

Юркевич Евгений Владимирович —

главный научный сотрудник Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, доктор технических наук, профессор, академик РАН, действительный член МАИБ.

Тумин Юрий Анатольевич —

инженер Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН.

Крюкова Лидия Николаевна —

научный сотрудник Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН.

Evgenii V. Yurkevich —

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences.

Yurii A. Tumin —

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences.

Lidiya N. Kryukova —

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences.



Механизмы организации профессиональной переподготовки специалистов в соответствии с новыми технологиями, введенными на предприятиях машиностроительного комплекса

УДК 337.4

В статье рассмотрены возможности установления соответствия организации профессиональной переподготовки специалистов требованиям организации освоения технологий информационного уклада на предприятиях машиностроительного комплекса. Образовательное учреждение рассмотрено как интеллектуальный элемент логистической цепи в профессиональном образовании. Для освоения принципиально новых технологий предложена организация технологического реинжиниринга с участием специалистов, обладающих принципиально новыми знаниями. В качестве критерия эффективности переподготовки специалистов рассмотрена прибыль предприятия. Определены условия обеспечения качества подготовки специалистов, развивающих стратегически важные направления в совершенствовании потенциала предприятия. Предложенный механизм показал возможности изыскания резервов обеспечения эффективности управления подготовкой специалистов с помощью сбалансированных полномочий и ответственности участников введения новых технологий.

Ключевые слова

Образовательные программы, профессиональная переподготовка специалистов, информационный технологический уклад, производственный комплекс, логистическая цепь, технологический реинжиниринг, прибыль предприятия.



Одной из актуальных государственных проблем, определяющих развитие производства в России, является формирование цифровой экономики страны. Современная динамика масштабов производства на предприятиях машиностроительного комплекса сопровождается количественными и качественными изменениями в его технологическом оснащении, а также трансформацией организационной структуры использования специалистов.

Формирование программ профессиональной переподготовки сотрудников предприятий во

многом определяет темпы введения технологий нового уклада. В данной работе в качестве критерия эффективности переподготовки специалистов при переходе предприятий на технологии информационного уклада рассматривается размер прибыли предприятия.

Особенностью современной организации работы предприятий является фрагментарность введения новых технологий. В настоящее время большая часть задач такого введения решается с помощью экспертов, которые в основном руководствуются собственным опытом.

Mechanisms for Organizing Professional Retraining of Specialists in Accordance with New Technologies Introduced at the Enterprises of Machine-Building Complex

The possibility of the introduction of appropriate organization of professional retraining and the introduction of information technology structure in the machine-building enterprises. Educational institution is considered as the intellectual element of the logistics chain in vocational education. For the development of fundamentally new technologies proposed organization process reengineering involving professionals with a fundamentally new knowledge. As a criterion of the effectiveness of retraining is considered business income. The conditions to ensure the quality of training, developing strategic direction in improving the capacity of the enterprise. The proposed mechanism has shown the possibility of finding reserves to ensure the preparation of a management efficiency experts with balanced powers and responsibilities of participants in the introduction of new technologies.

Keywords

Educational programs, professional training of specialists, information technological way, industrial complex, the logistic chain process reengineering, the profit of the enterprise.

Для построения единого производственного цикла как человеко-машинной системы (ЧМС) нами предлагается модель организации профессиональной переподготовки специалистов как элемент логистической цепи в профессиональном образовании [1]. Будем полагать, что интеллектуальность такой ЧМС обеспечивается за счет наличия адаптивности к вводимым технологиям. Следовательно, в соответствии с характеристиками логистической цепи ставится задача формирования компетенций специалистов, которые должны обладать возможностью развития стратегических и критически важных направлений совершенствования технологического потенциала предприятия.

Неоднозначность задачи формирования компетенций обучаемых специалистов объясняется неопределенностью характеристик, вводимых цифровых технологических линий, обеспечивающих рост производства на предприятии. Тем не менее профессиональные компетенции работников должны соответствовать уровню технологий нового уклада, а характеристики их межличностного взаимодействия — системным ограничениям и требованиям к адаптивности управления производством при динамике внешних воздействий.

