

### 3.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАДРОВОЙ ПОТРЕБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

Егорова Н.Е., д.э.н., профессор, Центральный  
экономико-математический институт  
Российской Академии наук;

Ярошенко Е.В., старший преподаватель  
кафедры Прикладной информатики в экономике,  
Московский государственный университет экономики,  
статистики и информатики

В статье рассматриваются актуальные проблемы формирования оптимальной профессионально-квалификационной структуры персонала предприятий и отраслей экономики. Обосновывается необходимость использования в производственной функции человеческого капитала трудовых ресурсов. Представлен среднесрочный прогноз распределения рабочей силы одной из отраслей экономики по трем уровням образования.

#### ВВЕДЕНИЕ

В современном мире технологическое превосходство стало мощнейшим инструментом международной конкуренции государств. В условиях информационного общества на первый план вышло лидерство государств в области интеллектуальных услуг и высоких технологий. Страны, создающие инновационный, высокотехнологичный товар получили конкурентные преимущества перед другими странами и широкие перспективы на будущее [6].

Переход российской экономики к рыночным условиям хозяйствования привел не только к изменениям в структуре современного рынка труда, но и к появлению новых требований к образованию и квалификации рабочей силы. В условиях формирования инновационной экономики, в целях создания высокотехнологичных товаров, способных конкурировать на внутреннем и внешнем рынках, уровень профессионализма персонала должен быть достаточным для постоянного повышения технологической сложности работ. Поэтому формирование профессионально-квалификационной структуры персонала должно опираться на прогнозы численности групп населения с обязательным учетом их образовательного уровня.

Одной из основных современных макроэкономических проблем сферы занятости является постепенное сокращение численности населения Российской Федерации, а следовательно, и экономической активной его части. По прогнозам Федеральной службы государственной статистики (Росстат) при сохраняющихся тенденциях численность экономически активного населения сократится к 2015 г. на 15%, а после 2015 г. будет уменьшаться более чем на 1 млн. чел. ежегодно.

Неблагоприятный прогноз динамики экономически активного населения усугубляется объективно-действующей тенденцией старения общества. К 2015 г. численность впервые вступающих в трудоспособный возраст будет почти в два раза меньше, чем численность выходящих из него, что приведет к снижению кадрового потенциала российской экономики.

Существенным является тот факт, что увеличивается дисбаланс между структурой подготовки кадров в учебных заведениях профессионального образования и потребностями в них на рынке труда. В значительной степени это обусловлено недостаточно обоснованным планированием объемов и структуры подготовки специалистов на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, которое должно проводиться с учетом перспективной занятости работников востребованной экономикой специальностей на соответствующих рынках труда.

Формирование трудового потенциала неразрывно связано с рынком образовательных услуг. Образование – это особая сфера человеческой жизнедеятельности, в процессе которой человек получает знания, умения, навыки, используемые в

любой сфере деятельности в течение всей жизни. Образование постепенно становится главенствующим, определяющим фактором развития личности, а уровень образования в стране определяет уровень развития общества [4].

В сложившейся ситуации народнохозяйственная актуальность задачи преодоления имеющихся на российском рынке труда диспропорций представляется очевидной. Одним из путей решения этой задачи является формирование более точных прогнозов, адекватно учитывающих количественные и качественные потребности предприятий и отраслей экономики в квалифицированных кадрах.

Эти вопросы актуальны еще и потому, что тенденция к снижению численности экономически активного населения РФ и старение населения трудоспособного возраста приводит к снижению кадрового потенциала российской экономики. Научно-обоснованное прогнозирование численности занятого населения с различными уровнями образования позволит наиболее полно использовать имеющиеся трудовые ресурсы для обоснования государственной политики как в области профессионального образования, так и в области занятости.

В свою очередь формирование эффективной структуры занятости при одновременном совершенствовании структуры управления, организации труда и повышении технического и технологического уровня производства повысит производительность труда и выявит резервы ее роста. Это позволит при меньшей, но более качественно подготовленной численности трудового населения, по меньшей мере, сохранить темпы роста экономики страны и, кроме того, уменьшить импорт трудовых ресурсов и влияние миграционной составляющей.

