УДК 37.02:303.09:378.14:502.31
DOI: 10.17277/vestnik.2015.01.pp.197-206

**ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКИ***

А. В. Козачек

*Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; mmtt_tambov@admin.tstu.ru*

Ключевые слова: внешние факторы; инженер-эколог; моделирование; модель; проектирование; содержание профессиональной подготовки.

Аннотация: Рассмотрена проблема неадекватности существующей модели проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога современным требованиям рынка эколого-образовательных услуг. В связи с этим ставится и решается задача разработки технологии моделирования процесса проектирования содержания профессиональной инженерно-экологической подготовки, учитывающей характеристики факторов внешней рыночной среды. Проведена апробация некоторых элементов указанной модели.

Деятельность инженера-эколога играет важнейшую роль в обеспечении экологического равновесия в природе и безопасности человека. Соответственно, большое внимание необходимо уделять содержанию профессиональной подготовки инженеров-экологов в вузах, которое должно способствовать формированию необходимого уровня профессиональной инженерно-экологической компетентности, что напрямую влияет на эффективность природоохранной работы, состояние окружающей среды и безопасность человеческого общества (рис. 1).

На волне таких обсуждений в 1977 году в СССР, в Тбилиси была проведена первая Всемирная конференция по экологическому образованию [1]. В документах данной конференции, так же как и в принятой на Конференции Рио-де-Жанейро 1992 года повестке дня на XXI век [2] было прямо указано на ведущую роль специалистов по охране окружающей среды в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития.

Профессиональная подготовка инженеров-экологов в нашей стране осуществляется с 1985 года. В конце 2009 года в России были утверждены государственные образовательные стандарты третьего поколения, в том числе и в сфере инженерно-экологической подготовки [3, 4]. Вузам было предоставлено право самостоятельно выбирать стратегию профессиональной подготовки студента, опираясь на собственный опыт и ресурсы. Однако, с течением времени проявилась проблема разработки технологии проектирования содержания инженерно-экологической подготовки в виде системы дидактических единиц, практически не отраженных в стандартах третьего поколения.

---

* По материалам доклада на конференции ММТТ-27 (см. Вестник ТГТУ, т. 20, № 4).

Рис. 1. Влияние содержания профессиональной подготовки эколога

На первом этапе проектирования содержания обычно осуществляется построение модели социального заказа на профессиональную подготовку инженера-эколога в вузе. Традиционная модель формирования содержания профессиональной подготовки представлена на рис. 2.

Такая модель позволяет учесть региональные особенности в содержании профессиональной подготовки инженера-эколога. Однако данная модель практически не позволяет произвести оценку ситуации на рынке эколого-образовательных услуг, определить в численном виде конкурентоспособность различных экологических специальностей, оценить другие рыночные факторы.

Необходимо отметить, что и современные федеральные государственные образовательные стандарты также не предлагают технологии учета ситуации на рынках образовательных услуг при проектировании содержания профессиональной подготовки специалистов. При этом необходимо отметить, что ФГОС третьего поколения, тем не менее, ориентирует вузы на рыночные механизмы.

В итоге, в настоящее время проявляются определенные противоречия в технологии проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога, связанные с ее несоответствием современным рыночным реалиям, что отмечается многими крупнейшими учеными и педагогами.

Рис. 2. Традиционная модель проектирования содержания профессиональной подготовки эколога в вузе

Возникает задача построения модели проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога в вузе, которая позволит обеспечить согласование содержания профессиональной подготовки эколога в вузах региона и задач профессиональной деятельности эколога с учетом особенностей рынка эколого-образовательных услуг (рис. 3).

Для решения данной задачи с 2009 года ведется разработка требуемой модели. Как одно из начальных условий в качестве рыночного субъекта рассматривается не вуз, а экологическое направление или специальность как квазиорганизация, самостоятельно действующая на рынке эколого-образовательных услуг. В рамках этого подхода предлагается на данном рынке выделять различные факторы микро- и макросреды, например, конкурентное давление направлений и специальностей и другие. Модель влияния выделяемых рыночных факторов представлена на рис. 4.