Итак, будем рассматривать профессиональную переподготовку специалистов (в общем случае — образование) как производство средств производства интеллектуального продукта. В этом случае уровень подготовки специалиста на таком производстве определим как оценку компетенций выпускника, показанных на выпускных экзаменах согласно требованиям Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), а качество подготовленности этого выпускника будем оценивать соответствием его знаний и умений требованиям производства, осваивающего новые информационные технологии.

Примем идеальный случай: выпускники, обладающие компетенциями, определенными ФГОС, являются специалистами, способными работать на предприятиях информационного технологического уклада. Будем считать, что спрос на выпускников обратно пропорционален разности государственных оценок согласно требованиям ФГОС и оценок прохождения производственной практики у потенциального работодателя. В свою очередь будем полагать, что эффективность обеспечения качества знаний специалистов во многом зависит от материаль-

ного стимулирования преподавательского состава, определяющего подготовку конкурентоспособных выпускников.

Опыт государств с развитой экономикой показывает, что для обеспечения качества процессов подготовки специалистов и организации стабильных производственных отношений в образовательных учреждениях затраты должны составлять около 15–35% от общего объема затрат на работу этих учреждений [2]. Для обоснования столь высоких трат приведем пример.

При внутренних и (или) внешних воздействиях на подготовку специалистов возможны случайные по форме, времени и интенсивности сбои в проведении образовательного процесса. Пусть в некотором образовательном учреждении организация такова, что каждый из этапов подготовки специалистов работает «правильно» на 95%, то есть:

- полнота нормативно-методической документации, определяющей организацию учебного процесса, — 95%;
- расписание занятий составляется с точностью 95%;
- образовательное учреждение имеет учебно-информационное оснащение на 95%;
- подготовленность преподавательского состава соответствует требованиям ФГОС на 95%;
- на вступительных экзаменах базовые знания поступающих оцениваются с точностью 95%;
- преподаватели выполняют программу учебных курсов на 95%;
- учащиеся усваивают учебный материал на 95%;
- точность промежуточного тестирования учащихся — 95%;



- практическая подготовка учащихся соответствует ФГОС на 95%;
- задания производственной практики выполняются на 95%;
- на выпускных экзаменах знания оцениваются с точностью 95%;
- точность рекомендаций трудоустройства выпускников — 95%.

При такой организации вероятность того, что работодатель будет иметь специалистов с ожидаемой профессиональной подготовкой, составляет 0,54!

Следовательно, ставится задача формирования механизмов взаимодействия предприятий (работодателей), преподавателей и учащихся, при которых результат образования максимизирует успешность выпускников, пришедших на предприятия, в интенсификации освоения новых технологий.

Анализ возможностей достижения соответствия требований, определяемых технологическим развитием предприятия, и уровня подготовки специалистов

Задача введения новых технологий на конкретном производстве традиционно ограничивается уровнем знаний специалистов данного предприятия. Мы предлагаем решать обратную задачу, то есть оптимизировать процессы переподготовки специалистов в соответствии с требованиями, определяемыми развитием технологий. Для этого рассмотрим условия согласования организации переподготовки специалистов с динамикой совершенствования производственной технологии на предприятии.

Так как в настоящее время алгоритмы введения цифровой экономики не определены, задача является некорректной, и требуется рассмотрение дополнительных данных, определяющих организацию образовательных процессов. Будем полагать, что программы курсов переподготовки согласованы с работодателем и содержат информацию, необходимую для реализации новых технологий на предприятии. В связи с тем, что никакая инструкция не может определить алгоритмы творческого подхода к ликвидации старых и введению принципиально новых технологий и принципиально новых производственных отношений, в образовательных учреждениях требуется воспитывать патриотов данного предприятия или как минимум сотрудников, лояльных по отношению к данному предприятию.

➤ Одной из актуальных государственных проблем, определяющих развитие производства в России, является формирование цифровой экономики страны.

При неопределенности требований к построению цифровых технологических линий и, соответственно, требований к компетенциям специалистов актуальна задача формирования механизмов обеспечения оперативности в адаптации образовательных процессов к развивающимся технологиям на производстве. Среди условий такой адаптации можно выделить следующие.

