

Д. П. Данилаев

ЛОГИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ И ИХ ПРИВЛЕЧЕНИЯ К РАБОТЕ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Ключевые слова: логистическая модель, многоуровневая модель процесса подготовки специалистов, блочно-модульная система организации учебного процесса, траектории подготовки технических специалистов.

В статье рассмотрено применение логистической модели подготовки высококвалифицированных специалистов для проектирования образовательных траекторий с учетом многочисленных востребованных квалификационных уровней и профилей. Показано, что при сопоставимых сроках подготовки обучение студентов старших курсов по индивидуальным образовательным траекториям по совокупности качественных и экономических показателей целесообразнее переподготовки специалистов с опытом работы.

Key words: logistic model, multi-level model of training, a educational process block-modular system, technical training path.

The logistic model use for the educational trajectories design subject to popular qualification levels and profiles is considered in that paper. It is shown that the individual learning paths training graduate students is expedient with the aggregate quality and economic indicators than retraining.

При переходе от индустриального к интеллектуальному, постиндустриальному обществу потребности рынка труда в рабочей силе стали выражаться не столько в количественных, сколько в качественных показателях [1]. Подготовка высококвалифицированных технических специалистов с востребованными, различными профессионально-квалификационными характеристиками связана с согласованием интересов и целей четырех субъектов системы высшего технического образования (ВТО): государства, предприятий, студентов и высших технических учебных заведений (ВТУЗ) [2]. Целью статьи является формирование и исследование логистической модели подготовки высококвалифицированных технических специалистов и их привлечения к работе по полученной специальности, с учетом динамично изменяющейся ситуации на рынке труда.

Подготовить высококвалифицированных технических специалистов, необходимых для промышленности, можно путем:

1. переподготовки или повышения квалификации специалистов, в том числе выпускников, не удовлетворяющих заданным критериям;
2. выделения профиля подготовки студентов, удовлетворяющих части заданных, формализованных критериев;
3. зачисления абитуриента на обучение по образовательной программе ВПО, с актуальным для предприятия профилем подготовки.

Профессионально-квалификационная характеристика будущего специалиста определяет содержание обучения в профессиональном образовании [1, 3, 4]. Используя комплекс направлений сотрудничества с предприятиями – партнерами [5], каждый ВТУЗ способен выделить круг основных, профильных работодателей для своих выпускников, и сформировать перечень востребованных профессий. Экспертное сопоставление перечня с содержанием образовательных стандартов позволяет определить актуальные цели и задачи подготовки, формализуемые

компетентностным обликом выпускника и возможными квалификационными уровнями. Образовательные программы высшего профессионального образования (ВПО), составленные по стандартам третьего поколения, являются достаточно гибкими, и позволяют выделить большое число профилей подготовки. Например, по программе «Самолето- и вертолетостроение» можно выделить профили подготовки специалистов по: конструированию, технологии, контролю качества производства летательных аппаратов, прочности изделий, авиационным материалам, эксплуатации и т.д. За ограниченный срок подготовки студента сформировать компетенции, необходимые для всех этих профессий, невозможно. С другой стороны, например, инженер-технолог для авиастроительного предприятия может быть подготовлен по программам «Технология машиностроения» или «Самолето- и вертолетостроение» в зависимости от востребованного компетентностного облика специалиста. Формализованные требования работодателей можно обобщить и систематизировать по видам профессиональной деятельности и квалификационным уровням, например, с применением профессиональных стандартов. Так, в профессиональных стандартах авиастроительной отрасли [6] третий квалификационный уровень соотносится с компетентностными обликами выпускника СПО или бакалавра, а четвертый – с квалификацией дипломированного специалиста (инженера), или магистра.

С позиций организации учебного процесса целесообразно в рамках одной программы подготовки ограничить число рациональных профилей подготовки и, соответственно, образовательных траекторий. В качестве механизма принятия решений для выделения рациональных профилей подготовки, и последующей перегруппировки обучаемых по индивидуальным образовательным траекториям, можно применить многоуровневую модель процесса подготовки (рис.1) [7].