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАДРОВЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Практической разработкой прогнозов кадровых потребностей отечественного рынка труда занимается целый ряд организаций:

- Институт макроэкономических исследований;
- Институт народнохозяйственного прогнозирования;
- Государственный университет – Высшая школа экономики;
- Петрозаводский государственный университет и др.

Существующие методики прогнозирования потребностей экономики в рабочей силе, разработанные их научными коллективами, основываются чаще всего на статистических и экспертных методах, реже – на методах математического моделирования.

Недостаток данных государственной статистики обусловил частое применение в прогнозах локальных статистических баз данных, сформированных в ходе выборочных обследований населения, социологических опросов крупнейших работодателей и служб занятости. Зачастую несовершенны и используемые методы прогнозирования на основе экстраполяции показателей прошлых периодов в будущее. Такие методы применимы для устойчивых, мало изменяющихся условий, что не соответствует сегодняшнему состоянию экономики РФ.

Научное обобщение и осмысление имеющейся теории и практики определения перспективных потребностей в персонале позволяют сделать вывод о том, что одним из самых удачных, но мало используемых методов прогнозирования социально-экономических процессов является экономико-математическое моделирование с использованием, в частности, аппарата производственных функций. Несмотря на широкое освещение вопросов, связанных с влиянием накопления человеческого капитала персонала на выпуск продукции предприятиями, включение его в производственную функцию в работах отечественных экономистов не получило своего практического продолжения.

## СПРОС И ПРЕДЛОЖЕНИЕ РАБОЧЕЙ СИЛЫ НА РЫНКЕ ТРУДА РОССИИ

На формирование современного российского рынка труда оказывало влияние множество внутренних и внешних факторов. Структурные изменения экономики в период переустройства государственной системы управления привели к сокращению рабочей силы в отраслях, являющихся наиболее трудоемкими и требующими постоянных капитальных вложений и инвестиций. Зато увеличилась численность занятых в экспортно-ориентированных добывающих отраслях, в сфере услуг, в органах управления, в финансовой сфере.

За эти годы профессионально-квалификационная структура рабочей силы претерпела значительные изменения. В структуре занятого населения за период 1992-2008 гг. доля специалистов с профессиональным образованием выросла с 64,1% до 75,3%. Доля специалистов с высшим образованием увеличилась с 18,4% до 27,9% и выпускники вузов стали преобладать в структуре занятого населения. Но, несмотря на высокий уровень образования российской рабочей силы, сложившийся в РФ рынок труда оказался не готов к оживлению в экономике и качественному росту трудовых ресурсов. По оценкам Института народнохозяйственного прогнозирования, более 80% предприятий и организаций по-прежнему ощущают дефицит в рабо-

чих кадрах низкой квалификации, и только 25% – дефицит в специалистах высшей квалификации.

Анализ состояния современного российского рынка труда показал, что на сегодняшний день научно-технический прогресс не оказывает значительного влияния на рост экономики РФ, а увеличение количества работников высшей квалификации на рост производительности труда. Реструктуризация занятости продолжает происходить хаотично, без продуманного регулирования со стороны государства, что приводит к неэффективному использованию трудового потенциала. Появившиеся новые требования к квалификации работников, в частности, к их численности и образованию, не учитываются при формировании задания на подготовку кадров определенной квалификации в области государственного финансирования образования [3].

Рост численности студентов учреждений профессионального образования без привязки к профессионально-квалификационной структуре кадров на федеральных и региональных рынках труда привел к тому, что значительное количество выпускников не могут трудоустроиться по полученной специальности. Ни одна непродовольственная отрасль экономики РФ не развивалась такими высокими темпами, как сфера профессионального образования. По данным Росстата, общая численность студентов только высшего профессионального образования за период 1993-2008 гг. возросла в 2,9 раза (с 2,6 млн. до 7,6 млн. чел.).