Будем считать, что результатом процесса проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога является система дидактических единиц, которую можно в целом рассматривать как определенным образом упорядоченную совокупность элементов научной и профессиональной информации по различным аспектам инженерной защиты окружающей среды. Эта система на практике может быть представлена следующим образом на уровнях:

- 1) проекта образовательного стандарта – как совокупность основных образовательных программ (ООП) направлений;
- 2) проекта образовательной программы – как совокупность учебных дисциплин;
- 3) проекта учебной (рабочей) программы дисциплины – как совокупность элементов научной и профессиональной информации по определенным аспектам инженерной защиты окружающей среды, характерным именно для этой дисциплины.

По нашему мнению, формируемая совокупность дидактических единиц в своем практическом применении в учебном заведении имеет целью формирование у студента необходимого уровня профессиональных компетенций. Иначе говоря, указанная совокупность должна быть ориентирована на выпускника. Соответственно, можно определить, что для процесса проектирования содержания профессиональной подготовки *входной информацией* будут являться требования к профессиональным компетенциям выпускника, а *выходными характеристиками* – совокупность дидактических единиц.

Рис. 3. Суть задачи построения модели оценки рынка эколого-образовательных услуг

Рис. 4. Модель влияния факторов внешней среды на рынке эколого-образовательных услуг

При этом необходимо отметить, что процесс проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога является непрерывным в течение всего образовательного цикла. Это связано с постоянным взаимодействием между вузом и работодателями, изменением рыночной конъюнктуры, появлением технологических и природозащитных инноваций и другими явлениями, приводящими к периодическому изменению входной информации. Соответственно, модель процесса проектирования содержания должна учитывать и возможные колебания входных характеристик $X_1(\tau)$, $X_2(\tau)$, ..., $X_n(\tau)$. При этом на сам процесс проектирования могут оказывать влияние различные факторы-ограничения внешней среды $F_1(\tau)$, $F_2(\tau)$, ..., $F_k(\tau)$, обеспечивающие заданную направленность процесса проектирования (например, законодательство в сфере образования, требования Болонских соглашений, рыночная конъюнктура и т.д.), а также выбранные проектировщиками и установленные государством методические факторы-ограничения $G_1(\tau)$, $G_2(\tau)$, ..., $G_d(\tau)$ (например, основные подходы, принципы, методы проектирования содержания) в рамках имеющихся «границ» реализации процесса.

Результаты проектирования должны проверяться на соответствие критериям качества K_1 , K_2 , ..., K_t , причем в случае соответствия результаты рекомендуются к внедрению в учебный процесс, а в случае несоответствия необходимо обеспечить новый «запуск» процесса проектирования содержания профессиональной подготовки с измененными входными переменными.

Получаемое соотношение предлагаем представить в виде соответствующей математической модели проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога

$$(Y_1, Y_2, \dots, Y_m) = f(X_1(\tau), X_2(\tau), \dots, X_n(\tau), F_1(\tau), F_2(\tau), \dots, F_k(\tau), G_1(\tau), G_2(\tau), \dots, G_d(\tau), K_1, K_2, \dots, K_t). \quad (1)$$

В схематическом виде данная модель представлена на рис. 5.

Из представленной модели следует, что для эффективной организации проектирования содержания профессиональной подготовки в вузе необходимо обеспечить выявление основных характеристик модели и существующих между ними взаимосвязей. При этом предлагаем считать, что характеристики $F_1(\tau)$, $F_2(\tau)$, ..., $F_k(\tau)$, $G_1(\tau)$, $G_2(\tau)$, ..., $G_d(\tau)$ обозначают совокупность всех факторов, опосредующих влияние внешней среды на процесс проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога.

Мы предлагаем обратить внимание на верхнюю часть указанной модели, а именно на факторы внешней среды, накладывающие определенные ограничения и предъявляющие определенные требования как к самому процессу проектирования содержания профессиональной инженерно-экологической подготовки, так и к входным и выходным его характеристикам. Данные факторы определяют изменения в современных требованиях к структуре содержания, поэтому их выделение и анализ имеют большое значение в педагогической практике.