1. *Формирование управления с использованием сочетания оперативных решений на основе показателей текущей производственной ситуации и статистического анализа ретроспективных данных* [3]. Для информационной поддержки принятия таких решений предлагается проводить анализ опыта управления, предшествовавшего текущей ситуации, и адаптировать полученные результаты к прогнозируемому сценарию.

Использование компьютерных методов интеллектуального анализа данных позволяет выявлять скрытые закономерности и прогнозировать характеристики управления новыми технологическими линиями [3]. Однако современные методы прогнозирования в основном применяются в случае стационарных процессов или процессов с плавно изменяющимися характеристиками.

Переход экономики страны к новому технологическому укладу предполагает кардинальное изменение и производственных средств, и производственных отношений. Такие изменения могут быть связаны с большими затратами временных, финансовых и людских ресурсов. Кроме того, без анализа статистики характеристик возникающих ситуаций на основе прогноза могут быть приняты неэффективные решения.

2. *Анализ известных прецедентов.* В этом случае воздействия адаптируются к ситуации на основании распознавания состояний объекта управления, и точность принимаемых решений повышается за счет применения механизма логического вывода (CASE — *Based Reasoning*) [4].

Данный подход позволяет уменьшить риск принятия решений с помощью построения функции последствий от принятых решений. Однако построение упреждающих моделей поведения в неопределенных ситуациях связано с большой трудоемкостью создания базы знаний, формализующей обобщенный опыт специалистов для конкретной предметной области.

3. *Поиск решений с применением модели ситуационного управления* [5]. В этом случае все предсказуемые и непредсказуемые ситуации классифицируются в пространстве признаков, сложные ситуации декомпозируются на множество ситуаций, имеющих одношаговые решения, и производится выбор оптимального решения. Такой подход связывает конкретные способы управления с определенными ситуациями для наиболее эффективного достижения целей процесса образования.

➤ **Важным фактором, влияющим на адаптивность предприятия к введению новых технологий, являются ограничения в полномочиях на использование выпускников.**

В целом известные подходы к организации образовательных процессов показывают, что их эффективность во многом зависит от особенности ситуаций, возникающих во время переподготовки специалистов, и характера информационных воздействий между ними. В данной работе полагается, что результат подготовки специалиста зависит от строгости определения целевой функции работы предприятия, а также от полноты ограничений, накладываемых на множество компетенций его сотрудников [6].

С целью прогноза эффективности построения цифровых технологических линий в опытно-конструкторских организациях и на производстве нами проводилась оценка эффективности использования молодых специалистов — выпускников подразделений профессиональной переподготовки на предприятиях и образовательных учреждений (ОУ) — при серийном освоении программно-технических средств. В течение шести лет анализировалась деятельность ряда производственных комплексов (ПК), в составе которых имелись конструкторские бюро и предприятия. В результате выявлено влияние

интенсивных факторов на повышение качества результатов введения новых производств и освоения новой продукции.

К таким факторам были отнесены:

- совершенствование форм организации труда специалистов;
- повышение эффективности использования ресурсов ПК;
- демонстрация результатов труда специалистов при реорганизации работы опытной и экспериментальной базы;
- совершенствование технологических и экономических форм связи конструкторских бюро с серийными производствами;
- совершенствование нормирования и оплаты труда работников ОУ;
- сбалансирование планов работы ПК и динамики выпуска специалистов.

Чтобы получить инструмент, позволяющий оценить эффективность введения новых производств и привлечения новых специалистов, работу ПК представим в виде агрегата, где входные параметры определяются вектором X , выходные — вектором Y , а внутренние — вектором Z . Экспертным путем выделим характеристики, наиболее важные для решения задач данной работы:

- X — средний объем финансирования каждого проекта, то есть разработки и освоения каждой новой технологии ПК. В данном рассмотрении за ключевые в этом показателе были приняты затраты на технологическое перевооружение производства и, соответственно, на переподготовку производственного персонала;
- Y — интегральный показатель эффективности разработки и серийного производства новой продукции, характеризующий важность и результативность использования новой технологии, введенной в данном ПК;
- Z — в виде двух параметров: численность специалистов (Z_1) и техническая вооруженность труда специалистов (Z_2). В данной статье рассматривается идеальный случай: техническая вооруженность труда соответствует квалификации специалистов. По каждому году Z_2 рассчитывался как отношение стоимости оснащения ПК технологическими средствами (в том числе стоимость подготовки специалистов) к количеству его планово-производственного персонала.