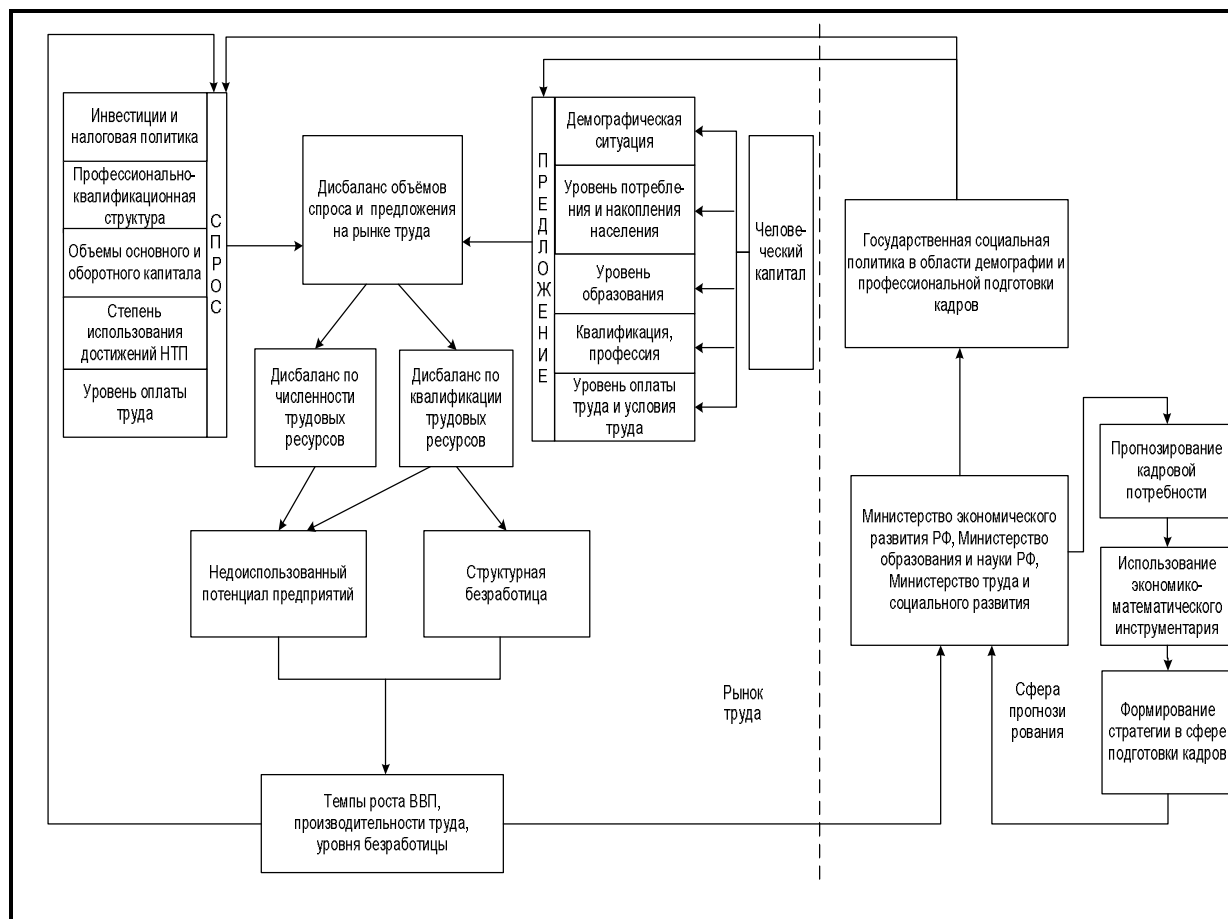


Рис. 1. Влияние факторов, формирующих количественные и качественные потребности рынка труда РФ, на основные макроэкономические индикаторы

Одной из форм проявления нарастающего дисбаланса спроса и предложения рабочей силы на рынке труда является несоответствие структуры подготовки трудовых ресурсов сферой образования структуре потребностей отраслей экономики. Существующее несовершенство подготовки профессиональных кадров приводит к ежегодным потерям государства и дисбалансу спроса-предложения на российском рынке труда. Проблема несбалансированности спроса и предложения на рынке труда приводит к увеличению доли худшей из видов безработицы – структурной безработице. Долгое нахождение специалиста в состоянии незанятости, что характерно для структурного безработного, приводит к снижению мотивации к труду и необходимости перекалфикации, а следовательно, к замедлению процесса замещения вакантных мест в экономике молодыми специалистами.