Выделенные предпосылки нашли свое отражение в предлагаемых нами так называемых «факторных» принципах проектирования содержания, представленных на слайде. В качестве таких принципов можно отметить следующие:

1) процесс проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога должен быть направлен на формирование потенциала содержания профессиональной подготовки, величина которого выше либо как минимум равна (соответствует) предельно-допустимой величине потенциала, определяемого факторами рыночной среды (принцип соответствия);

2) в процессе проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога необходимо предусмотреть возможность четкого и обоснованного определения предельно-допустимой величины потенциала содержания профессиональной подготовки (принцип нормирования);

3) перед началом процесса проектирования содержания необходимо в численном виде четко определить и проанализировать внутренние и внешние факто-

Рис. 5. Модель процесса проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога

ры, определяющие уровни внутреннего и внешнего потенциалов и влияющие на успешность реализации содержания профессиональной подготовки инженера-эколога (принцип оценки).

Предлагаемые принципы определяют сущность так называемого факторно-аналитического подхода, общий смысл которого состоит в применении в процессе проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога системы принципов, методик и инструментов определения и количественной оценки внешних факторов с целью повышения эффективности проектирования и реализации содержания.

Из данных принципов следует и то, что в процессе проектирования содержания необходимо опираться не только на положения педагогической теории, но и экономической теории, теории конкуренции, организации и статистики.

В связи с отсутствием соответствующих методик анализа факторов внешней среды потребовалось теоретически обосновать и разработать принципиально новые методики, такие как, например, методика анализа факторов внешней среды, методика анализа факторов внутренней среды и т.д. В частности, была разработана технология численной оценки влияния факторов внешней среды на рыночные позиции экологических направлений и специальностей. Основой технологии стали специально разработанные индексы, характеризующие отдельные факторы конкурентной борьбы на рынке эколого-образовательных услуг. В числе таких индексов можно назвать, например, следующие:

1) индекс конкурентного давления вузов-поставщиков на рынке эколого-образовательных услуг

$$I_{\text{кдп}} = \frac{k_{\text{кдп}} V}{Q}, \quad (2)$$

где $k_{\text{кдп}}$ – параметр, учитывающий общепринятую (стандартную) численность одной академической группы в вузе; V – количество вузов, осуществляющих профессиональную подготовку по данному направлению или специальности, в течение исследуемого периода времени, шт.; Q – общая величина приема данное направление или специальность в течение исследуемого периода, чел.;

2) индекс конкурентного давления входящих на рынок эколого-образовательных услуг новых направлений и специальностей-конкурентов

$$I_{\text{кднк}} = \frac{k_{\text{кднк}} S}{Q}, \quad (3)$$

где $k_{\text{кднк}}$ – параметр, учитывающий среднюю численность студентов на одну группу однотипных специальностей образования (определяется для каждого направления и/или специальности отдельно); S – количество направлений и специальностей, существующих на данном рынке в течение исследуемого периода времени, шт.; Q – общая величина приема на данное направление или специальность в течение исследуемого периода, чел.;

3) индекс рыночной позиции отдельного действующего направления и специальности-конкурента на рынке эколого-образовательных услуг

$$I_{\text{дк}}^j = \frac{D^j}{D^{\text{max}}} + k_{\text{дк}}, \quad (4)$$

где D^j – доля рынка, занимаемая j -м направлением или специальностью в исследуемом периоде; D^{max} – максимальная доля рынка среди всех направлений или специальностей-конкурентов (за исключением j -х) в исследуемом периоде; $k_{\text{дк}}$ – параметр приведения границы между высокой и низкой относительными долями рынка от значения 0,75 к единице.

Также в рамках научного исследования был разработан ряд инструментов реализации факторно-аналитического подхода в виде алгоритмов, формул, диаграмм и т.д. Например, на рис. 6 представлена технология проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога с учетом необходимости оценки факторов внешней среды на рынке эколого-образовательных услуг. Главной стадией данного алгоритма является анализ рыночных позиций экологических специальностей через вышеуказанные индексы.