Эффективность использования специалистов на предприятиях ПК определялась с помощью относительных величин значений выходных

параметров. Предлагается формировать Y на основе совокупности следующих частных показателей $\{Y_j, j = 1, 2, \dots\}$:

1) коэффициент загрузки ПК:

$$Y_1 = \sqrt{S_{\text{вр}} \Pi_{\text{вр}} / S_{\text{тр}} \Pi_{\text{тр}}},$$

где $S_{\text{вр}}$ — сметная стоимость всех разработанных в отчетном (выбранном для анализа) году проектов;

$S_{\text{тр}}$ — объем работ, требуемый для нормальной деятельности ПК;

$\Pi_{\text{вр}}$ — общее число проектов, выполненных в отчетном году;

$\Pi_{\text{тр}}$ — число проектов, необходимое для полной загрузки специалистов ПК;

2) коэффициент важности выполняемых проектов:

$$Y_2 = \sqrt{S_{\text{пвр}} \Pi_{\text{пвр}} / S_{\text{вр}} \Pi_{\text{вр}}},$$

где $S_{\text{пвр}}$ и $\Pi_{\text{пвр}}$ — сметная стоимость и число проектов, разработанных в отчетном году в соответствии с федеральными программами;

3) коэффициент законченности работ:

$$Y_3 = \sqrt{S_3 \Pi_3 / S_{\text{вр}} \Pi_{\text{вр}}},$$

где S_3 и Π_3 — сметная стоимость и число проектов, реализованных в отчетном году;

4) коэффициент эффективности использования ресурсов:

$$Y_4 = \mathcal{E}_3 / \mathcal{E}_\Phi,$$

где $\mathcal{E}_3$ — прибыль от продажи продукции, выпущенной ПК по разработкам в отчетном году;

$\mathcal{E}_\Phi$ — фактические затраты на разработку проектов, реализованных в отчетном году;

5) коэффициент новизны разработок:

$$Y_5 = (\Pi_{\text{л}} + \Pi_{\text{п}} + \Pi_{\text{заяв}}) / \Pi_3,$$

где $\Pi_{\text{л}}$, $\Pi_{\text{п}}$, $\Pi_{\text{заяв}}$ — число реализованных проектов, по которым в отчетном году соответственно проданы лицензии, получены патенты или авторские свидетельства, поданы заявки на изобретения.

В связи с тем, что каждый из $Y_j, j = 1, 2, \dots, 5$ является относительным (безразмерным) коэффициентом, интегральный выходной показатель Y_P определялся по формуле:

$$Y_P = \prod_{j=1}^5 Y_{Pj}.$$



В результате расчета выделенных показателей работы ПК за шесть лет получены следующие данные:

Y_1	0,985	0,882	1,081	0,890	0,985	1,014
Y_2	0,541	0,684	0,582	0,606	0,850	0,589
Y_3	0,318	0,313	0,621	0,332	0,514	0,534
Y_4	—	—	—	—	—	—
Y_5	—	—	0,272	0,285	0,300	0,400

Y_P	0,169	0,189	0,391	0,179	0,430	0,319
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Проведенные исследования работы ПК позволили дать обоснование расчета критерия, определяющего эффективность реализации проектов, принятых ПК, то есть выходная характеристика была представлена в виде зависимости:

$$Y_P = f(X_P, Z_1, Z_2).$$

С помощью метода наименьших квадратов было получено «уравнение возможностей» в виде регрессии:

$$Y_P = 0,074X_P - 0,049Z_1 - 0,406Z_2 + 0,229. \quad (1)$$

Зависимость (1) рассматривалась как модель, позволяющая экстраполировать значения X_P и Z_P на ближайшие годы, рассчитывать перспективное качество разработок и давать рекомендации — по предоставлению кредитов ОУ, готовящему специалистов, которые участвуют в технологическом перевооружении в соответствии с государственной научно-технической политикой в разработке и производстве приборов и средств автоматизации процессов, определяющих освоение нового технологического уклада.