На формирование дисбаланса объемов спроса и предложения рабочей силы на рынке труда РФ оказывают воздействие множество ценовых и неценовых факторов, представленных в разработанной автором концептуальной схеме (рис. 1). Схема характеризует сложность прямых и обратных связей, определяющих роль рынка трудовых ресурсов в обеспечении устойчивых темпов экономического роста и его влияние на государственную социальную политику.

Одним из важнейших факторов, влияющих на объемы предложения трудовых ресурсов на рынке труда, является неблагоприятная демографическая обстановка в стране. В силу инерционности демографических процессов возможное увеличение спроса на трудовые ресурсы столкнется с их уменьшенным, недостаточным предложением [2]. Тогда для достижения устойчивых показателей экономического роста процесс подготовки работников определенной квалификации востребованных экономикой специальностей за счет государственных средств должен быть спрогнозирован как можно точнее. Создание условий для повышения эффективности производства за счет повышения производительности труда и формирование эффективной структуры занятости населения позволит обеспечить экономике государства долговременный экономический рост, придаст больше гибкости рынку труда.

Использование экономико-математического инструментария для этих целей позволит сформировать сценарии развития рынка труда во взаимосвязи с рынком образовательных услуг, обосновывая государственную политику в области демографии, занятости, профессионального образования. Созданный автором экономико-математический инструментарий состоит из двух взаимосвязанных частей: производственной функции и оптимизационной модели. Их взаимовлияние состоит в том, что основой оптимизационной модели является производственная функция и ее параметры, а исходные данные для производственной функции определяются в ходе решения модели.

Производственные функции позволяют рассмотреть и учесть влияние каждого из ресурсов, участвующих в производстве, на объем выпуска совокупной продукции. При заданном уровне технологий производства объемы трудовых ресурсов зависят, прежде всего, от объемов совокупного выпуска продукции и от объема основных фондов (физического капитала). Простейшая функция связывает только эти показатели.

$$Y(t) = f(K(t), L(t)), \quad t = \overline{1, T}, \quad (1)$$

где

$Y(t)$  – объем выпуска совокупного продукта;

$t$  – год;

$K(t)$  – физический капитал;

$L(t)$  – объем используемых трудовых ресурсов.

Рост экономических показателей не может быть объяснен только количественными изменениями традиционных факторов – трудом, капиталом, природными ресурсами. В производственной функции должен учитываться дополнительный фактор, который накапливается в значительных масштабах и который активно и непрерывно влияет на рост производственных показателей. К таким факторам можно отнести научно-технический прогресс и человеческий капитал персонала. В экономиках развитых стран доля именно этих факторов в экономическом росте составляет более 40-50%, что выводит их в разряд основообразующих и стимулирующих прирост валового внутреннего продукта [4].

Необходимость использования в прогнозах качественных характеристик рабочей силы обусловила необходимость:

- введение понятия человеческого капитала персонала;
- решение проблемы измерения данной экономической категории;
- введения соответствующего экономического индикатора.

Традиционные неоклассические модели экономического роста почти все внимание сосредотачивали на накоплении физического капитала, современные же представления связывают качественный рост экономики с накоплением человеческого капитала, отмечая невозможность повышения эффективности функционирования экономических объектов без учета человеческого фактора. Современная концепция общественного развития именно образование и квалификацию рассматривает как основу экономического роста, базируясь на тезисах о приоритетности человеческого капитала, имеющего большую рентабельность по сравнению с физическим капиталом [5].

## ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ РАБОЧЕЙ СИЛЫ

Активное влияние научно-технического прогресса (НТП) на процессы, происходящие в экономике, ускорило формирование современного представления о первостепенном влиянии умственных способностей человека на итоговые финансовые результаты предприятий. В настоящей работе принимается, что интенсивный рост экономических показателей происходит за счет человеческого капитала персонала, который и является движущей силой, обеспечивающей внедрение достижений НТП в производство.

Человеческим капиталом называют совокупность индивидуально приобретаемых и накапливаемых в течение жизни человека знаний и умений, навыков и опыта работы, реализуемых в трудовой деятельности человека, которые способны приносить доход не только самому человеку, но и предприятию, где он работает [3]. Многие отечественные и зарубежные исследователи, такие как Т. Шульц, Э. Денисон, Г. Беккер, А.И. Добрынин, И.В. Ильинский, Р.И. Капелюшников, А.В. Корицкий, отмечают связь понятий физического и человеческого капитала: оба подвержены физическому и моральному износу, обоим свойственны накопление, сохранение, обесценение, выбытие. При этом ведущую роль отводят человеческому капиталу, так как

только при помощи него и возможно использование и совершенствование физического капитала.

Исследуя составляющие национального богатства США, Всемирный банк оценил их так:

- 76% всего богатства приходится на долю человеческого капитала;
- на долю физического капитала – 19%;
- на долю природного капитала – всего 5%.

В РФ доля человеческого капитала в национальном богатстве составляет 50%, физического 10%, природного 40% [2].

Понятие человеческого капитала охватывает множество различных типов инвестиций в человека. Инвестирование в нематериальный капитал работника может производиться с трех сторон:

- из государственного бюджета в виде затрат на образование в учебных заведениях разных ступеней, на здравоохранение и культуру;
- за счет средств предприятий в виде затрат на подготовку, переподготовку, повышение квалификации сотрудников;
- за счет собственных средств человека.

В силу специфичности человеческого капитала решение об инвестировании будет принято самим человеком вне зависимости от источников капиталовложения, а полученные знания будут неразрывно связаны со своим владельцем.

Использование и накопление индивидуальных знаний и умений работников, с экономической точки зрения, является основой знаний целой компании, повышая ее конкурентоспособность, материальные активы, рыночную стоимость. Американский экономист Г. Беккер отмечает, что прибыли от инвестиций в работника компании могут более чем в три раза превышать прибыли от инвестиций в основные фонды предприятия [1].

При прогнозировании кадровой потребности экономики и формировании стратегии в сфере подготовки кадров важнее учитывать человеческий капитал занятого трудовой деятельностью населения. Именно их нематериальный образовательный, культурный, поли-

тический, гражданский потенциал способен влиять на темпы экономического роста и финансовые показатели предприятий.

На рис. 2 показаны основные факторы, влияющие на источники формирования человеческого капитала трудовых ресурсов, и отражена важность составляющих его частей для трудовой деятельности.

Приоритетными источниками формирования человеческого капитала трудовых ресурсов являются образование и трудовые навыки. Образование рассматривается как доминирующий фактор накопления человеческого капитала, увеличение инвестиций в образование (как со стороны индивидуума, так и со стороны предприятия или государства) как основное условие долгосрочного роста производительности труда и увеличения объемов выпуска продукции.

Недооцененность человеческого капитала и недоиспользование его в трудовой деятельности приводит к уменьшению отдачи от вложенных в работника инвестиций и его декалфикации, к снижению производительности труда и увеличению трудовых затрат предприятий. Поэтому знания, опыт, мастерство именно трудовых ресурсов необходимо учитывать в прогнозах кадровой потребности.