Разработанная модель была апробирована при анализе конкурентной ситуации на федеральном рынке эколого-образовательных услуг. Для получения необходимой для научного исследования информации нами проводился анализ теории и практики проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога, официальных статистических данных по рынку эколого-образовательных услуг и официальных статистических данных о состоянии окружающей среды в Российской Федерации и Тамбовской области. С этой же целью осуществлялось

Рис. 6. Алгоритм оценки факторов микросреды на рынке эколого-образовательных услуг

взаимодействие с предприятиями и организациями Тамбовской области и других регионов России. Примеры ретроспективного расчета динамики некоторых предложенных индексов на российском рынке эколого-образовательных услуг в 1996 – 2008 гг. представлены на рис. 7.

Используя полученные по данной модели результаты расчетов, можно выбрать соответствующую стратегию действий для интересующего направления или специальности. Например, проведенные расчеты ретроспективно позволили определить 2002 год как критическую точку ухудшения рыночных позиций экологических направлений и специальностей.

Таким образом, нами предложена модель данного процесса в условиях влияния внешних факторов на рынке эколого-образовательных услуг. Разработаны принципы оценки влияния рыночных факторов на процесс проектирования содержания профессиональной подготовки инженера-эколога в рамках реализации факторно-аналитического подхода. В этом состоит научная новизна исследования.

Предлагаемые в работе теоретические и методологические положения имеют следующие основные достоинства, что позволяет:

- 1) учесть все основные существующие на рынке образовательных услуг силы конкурентного давления;
- 2) провести качественную оценку рыночных позиций с определением положений соответствующих индексов больше или меньше единицы;
- 3) проводить проектирование на основе открытой статистической информации;
- 4) выбирать как экономические (поведение на рынке), так и педагогические (проектирование содержания) стратегии развития направления или специальности.

Необходимо отметить и возможные недостатки предложенных теоретических и методологических предпосылок:

1) возможна ситуация, когда не для всех направлений и специальностей можно будет получить соответствующие статистические данные из открытых источников; в этом случае придется проводить полевые исследования (например, оценивать величину приема на данную специальность в вузе-конкуренте);

2) имеется определенная субъективность в выборе стратегий; для того, чтобы точно выбирать между экономическими и педагогическими стратегиями или возможностью их совместного использования, нужно обладать определенным опытом педагогической и экономической деятельности.

Рис. 7. Ретроспективная динамика на рынке эколого-образовательных услуг:
а – индекс конкурентного давления вузов-поставщиков $I_{кдп}$; б – индекс конкурентного давления покупателей на рынке эколого-образовательных услуг $I_{кдп}$; 1 – индекс конкурентного давления покупателей; 2 – индекс рыночной позиции в связи с воздействием покупателей

Однако в целом предлагаемые теоретические и методологические положения достаточно просты, удобны в применении и позволяют получить качественную оценку соответствующих рыночных позиций, при выборе стратегий проектирования содержания профессиональной подготовки оставляют простор для принятия решений исследователю.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что их применение, по нашему мнению, позволит более четко и с высокой эффективностью подойти к разработке соответствующих методик и алгоритмов проектирования базовых компонентов содержания профессиональной подготовки инженера-эколога (модели социального заказа на инженерно-экологическую деятельность, модели профессиональной деятельности инженера-эколога и модели инженера-эколога). Кроме того, предложенные концепции и модели могут быть с учетом имеющихся особенностей рекомендованы к применению в процессе проектирования содержания профессиональной подготовки и по другим направлениям и специальностям.

В настоящее время работа над данной проблемой продолжается. Сейчас усилия направлены на разработку методики прогнозирования основных параметров рынка эколого-образовательных услуг. Практическая реализация результатов данной научной работы позволит в определенной мере дополнить инструментарий достижения целей устойчивого развития и экологической безопасности.