Обобщение статистики использования «уравнения возможностей» на примере организаций машиностроения позволило сделать выводы:

- все этапы цикла создания и производства новой продукции влияют на ее качество;



- переход с этапа на этап сопровождается потерей качества продукции;
- на всех этапах важен уровень квалификации специалистов;
- на всех этапах требуется систематическая переподготовка для всех категорий работников;
- на всех этапах требуется строить учет издержек на устранение недостатков квалификации специалистов;
- необходимо проведение маркетинга для определения требований к компетенциям работников и обеспечения экономической состоятельности ПК.

Будем полагать, что преобразование искусства управления в инженерную дисциплину возможно, если анализ изменения алгоритмов работы предприятия будут проводить менеджеры, а не системные программисты. В этом случае возможно развитие методов бизнес-реинжиниринга [7] с преобразованием их в технологический реинжиниринг.

В качестве важного метода реализации технологического реинжиниринга предлагается объектно-ориентированный подход к организации работы предприятия. Он включает в себя распараллеливание процессов переподготовки специалистов, формирование гибкой архитектуры построения новых технологий, рекурсивность в использовании программных компонентов, доступность и простоту интерфейсов, обеспечивающих взаимодействие специалистов.

Задача максимизации конкурентоспособности продукции ПК

В соответствии с результатами анализа уравнения (1) возможность технологической обеспеченности конкурентоспособной продукции будем рассматривать исходя из оптимизации

системы «технологические требования — квалификация специалистов».

Важным ограничением в формировании квалификации специалистов является финансовое обеспечение работы ОУ. Для определения условий освоения новой технологии, определяющей конкурентоспособность выпускаемой продукции, рассмотрим две модели работы системы «технологические требования — квалификация специалистов». Первая: работа в отсутствие инвестиции в переподготовку персонала предприятия. Вторая: организация переподготовки специалистов при наличии инвестиций.

Введем некоторые допущения. Выделим три группы специалистов, используемых в освоении новых технологий:

- специалисты, направляемые на предприятие для замены работников, выпускающих традиционную продукцию согласно существующей конъюнктуре рынка. Использование новых специалистов в новых технологиях определит выпуск традиционной продукции, но с более высоким технико-экономическим уровнем;
- специалисты, обладающие расширенным объемом знаний относительно требований к компетенциям при существующих технологиях в соответствии с конъюнктурой рынка;
- специалисты со знаниями, принципиально отличными от знаний старых работников. Эти знания позволяют выпускать продукцию, не имеющую аналогов на рынке.

Допустим, что специалисты второй и третьей групп могут без специальных затрат на переподготовку использоваться для выпуска продукции, которая намечена к производству при снятии устаревших технологий. Практика показала, что с точностью, достаточной для практических расчетов, в данной работе возможно ограничиться рассмотрением только первой группы.

Замечание. Кредит, как правило, дается для возмещения повышенных затрат на реализацию и производство продукции серийного и массового выпуска. Соответственно, применимость технологии ПК должна определяться регулярностью повышенного спроса на выпускаемую продукцию. Принятие данного условия может позволить без существенного ущерба для точности считать компоненты вектора продаж непрерывными величинами и пренебречь влиянием таких условно-постоянных затрат, как время на переналадку тестирующего оборудования и подготовительные-заключительные операции. Следует отметить,

что в рассматриваемой задаче предполагается производство с постоянной эластичностью, хотя в общем случае это может быть не так. Будем полагать, что увеличение объема реализации продукции в некоторое число раз требует увеличения затрат ресурсов в то же самое число раз.

Рассматриваемый в работе подход касается реализации однородной продукции, следовательно, можно ограничиться условием того, что, если при введении новой технологии не снизился показатель прибыли или объема продаж, значит, не снизился и показатель качества, определяющий спрос и, соответственно, формирование прибыли ПК.

➤ Переход экономики страны к новому технологическому укладу предполагает кардинальное изменение и производственных средств, и производственных отношений.