Оценить потенциал работника на рынке труда крайне сложная задача. Сложность стоимостной оценки человеческого капитала состоит в огромном количестве количественных и качественных факторов, по-разному влияющих на величину человеческого капитала и являющимися по своей сути вероятностными величинами. В зависимости от цели исследования методы оценки человеческого капитала могут быть различными – единой методикой оценки ценности человека не существует. Техничко-экономическое обоснование инвестиций в человека со стороны государства, предприятия или самого человека и эффективность этих вложений являются достаточно сложными, плохо структурируемыми задачами [1].

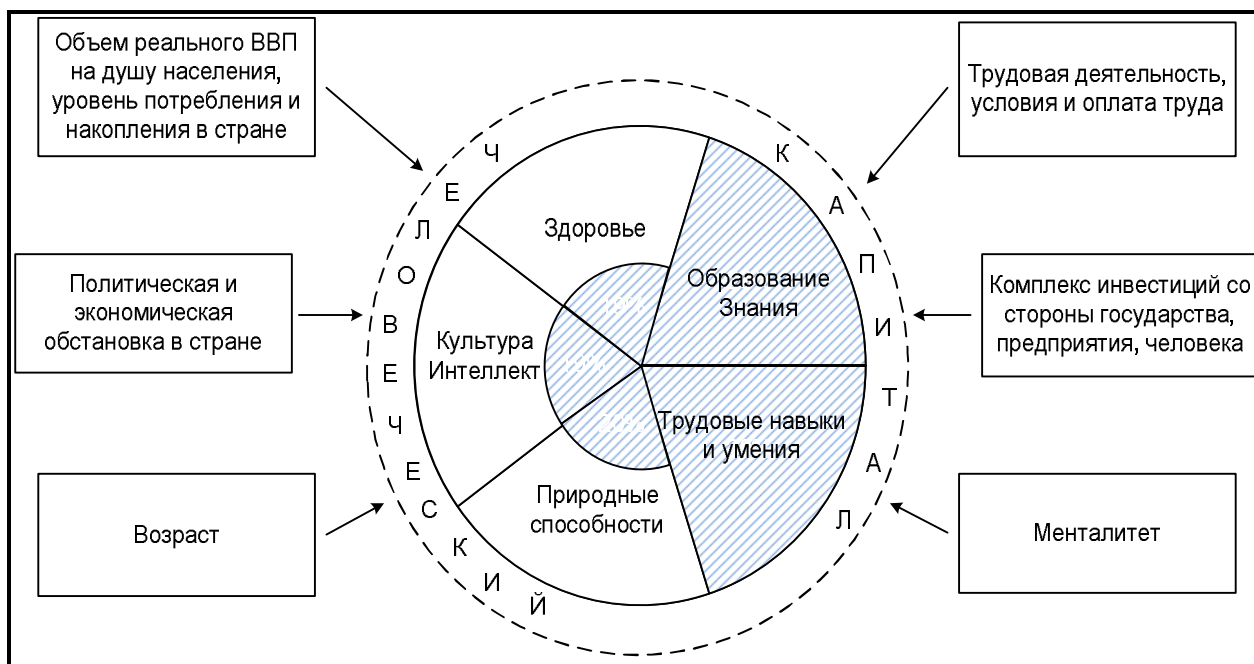


Рис. 2. Факторы, влияющие на формирование человеческого капитала трудовых ресурсов, и степень использования его составляющих в трудовой деятельности

Использование производственных функций с учетом НТП является одним из направлений, способных связывать количественные потребности предприятий и отраслей экономики с качественными характеристиками их рабочей силы. Будущие объемы трудовых ресурсов определяются с помощью аппарата производственных функций с учетом эндогенного, нейтрального по Харроду НТП. Используя такой подход к отражению НТП, носящий трудосберегающий характер, объемы выпуска совокупного продукта на предприятиях и в отраслях экономики зависят от численности занятого населения и от размеров не только физического, но и человеческого капитала:

$$Y(t) = f(K(t), L^*(t), \bar{a});$$

$$L^*(t) = L(t) * H_L(t);$$

$$t = \overline{1, T}, \quad \bar{a} = (a_1, \dots, a_m), \quad (2)$$

где  
 $Y(t)$  – объем выпуска совокупного продукта в году  $t$ ;  
 $K(t)$  – физический капитал;  
 $L^*(t)$  – численность работников с учетом НТП;  
 $L(t)$  – численность работников, соответствующая их количеству при отсутствии НТП;  
 $H_L(t)$  – функция накопления человеческого капитала, отражающая повышение эффективности труда под воздействием НТП;

$\bar{a}$  – вектор параметров функции, подлежащих определению при идентификации модели на основе исходных данных;

$m$  – число параметров.