Список литературы

1. Стратегия развития образования в области окружающей среды на национальном уровне (доклад Комиссии) // Межправительственная конференция по образованию в области окружающей среды, созванная ЮНЕСКО в сотрудничестве с ЮНЕП. Заключительный доклад, г. Тбилиси (СССР), 14 – 26 октября 1977 г. / ЮНЕСКО. – Париж, 1978. – С. 25-30.
2. Повестка дня на XXI век // Доклад конференции Организации Объединенных наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г. Том I. Резолюции, принятые на конференции. – A/CONF.151/26/Rev.1 (Vol. I). – Нью-Йорк : Организация Объединенных Наций, 1993. – С. 8 – 510.
3. Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность (квалификация (степень) «магистр») : приказ Минобрнауки от 21.12.2009 № 758 (ред. от 31.05.2011) (зарег. в Минюсте РФ 03.02.2010 № 16235) // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2010. – 22 марта. – № 12.
4. Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр») : приказ Минобрнауки РФ от 14.12.2009 № 723 (ред. от 31.05.2011) (зарег. в Минюсте РФ 08.02.2010 № 16314) // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2010. – 29 марта. – № 13.

Technology of Mathematical Modeling of Content Design in Professional Engineering and Environmental Training

A. V. Kozachek

*Department “Nature Management and Environment Protection”, TSTU;
mmtt_tambov@admin.tstu.ru*

Key words and phrases: design; environmental engineer; external factors; model; modeling; vocational training content.

Abstract: The paper describes the problem of the inadequacy of the existing model of content design of environmental engineer training to modern market requirements of eco-educational services. In this connection, we state and resolve the problem of developing a new technology to model the process of content design of professional engineering and environmental training, taking into account the characteristics of external market environment. Some elements of this model have been tested.

References

1. *Education Development Strategy in the field of the environment at the national level (the Commission's report)*, in UNESCO, *Intergovernmental Conference on Education for the Environment, convened by UNESCO in cooperation with UNEP. The final report*, Tbilisi (USSR), 14-26 October 1977, Paris, 1978, pp. 25-30.

2. *Agenda for the XXI Century*, in *Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Vol. I. Resolutions adopted by the Conference*, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992, New York: United Nations, 1993, pp. 8-510, A/CONF.151/26/Rev.1 (Vol. I).

3. *Byulleten' normativnykh aktov federal'nykh organov ispolnitel'noi vlasti*, 2010, 22 March, no. 12.

4. *Byulleten' normativnykh aktov federal'nykh organov ispolnitel'noi vlasti*, 2010, 29 March, no. 13.

Technologie der mathematischen Modellierung im Laufe der Projektierung des Inhalts der professionellen ingenieurökologischen Vorbereitung

Zusammenfassung: Es ist das Problem der Unangemessenheit des existierenden Modells der Projektierung des Inhalts der Berufsausbildung des Ingenieurs-Ökologen den modernen Forderungen des Marktes der ökologischen Ausbildungsdienstleistungen betrachtet. In diesem Zusammenhang wird die Aufgabe der Entwicklung der Technologie der Modellierung des Prozesses der Projektierung des Inhalts der professionellen ingenieurökologischen Vorbereitung gestellt und entschieden, die die Charakteristiken der Faktoren der äußerlichen Marktumgebung berücksichtigt. Es wird die Approbation einiger Elemente des angegebenen Modells durchgeführt.

Technologie du modélage mathématique lors de la conception du contenu de la formation professionnelle d'ingénieur et écologique

Résumé: Est examiné le problème de la non adéquation du modèle existant de la conception de la formation professionnelle d'ingénieur et écologique aux exigences modernes du marché des services de la formation écologique. Est posé et résolu le problème du modélage technologique de la conception du contenu de la formation professionnelle d'ingénieur et écologique compte tenu des caractéristiques des facteurs du milieu de marché. Est effectuée l'approbation de quelques éléments du modèle indiqué.

Автор: *Козачек Артемий Владимирович* – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Дворецкий Станислав Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», проректор по научно-инновационной деятельности, ФГБОУ ВПО «ТГТУ».