Для оптимизации соотношения «технологические требования — квалификация специалистов» рассмотрим целевые функции участников процесса введения цифровых технологий. Согласно постановке задачи в качестве цели работы КП в данной статье примем максимизацию прибыли предприятий, входящих в данный комплекс. Важным ограничением является требование выполнения договорных обязательств этих предприятий с ОУ как поставщиками людских ресурсов, то есть специалистов — выпускников ОУ.

При таком рассмотрении в качестве целевой функции ОУ примем максимизацию числа выпускников, передаваемых на предприятия ПК, в структуре, заданной требованиями к реализации новой технологии. Формулировка этой целевой функции объясняется тем, что эффективность работы ОУ будем оценивать по темпам приема на предприятия КП работников, реализующих введение новой технологии.

Пусть выпускники ОУ принимаются на работу на предприятия ПК. Пусть j — индекс специалиста (выпускника ОУ), принятого на предприятие ПК, при $j = 1, \dots, s, m$, где s — число специалистов, требуемое в ПК для реализации старой (традиционной) технологии, и m — число специалистов для введения новой технологии.

Обозначим V_{ij} ($j = 1, 2, \dots, s$) число специалистов (выпускников ОУ), работающих в i -м предприятии ПК по старой (традиционной) технологии, тогда W_{ij} ($j = 1, 2, \dots, m$) обозначим число специалистов (выпускников ОУ), работающих в i -м предприятии ПК по новой технологии. Пусть A_{ik} — это суммарный объем ресурсов k , имеющийся на i -м предприятии ПК, где k — индекс ресурса ($k = 1, 2, \dots, K$) и a_{ijk} — нормы затрат k -го ресурса по старой и b_{ijk} — по новой технологии, используемого одним специалистом j -го вида в i -м предприятии ПК.

Ожидаемую прибыль ПК от использования одного специалиста j -го вида при применении старой ($j = 1, \dots, s$) обозначим p_{ij} и при применении новой технологии ($j = 1, \dots, m$) в i -м предприятии ПК — q_{ij} .

Условия заменяемости. Ограничимся рассмотрением простейшего, но типичного для практики случая взаимоднозначной замены «один на один». Пронумеруем индексом $j = 1, \dots, m$ те виды специалистов со старой подготовкой, которые могут заменяться на специалистов с новой подготовкой с тем же номером.

Согласно маркетинговым исследованиям, для удовлетворения запросов рынка выпуск продукции i -го предприятия могут обеспечить не менее $\{H_{ij}; j = 1, \dots, m\}$ специалистов. Программа введения новой технологии может быть выполнена при различных сочетаниях объемов продаж продукции ПК при заменяемости специалистов:

$$V_{ij} + W_{ij} \geq H_{ij}, \quad j = 1, \dots, m. \quad (2)$$

В отсутствие замены старого специалиста ограничение на программу введения новой технологии примет вид:

$$V_{ij} \geq H_{ij}, \quad j = m + 1, \dots, s. \quad (3)$$

Модель задачи ОУ. В принятых обозначениях задача обновления подготовки выпускников состоит в определении значений V_{ij}, W_{ij} , удовлетворяющих условию:

$$\sum_{k=1, \dots, K} a_{ijk} V_{ij} + \sum_{j=1, \dots, m} b_{ijk} W_{ij} \leq A_{ik}. \quad (4)$$

Иначе говоря, ПК должно иметь полномочия на использование всех выпускников ОУ в пределах их наличия.

Условия формирования программы перспективного введения новой технологии записываются

в виде ограничения (2), а условия использования выпускников в количестве не меньше чем требуется для реализации требований рынка, ограничением (3).

Модель задачи ПК. Важным фактором, влияющим на адаптивность предприятия к введению новых технологий, являются ограничения на полномочия в использовании выпускников (4). В связи с этим модель i -го предприятия будем строить с учетом программы освоения новой технологии (2), (3). Следовательно, критерий максимизации прибыли, определяющий ответственность работников ПК, запишется так:

$$\sum_{j=1}^S P_{ijk} V_{ij} + \sum_{j=1}^m q_{ijk} W_{ij} \Rightarrow \max. \quad (5)$$

Из сопоставления моделей (4) и (5) следует, что оптимальный план задачи ПК в условиях необходимости затрат на смену состава работников для введения новой технологии не совпадает с решением задачи ОУ. Следовательно, ПК, преследующим свои цели, выгодно развивать применение старой технологии в ущерб предложенной ОУ. Значит, возникает необходимость согласования мнений ОУ и ПК.