Проанализированные методы определения размеров человеческого капитала работника позволили сделать вывод о том, что ни один из методов стоимостной оценки человеческого капитала не сможет дать однозначного результата для дальнейшего включения его значений в производственную функцию. Поэтому в производственную функцию включаются не стоимостные значения человеческого капитала, а относительные безразмерные параметры, отражающие степень влияния размеров человеческого капитала работников с определенным образованием на экономические производственные показатели экономических объектов.

### РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТРУДОВЫХ РЕСУРСАХ

Образовательная структура населения предполагает распределение населения по трем основным уровням полученного образования:

- среднему (с наличием основного общего и полного общего образования);
- средне-специальному (с наличием начального и среднего профессионального образования) и высшему (с наличием высшего профессионального образования).

$$\sum_{i=1}^3 L_i(t) = L(t), \quad i = \overline{1, 3}, \quad t = \overline{1, T}; \quad (3)$$

$$g_i = \frac{L_i(t)}{L(t)}, \quad \sum_{i=1}^3 g_i = 1, \quad g_i \geq 0, \quad (4)$$

где  
 $L_i(t)$  – численность работников  $i$ -го уровня образования, участвующих в процессе производства в году  $t$ ;

$L(t)$  – совокупная численность работников;  
 $g_i$  – доля работников, имеющих  $i$ -й уровень образования;  
 $L_1$  – высший уровень образования;  
 $L_2$  – средне-специальный уровень образования;  
 $L_3$  – средний уровень образования.

Для определения перспективной потребности предприятий и отраслей экономики в рабочей силе различного уровня образования был построен алгоритм, представленный на рис. 3.

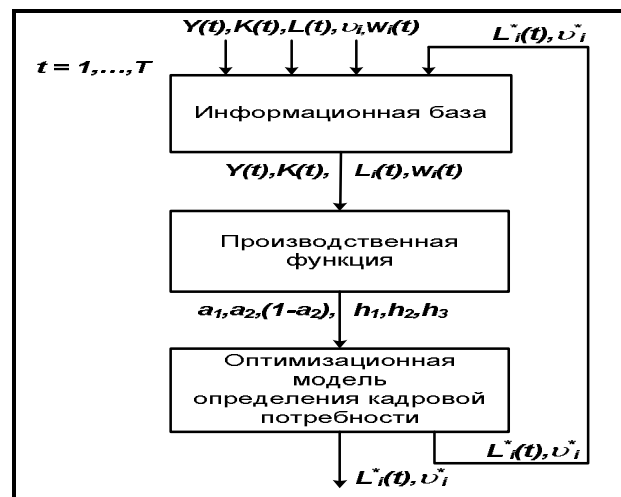


Рис. 3. Алгоритм определения оптимальной численности работников с различными уровнями образования

Создание информационной базы модели предусматривает сбор и систематизацию исходных данных значений  $K(t)$ ,  $L(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $w_i(t)$ ,  $v_i$  за период 1995-2008 гг., на основе которых строится производственная функция. Вид функциональной зависимости между объемом выпуска и факторами производства определяется в результате проведения спецификации функции, которая позволит выбрать наилучшую аналитическую форму производственной функции. Идентификация параметров производственной функции осуществляется с помощью модели линейной регрессии методом наименьших квадратов.

Для определения оптимального распределения совокупной численности трудовых ресурсов по уровням имеющегося у них образования на период 2008-2011 гг. разрабатывается экономико-математическая модель, за критерий оптимальности которой принимается совокупная полезность труда работников всех уровней образования.

