулируются в виде общекультурных и профессиональных компетенций. В старшей школе возможно формирование только двух начальных уровней каждой компетенции.

Разработаны программы профессиональной подготовки по профессиям «Мастер по обработке цифровых ресурсов» и «Настройщик компьютерных сетей». Разработанные программы соответствуют первому квалификационному уровню по востребованным профессиям отрасли ИТ «Специалист по информационным ресурсам» и «Системный

администратор». Разработанные программы прошли апробацию в школах и учреждениях дополнительного образования Оренбургской области в сотрудничестве с Оренбургским государственным университетом.

Разработанная методика была использована для конструирования многоуровневой системы подготовки в области ИТ [5]. Разработанная модель подготовки бакалавров позволяет готовить специалистов по шести наиболее востребованным базовым профессиям для отрасли ИТ: «Специалист по информационным ресурсам», «Системный администратор», «Программист», «Администратор баз данных», «Специалист по информационным ресурсам», «Системный аналитик». Установлено соответствие между уровнями профессиональных компетенций и квалификационными уровнями для каждой профессии. Для структурирования дисциплин подготовки предлагается использовать блочно-модульный подход. При разработке блочно-модульной структуры профессиональной подготовки блоки соответствуют основным профессиональным компетенциям (или укрупненным группам компетенций). Каждый блок содержит отдельные модули подготовки, соответствующие определенным темам, выделенным для некоторых компетенций на основе их сложной внутренней структуры.

Каждый модуль содержит теоретическую часть и практическую часть, которой соответствует определенный набор заданий учебной и производственной практики. Предложен алгоритм разработки содержания модулей подготовки на основе содержания профессиональных компетенций, обоснована технология разработки основной образовательной программы. Единая система компетенций для образовательных программ для всех уровней подготовки приводит к тому, что структура программ на каждом уровне становится сходной. Такая система подготовки может реализовываться эффективно при использовании фрактальной модели образования [1].

В качестве основы для моделирования индивидуальной образовательной траектории использована модель на основе сетей Петри [10]. В качестве позиций сети Петри выступают результаты обучения (содержательные единицы компетенций), переходам в сети соответствуют отдельные дисциплины, модули, курсы образовательных программ в региональной системе образования. Связи в сети Петри определяются на основе зависимостей между результатами обучения и курсами: для освоения курса требуется начальный уровень знаний, умений и навыков, также после освоения курса будет достигнут определенный уровень знаний, умений и навыков. Уровень компетенций студента задается в виде маркировки сети Петри, процесс обучения состоит в изменении маркировки путем осуществления последовательности переходов в сети. Дополнительные вершины

добавляются при группировке дисциплин, а также в ситуации, когда компетенция формируется целым набором дисциплин.

Поиск оптимальной образовательной траектории сводится к поиску оптимального пути в дереве достижимости сети Петри. Предложен эвристический алгоритм построения траектории как пути в графе состояний сети Петри. Алгоритм оптимизирован в сравнении с полным обходом дерева достижимости. Проведен анализ корректности работы алгоритма, получены необходимые и достаточные условия для существования индивидуальных образовательных траекторий, предложены методы для их проверки.

Рассмотрены два различных критерия оптимизации индивидуальных образовательных траекторий: первый – достижение максимального уровня компетенций, выраженного в количестве формируемых знаний, умений и навыков, включающих обязательный результат обучения при заданных ограничениях; второй – минимизация суммарной трудоемкости дисциплин, необходимых для формирования обязательного результата обучения. В первом случае оптимизационная задача сводится к модификации задачи о рюкзаке – NP-полной задаче о рюкзаке с объединением множеств. Разработан приближенный алгоритм, имеющий квадратичную сложность, учитывающий взаимосвязи дисциплин образовательной программы, основанный на алгоритме [6]. Во втором случае оптимизационная задача сводится к NP-полной задаче о минимальном покрытии.

### **Обсуждение результатов и выводы**

Предложенные подходы к проектированию и моделированию многоуровневой непрерывной подготовки специалистов на основе единой системы профессиональных компетенций позволяют проектировать преемственные образовательные программы для различных уровней профессионального образования. При этом обеспечиваются согласованность программ различных уровней, максимальное соответствие квалификации выпускников потребностям работодателей.

Гибкость и индивидуальная настройка содержания программ достигаются за счет применения индивидуальных образовательных траекторий обучающихся как в рамках одной образовательной программы, так и образовательной системы в целом. Для оптимального проектирования и сопровождения индивидуальных образовательных траекторий студентов можно эффективно использовать информационную систему, основанную на модели содержания образования и процесса обучения в виде сети Петри.

Для студента разрабатываемая система даст возможность осознанно делать выбор направлений обучения, профилей, дисциплин внутри профиля, дополнительных образовательных программ с учетом имеющегося набора компетенций и заданного результата обучения.

Для работодателя разрабатываемая система предоставит возможности подбора выпускников с необходимыми компетенциями на основе анализа образовательных программ, формирования предварительного заказа на компетенции будущих выпускников, определения оптимальных путей для переподготовки персонала.

Предложенные в исследовании модели и методики могут быть использованы при разработке непрерывных образовательных программ в организациях, осуществляющих подготовку ИТ-специалистов, что приведет к повышению качества подготовки, востребованности выпускников на рынке труда.

### **Список литературы**

1. Белоновская И.Д., Баранов В.В. Фрактальные модели региональных университетских комплексов // Высшее образование в России. – 2013. – № 3. – С. 83–88.
2. Белоновская И.Д., Шухман А.Е., Морковина Э.Ф. Специфика разработки системы обобщенных профессиональных компетенций для подготовки работников инновационных отраслей экономики // Высшее образование сегодня. – 2012. – № 9. – С. 33–38.
3. Шухман А.Е., Белоновская И.Д., Цветкова К.Е. Модель непрерывной многоуровневой подготовки специалистов для инновационных отраслей экономики // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 2 (121). – С. 390–395.
4. Шухман А.Е. Перспективные направления подготовки ИТ-специалистов // Высшее образование в России. – 2009. – № 3. – С. 125–131.
5. Шухман А.Е. Разработка профильных программ подготовки бакалавров для отрасли информационных технологий // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 9 (115). – С. 216–220.
6. Arulselvan A. A note on the set union knapsack problem // Discrete Applied Mathematics – 2014 – № 169 – P. 214–218.
7. Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J., Hill W.H., Krathwohl D. R. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. – New York: David McKay Company, 1956.
8. Hall G.E. Competency-based Education: A Process for the Improvement of Education. – Prentice-Hall, 1976 – 376 p.
9. Hobart B., Lundberg D. Competency-based Education and Training: Between a Rock and a Whirlpool. – Macmillan Education, 1995. – 337 p.



10. Shukhman A., Belonovskaya I., Motyleva M. Individual learning path modeling on the basis of generalized competencies system //Proceedings of the 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) – P. 1023–1026.

**Рецензенты:**

Кириякова А.В., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой общей и профессиональной педагогики ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Белоновская И.Д., д.п.н., профессор, заместитель начальника учебно-методического управления ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.