Для такого согласования предложим алгоритм формирования условий обеспечения надежности переподготовки специалистов с привлечением инвестиций ОУ со стороны ПК. Введем обозначения: F — величина фонда, предполагаемая для инвестиций; l_{ij} — увеличение прибыли ПК при использовании одного специалиста j -го вида, обеспечивающего работу новой технологии на i -м предприятии ПК в случае инвестирования работы ОУ.

Опишем задачу ОУ выражением, характеризующим прибыль от введения новой технологии. Участие специалистов, получивших новое образование в условиях инвестиций, обуславливает замену параметров q_{ij} в целевой функции (5) на $Q_{ij} = q_{ij} + l_{ij}$, что повышает ответственность ОУ на величину l_{ij} .

С оптимальным планом модели ОУ связано существование системы двойственных оценок, которые предлагается использовать для определения размера стимулирующих инвестиций, предоставляемых со стороны ПК. Таким образом, задача максимизации ответственности ОУ, характеризующейся в нашем рассмотрении прибылью ПК, при ограничениях на полномочия по использованию специалистов на i -м предприятии ПК (в записи выражения общий индекс i опустим) запишется как

$$\max[\sum_{j=1}^S p_j V_j / \sum_{j=1}^S a_{jk} V_j \leq A_k, k=1, \dots, K, V_j \geq 0, j=1, \dots, S]. \quad (6)$$

В этом случае двойственная задача имеет вид

$$\min[\sum_{k=1}^K A_k Z_k / \sum_{k=1}^K a_{jk} Z_k \leq P_j, j=1, \dots, S, Z_k \geq 0, k=1, \dots, K], \quad (7)$$

где j — индекс специалиста;

k — индекс ресурса;

$\{a_{jk}\}$ — расходные коэффициенты;

$\{A_k\}$ — используемые объемы ресурсов;

$\{P_j\}$ — удельная прибыль;

$\{V_j\}$ — план объема использования специалистов;

$\{Z_k\}$ — двойственные оценки.

Если придать двойственным оценкам смысл цены единицы k -го ресурса, тогда условие

$$\sum_{k=1}^K a_{jk} Z_k \leq P_j \quad (8)$$

можно истолковать как требование того, что надежность выполнения программы введения новой технологии, определяемая ответственностью ОУ за использование каждого выпускника (как специалиста) j -го вида, характеризуется прибылью не меньшей, чем стоимость затрат на переподготовку состава работников. Иначе использование j -го специалиста невыгодно ПК, если «выручка» от экономии ресурсов за счет снятия старой технологии больше, чем прибыль от нее. Из (8) вытекает также условие целесообразности введения новой технологии при совпадении оценок использования специалиста и затрачиваемых ресурсов.

Пусть для некоторого $j = r$ эти оценки на оптимальном плане $\{Z_k^*\}$ двойственной задачи не совпадают. Тогда по второй теореме двойственности соответствующий компонент оптимального плана прямой задачи $V_r = 0$.

Назначая доплату

$$\lambda_r = \sum_{k=1}^K a_{rk} Z_k^* - P_r \quad (9)$$

и рассматривая задачи (6), (7) для $r_r = P_r + \lambda_r$, убедимся, что

$$\sum_{k=1}^K a_{rk} Z_k^* = P_r. \quad (10)$$

Таким образом, в результате замены P_r на r_r , число закрепленных условий на оптимальном плане двойственной задачи увеличилось на единицу. Согласно второй теореме двойственности, это означает неединственность оптимального решения прямой задачи, в частности существование оптимального плана, в котором

закрепленному условию (10) отвечает свободное условие ${}^{\circ}V_r > 0$.