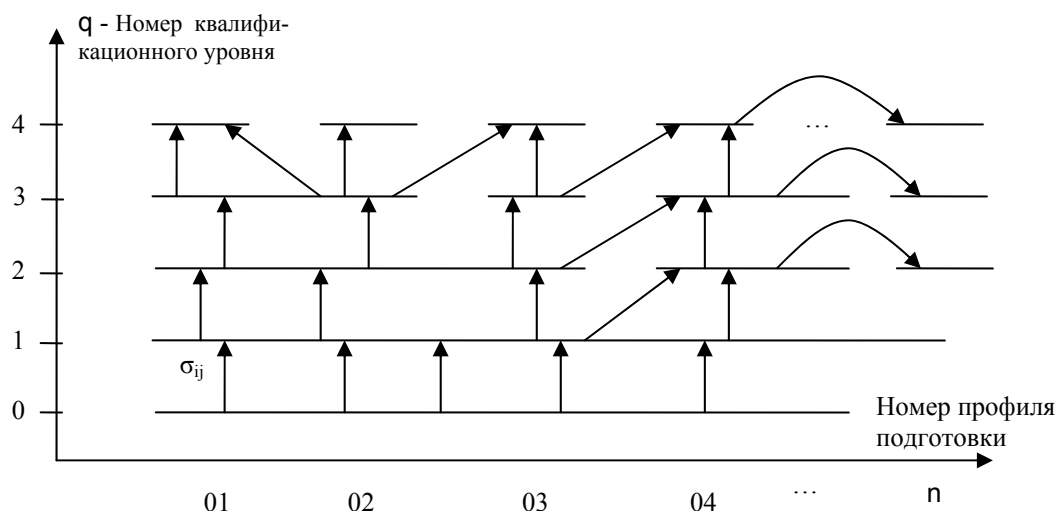


Рис. 1 - Многоуровневая модель процесса подготовки высококвалифицированного технического специалиста по основной образовательной программе

В данной модели под квалификационным уровнем и профилем подготовки можно понимать формализованные требования работодателей и государственных образовательных стандартов, являющимися критериями отбора специалистов при трудоустройстве, и студентов при планировании образовательных траекторий. Под первым квалификационным уровнем удобно понимать фундаментальную, естественнонаучную, под вторым – общепрофессиональную подготовку будущего специалиста, а далее – в соответствии с профессиональными стандартами. Начальный (нулевой) уровень подготовки определяется путем вступительных испытаний в ВТУЗ, который в настоящее время проводится в форме ЕГЭ. Образовательные траектории представляются переходами с одного уровня на другой, которые для каждого студента могут быть описаны вероятностями переходов σ , или связанными с ними индивидуальными скоростными коэффициентами переходов γ .

Вероятности переходов студентов с одного уровня на другой зависят от показателей их социально-психологического состояния, профессионального развития обучаемого, а также внешних управляющих воздействий на процесс подготовки, в том числе: информационного, мотивационного и институционального управления [8]. Распределение значений вероятностей по профилям подготовки и квалификационным уровням зависит от форм, средств, методических систем обучения [1], а также от социализации и самоопределения обучающегося [9]. Применение балльно-рейтинговой системы контроля качества обучения позволяет непрерывно оценивать уровень подготовки каждого обучаемого, учитывая все составляющие учебного процесса. Оценку уровня подготовки можно формализовать, например, как квалификационный рейтинг студента. Причем, он может определяться по блоку (за этап обучения) или отдельному модулю образовательной программы [10]:

$$R = 0.01 \sum_{i=1}^m K_i S_i, \quad (1)$$

где K_i – объем i -ой дисциплины в зачетных единицах, S_i – оценка уровня подготовки студента по i -ой дисциплине в баллах (например, по стобальной шкале).

Рейтинг за этап обучения позволяет оценить начальный и конечный уровни подготовки, а рейтинг по отдельному модулю – выявить склонности каждого конкретного студента к сферам профессиональной деятельности в рамках выбранного направления подготовки. Важно отметить, что объем обязательной учебной работы по дисциплинам ограничен требованиями федерального государственного образовательного стандарта. Дополнительное профессиональное обучение, расширяющее содержание основных программ подготовки высококвалифицированных технических специалистов, способствующее освоению новых компетенций и достижению новых квалификационных уровней, также позволяет повысить рейтинг студента. При этом дополнительные программы могут являться самостоятельными модулями профессиональной переподготовки или повышения квалификации специалистов.

Известные начальный и конечный уровни подготовки позволяют аппроксимировать скоростной коэффициент обучения. Например, в логистических моделях обучения [11]:

$$r(t) = r^0 r^\infty / \left[r^0 + (r^\infty - r^0) \exp(-\gamma \cdot t) \right], \quad (2)$$

(где t – время обучения, $r(t)$ – оценка уровня подготовки в момент времени t , $r^0 > 0$ – начальная квалификация студента (уровень подготовки, на момент начала обучения), r^∞ – оценка конечного уровня подготовки, γ – скорость обучения). Скоростной коэффициент может использоваться в качестве одного из важных критериев принятия решения при проектировании дальнейших индивидуальных образовательных траекторий.

Рассмотрим применение многоуровневой модели для выбора возможных путей удовлетворения потребности конкретного предприятия в $N_{\text{треб}}$ специалистах заданной квалификации и профиля.

Логистические модели подготовки справедливости для различных начальных уровней подготовки, и, следовательно, для любого из приведенных вариантов подготовки специалистов для предприятий. Однако конечный результат по каждому варианту во многом зависит от допустимых для работодателя сроков подготовки и интересов потенциальных соискателей работы. Кроме того, для реализации каждого варианта необходимо обеспечить особые условия обучения (например, лицензионные и аккредитационные требования: кадровое, материально-техническое, учебно-методическое, прочее обеспечение) и привлечь ресурсы на формирование мотивации соискателей к обучению и работе по полученной специальности. Влияние приведенных факторов на число специалистов N , подготовленных в соответствии с заданными критериями и привлеченных к работе по полученной специальности, можно учесть путем введения коэффициентов в логистическом уравнении [11]:

$$\frac{dN}{dt} = k_1 k_2 k_3 N \left(1 - \frac{N}{N_{\text{треб}}} \right), \quad (3)$$

где k_1 – коэффициент обучаемости соискателя, $0 \leq k_1 \leq 1$, k_2 – коэффициент интереса соискателя, $0 \leq k_2 \leq 1$, а k_3 – коэффициент затрат $k_3 \geq 1$.

Коэффициент обучаемости k_1 представляет собой вероятность перехода студента на следующий квалификационный уровень. Значение этого коэффициента можно определять в процессе мониторинга, например, по значению скоростного коэффициента логистического уравнения или принять равным отношению:

$$k_1 = R/R_{\text{max}}, \quad (4)$$

где R_{max} – максимально возможное значение рейтинга студента на момент принятия решения. Можно отметить, что для специалистов, направляемых на повышение квалификации или переподготовку, а также для абитуриентов этот коэффициент неизвестен, и в модели целесообразно использовать, например, среднестатистическое значение. Поскольку в блочно-модульной системе осуществляется конкурсный отбор студентов, риски заинтересованной стороны, финансирующей подготовку по индивидуальным траекториям отобранных студентов оказываются меньше рисков в других вариантах.

Коэффициент интереса соискателя k_2 удобно определить как вероятность заинтересованности субъекта именно в определенном квалификационном уровне и профиле подготовки. Для работодателя, как правило, этот коэффициент $k_2 = 1$. Для студентов коэффициент отражает предпочтения в сферах будущей профессиональной деятельности, при-

чем $\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^q k_{2ij} = 1$, где q – номер возможного ква-

лификационного уровня, а n – номер возможного профиля подготовки. Для ВТУЗа этот коэффициент отражает предпочтительность заданного уровня с точки зрения удобства организации учебного про-

цесса подготовки специалистов, с учетом имеющихся ресурсов и возможностей.

Возможность конкретного субъекта системы ВТО эффективно влиять на формирование образовательных траекторий, определение конечных целей обучения в виде заданных профилей и квалификационных уровней пропорциональна затратам на это влияние. В настоящий момент основные затраты на подготовку возлагаются на государство, либо самого обучаемого. Государственные образовательные стандарты определяют минимальный уровень подготовки без выделения особых профилей. Организация обучения по выделенным профилям и квалификационным уровням, предполагает дополнительные затраты, возлагаемые на ВТУЗ, студента или предприятие, или распределяемые между ними. Тогда, коэффициент затрат k_3 можно определить:

$$k_3 = \frac{Z_{\text{условий}} + Z_{\text{профиль}}}{Z_{\text{субъекта}}}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{условий}}$, $Z_{\text{профиль}}$ – суммарные затраты на обеспечение условий обучения студентов и мотивации профессиональной подготовки по заданным образовательным траекториям в финансовом выражении, а $Z_{\text{субъекта}}$, – затраты субъекта системы ВТО, несущего основные расходы по подготовке специалиста. Если предположить, что все затраты на организацию подготовки специалиста и его трудоустройства несет государство, то $k_3 = 1$, т.е. влияние субъектов системы ВТО на выбор траекторий по этому признаку отсутствует.