Очевидно, что если оптимальные значения критериев двойственных задач с коэффициентами P_r и r_r совпадают, то, согласно первой теореме двойственности, соответствуют максимальной эффективности ОУ при отсутствии инвестиций. Следовательно, формируя полномочия ПК на использование новых специалистов, при подготовке которых назначаются доплаты из средств инвестиций (9), оно не проигрывает, то есть по инвестируемым позициям его интересы согласованы с предложениями ПК.

Итак, величины $\{r_r\}$ определяют минимальные размеры доплат к удельной эффективности ОУ, предложение которых определяет ответственность ПК за введение в оптимальный план поочередно всех видов специалистов, определенных результатами исследований по введению новой технологии. В практической ситуации, если в план не вошли несколько видов требуемых специалистов и необходимо введение нескольких доплат, это правило также может считаться действующим.

В общей постановке задачи ОУ при ограничениях на ресурсы (6) и программу реализации (4), (5) схема получения формулы доплат не меняется. Размер доплаты на вводимый в план вид r новых технологий можно вычислить как разность между левой и правой частями соответствующего условия двойственной задачи.

Таким образом, надежность подготовки специалистов будет повышена при предоставлении ОУ большей свободы в выборе методик преподавания по заданным учебным программам и повышении доплат преподавательскому составу от увеличения прибыли предприятий ПК.

* * *

Предложенный механизм показал возможности изыскания резервов эффективности управления подготовкой специалистов с помощью обоснованного закрепления в договорных обязательствах сбалансированных положений полномочий и ответственности участников введения новых технологий.

Включение в работу операторов интеллектуальных средств поддержки принятия решений может ввести новую составляющую в использование вычислительной техники. Сочетание оценок, полученных математическими методами, с субъективными оценками, сделанными на основе знаний специалистов, обеспечит гибкость введения новых технологий.

Оценка влияния использования специалиста со старой подготовкой на использование специалиста с новой подготовкой позволит учитывать узкие места при оптимизации плана использования персонала на конкретных предприятиях ПК.

Э

ПЭС 17144 / 24.10.2017

Источники

1. Юркевич Е.В., Секерин В.Д. Логистика образования // Информатизация науки и образования. 2011. № 4.
2. Булатов А.С. Экономика: Учебник для экономических академий, вузов и факультетов. М., 1995.
3. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М.: Мир, 1964.
4. Красильников О.Ю. Отражение структурных сдвигов в теориях экономического роста. Экономика: проблемы теории. Саратов: Научная книга, 2001.
5. Райхлин Э. Основа экономической теории. Экономический рост и развитие. М.: Юрист, 2001.
6. Юркевич Е.В. Механизмы обеспечения функциональной надежности в образовании. М.: FGUP «ПИК ВИНТИ», 2008. 68 с.
7. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса «Финансы и статистика». М., 1997.

References

1. Yurkevich E.V., Sekerin V.D. Logistika obrazovaniya [Logistics of Education]. *Informizatsiya nauki i obrazovaniya*, 2011, no 4.
2. Bulatov A.S. *Ekonomika* [Economics]. Uchebnik dlya ekonomicheskikh akademiy, vuzov i fakul'tetov. Moscow, 1995.
3. Karlin S. *Matematicheskie metody v teorii igr, programmirovani i ekonomike* [Mathematical Methods in Game Theory, Programming and economics]. Moscow, Mir, 1964.
4. Krasil'nikov O.Yu. *Otrazhenie strukturnykh sdvigov v teoriyakh ekonomicheskogo rosta. Ekonomika: problemy teorii* [Reflecting Structural Shifts in Economic Growth Theories. Economics: Problems of Theory]. Saratov, Nauchnaya kniga, 2001.
5. Raykhlin E. *Osnova ekonomicheskoy teorii. Ekonomicheskiy rost i razvitie* [Economic Theory Basis. Economic Growth and Development]. Moscow, Yurist, 2001.
6. Yurkevich E.V. *Mekhanizmy obespecheniya funktsional'noy nadezhnosti v obrazovanii* [Mechanisms for Ensuring Functional Reliability in Education]. Moscow, FGUP "PIK VINITI", 2008, 68 p.
7. Oykhman E.G., Popov E.V. *Reinzhiniring biznesa "Finansy i statistika"* ["Finance and Statistics" Business Reengineering]. Moscow, 1997.