В математической модели (3) организации подготовки по выделенным образовательным траекториям произведение коэффициентов $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$ является регулирующим параметром, определяющим степень влияния субъектов друг на друга. Рассмотрим влияние начальных условий, выраженных в значениях коэффициентов, на выбор варианта решения задачи подготовки высококвалифицированных специалистов.

Решение логистического уравнения имеет вид:

$$N(t) = \frac{N_0 N_{\text{треб}} \cdot \exp(k_1 k_2 k_3 t)}{N_{\text{треб}} + N_0 (\exp(k_1 k_2 k_3 t) - 1)}, \quad (6)$$

где N_0 – начальное число соискателей, с которыми можно работать.

Предположим для примера, что начальное число соискателей работы $N_0 = 1$ меньше числа необходимых конкретному предприятию специалистов заданного профиля и квалификации $N_{\text{треб}} = 5$.

Целесообразность реализации каждого варианта можно оценить, например, с помощью нормированного выражения:

$$\frac{N(t)}{N_0} = \frac{N_{\text{треб}} \cdot \exp(k_1 k_2 k_3 t)}{N_{\text{треб}} + N_0 (\exp(k_1 k_2 k_3 t) - 1)}. \quad (7)$$

Положим коэффициент обучаемости для специалистов с опытом и выпускников $k_1 = 0.35$, для студентов $k_1 = 0.7$, а для абитуриентов $k_1 = 0.2$. Значение коэффициента интереса соискателя примем равным: для специалиста с опытом работы $k_2 = 0.1$, для

студента $k_2 = 0.4$, и для абитуриента $k_2 = 0.2$. Учитывая возможную полную стоимость подготовки по каждому варианту, примем значения коэффициента затрат: для переподготовки специалиста с опытом работы $k_3 = 2$, для студента $k_3 = 1.1$, а для абитуриента $k_3 = 1$. Результаты моделирования для принятых значений приведены на рис.2.

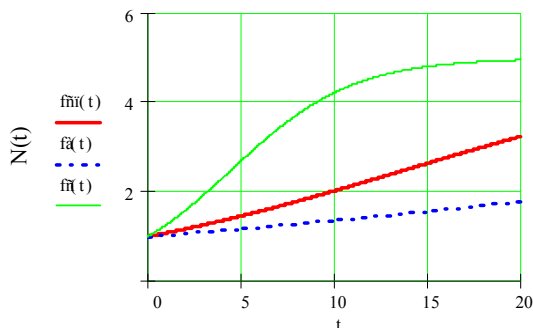


Рис. 2 - Логистическая модель для случая нехватки квалифицированных специалистов: $f_{сп}(x)$ – переподготовки и повышения квалификации специалиста с опытом работы, $f_c(x)$ – подготовки отобранных студентов по индивидуальным траекториям, $f_a(x)$ – обучения студентов с первого курса по образовательным программам с планируемым профилем подготовки. ($N(t)$ – зависимость числа претендентов на соискание работы от времени t)

Результаты моделирования для случая, когда число соискателей работы $N_0 = 20$ превышает число вакансий на предприятии $N_{\text{треб}} = 5$, при тех же значениях коэффициентов, приведены на рис.3.

Анализ результатов моделирования показывает, что при сравнительно равных условиях поиска, мотивации и организации подготовки соискателей вариант подготовки отобранных студентов по индивидуальным траекториям оказывается более эффективным.

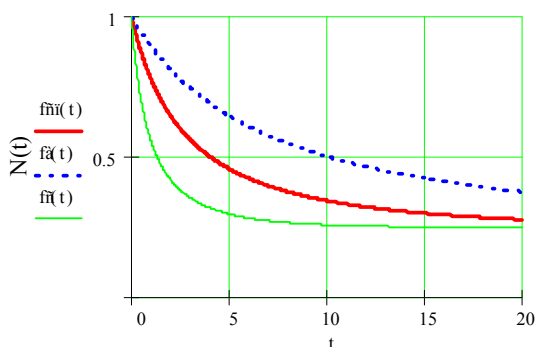


Рис. 3 - Логистическая модель для случая избытка квалифицированных специалистов

Выделение этапов общенаучной, общепрофессиональной и профильной подготовки, предусмотренных в блочно-модульной системе организации учебного процесса, позволяет распределить процесс планирования образовательных траекторий по всему сроку обучения. При этом срок обучения студента

по выделенному профилю подготовки оказывается сопоставим со временем на переподготовку специалиста с опытом работы. В этом случае, результаты моделирования позволяют прогнозировать большую эффективность обучения студента на старших курсах по проектируемым профилям подготовки.

Для оперативного управления образовательными траекториями и их стабилизации в условиях динамично изменяющихся внешних требований и условий и качества подготовки конкретных студентов возможно применить:

- метод инерциальных воздействий, реализуемый в учебном процессе посредством балльно-рейтинговой системы оценки качества подготовки [10];
- метод прямого, интегрального управления и стабилизации, реализуемый с помощью блочно-модульной системы организации учебного процесса [7, 8].

Результаты моделирования показывают, что применение данных механизмов позволяет существенно сократить расходы сторон на подготовку или переподготовку требуемых высококвалифицированных технических специалистов.

Таким образом, логистические модели подготовки и переподготовки специалистов и их привлечения к работе по специальности способствуют принятию решения о выборе варианта подготовки специалиста в соответствии с кадровыми потребностями конкретных производств. Полученные результаты моделирования позволяют отметить, что обучение студентов старших курсов по проектируемым профилям подготовки с их последующим трудоустройством оказывается целесообразнее привлечения и переподготовки специалистов с опытом работы. При этом, механизмы оперативного управления и стабилизации индивидуальными образовательными траекториями подготовки высококвалифицированных технических специалистов позволяют сократить значительные расходы сторон на подготовку или переподготовку требуемых высококвалифицированных технических специалистов.

Автор благодарен д.ф.-м.н., профессору Ю.Е.Польскому и д.п.н., профессору Н.Н.Маливанову за конструктивные замечания и рекомендации, полученные в ходе обсуждения работы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ №12-08-97035-р_поволжье_а), государственного задания вузам на 2012г. грант №7.814.2012, федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Литература

1. Новиков А.М. Постиндустриальное образование. – М.: Издательство «Эгвес», 2008. – 136с.
2. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н., Польский Ю.Е. Система высшего технического образования: диалектика со-

- гласования интересов ее субъектов // Высшее образование в России. 2011. № 11. С.99-104.
3. Дьяконов Г.С. Особенности инновационного инженерного образования / Г.С. Дьяконов, В.Г. Иванов, В.В. Кондратьев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2010. – №12. – С. 13-17.
4. Кирсанов А.А. Методологические проблемы инженерной педагогики как самостоятельного направления профессиональной педагогики / Кирсанов А.А. Иванов В.Г., Кондратьев В.В. // Вестник казанского технологического университета, 2010, №4. С.228-249.
5. Данилаев Д.П. Комплексное взаимодействие высшего технического учебного заведения и промышленных предприятий // Университетское управление: практика и анализ, 2012, №3 (79). С.64-68.
6. Профессиональные стандарты в области авиастроения URL: www.nark-rspp.ru/index.php/lang-ru/professional-standards.html (дата обращения: 30.06.2012).

7. Данилаев Д.П., Данилаев М.П., Польский Ю.Е. Сортировка и сепарация в сложных динамических системах. // «Нелинейный мир», 2012, т.10, №4. С 230-233.
8. Новиков Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. – М.: Эгвес, 2009. – 156с.
9. Новиков А.М. Основания педагогики / Пособие для авторов учебников и преподавателей. – М.: Издательство «Эгвес», 2010. – 208 с.
10. Насыров И.К., Крюков В.Г., Данилаев Д.П., Александрова Л.А. Инновационные технологии организации учебного процесса и оценки качества обучения: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2009. 206с.
11. Новиков Д.А. Закономерности итеративного обучения. М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 77с.

© Д. П. Данилаев – канд. техн. наук, доцент каф. радиоэлектронных и квантовых устройств КНИТУ-КАИ, danilaev.reku@kstu-kai.ru