Пополнение информационной базы происходит из двух источников: за счет данных, полученных из статистических источников  $K(t)$ ,  $L(t)$ ,  $Y(t)$  и  $w_i(t)$ , а также за счет полученных в предыдущем прогнозируемом году значений долей работников определенного уровня образования  $v_i$ . Полученные значения включаются в исходный временной ряд, и по обновленным значениям увеличившегося временного ряда проводится повторная параметризация производственной функции. Используя обновленные исходные данные и новые параметры производственной функции, вновь определяется оптимальное распределение работников по уровням образования на следующий год.

Таким образом, оптимальные значения численности рассчитываются пошагово на каждый год прогнозируемого периода и являются основой для поиска рациональной структуры трудовых ресурсов в следующем году. Результаты прогноза, полученные в конце прогнозируемого периода, используются для принятия управленческого решения о целесообразности наличия сотрудников определенного уровня образования на предприятиях и в отраслях экономики.

Осуществляя спецификацию функции, анализу были подвергнуты существенные факторы производства, в число которых в соответствии с принятой гипотезой был добавлен человеческий капитал трудовых ресурсов. Принимая, что НТП происходит за счет накопления на предприятиях человеческого капитала работников и проявляется в постепенном увеличении их трудоотдачи, была построена функция, которая наиболее полно и адекватно описывает механизм развития экономики, связывая воедино труд, капитал и человеческий капитал трудовых ресурсов. Основой для выбора аналитической формы производственной функции являются существующие закономерности и особенности взаимосвязи между факторами производства. Формирование человеческого капитала, процессы его накопления и отдачи в трудовой деятельности связаны с фактором времени и функция его накопления  $H_i(t)$  постепенно растет во времени. Если фактор времени не учитывается, то модель не будет адекватна описываемой реальности.

Рассмотрено несколько подходов к включению в производственную функцию накопления человеческого капитала, в соответствии с которыми построено несколько модификаций производственной функции. У каждой из функций найдены числовые значения параметров. Среди построенных функций выбрана та, у которой сумма квадратов отклонений значений построенной производственной функции от наблюдаемых значений наименьшая. Функция, в которой накопление человеческого капитала отражается через экспоненциальную функцию, лучше других отображает имеющуюся статистику. В ней степень влияния человеческого капитала работника с определенным образованием на экономические производственные показатели предприятий выражается через безразмерный коэффициент человеческого капитала  $h_i$ , который включается в производственную функцию как множитель, зависящий от времени и выраженный через экспоненту:  $e^{h_i t}$ . Коэффициенты человеческого капитала  $h_i$  так же как и параметры производственной функции, подлежат определению через процедуру параметрической идентификации на основе исходных данных.

Производственная функция представляет собой степенную мультипликативную функцию, в которой множители являются факторами производства, а степень при факторе производства отражает вклад данного фактора в выпуск продукта:

$$Y(t) = a_1 * K(t)^{a_2} * \left( \sum_{i=1}^3 L_i(t) * e^{h_i t} \right)^{1-a_2}, \quad i = \overline{1,3}, \quad t = \overline{1,T}, \quad (5)$$

где

$Y(t)$  – объем выпуска совокупного продукта в году  $t$ , руб.;

$t$  – номер года;

$T$  – длина временного ряда;

$i$  – уровень образования;

$K(t)$  – объем основных производственных фондов предприятий в году  $t$ , руб.;

$L_i(t)$  – численность работников  $i$ -го уровня образования, участвующих в процессе производства в году  $t$ , чел.;

$h_i$  – коэффициент человеческого капитала работника с  $i$ -м уровнем образования, характеризующий темп прироста выпуска совокупного продукта под влиянием накопления человеческого капитала работника с  $i$  уровнем образования, б/р;

$a_1$  – коэффициент совокупной производительности факторов производства, характеризующий уровень развития технологии, б/р;

$a_2$  – коэффициент эластичности по капиталу, позволяющий оценить вклад физического капитала в совокупный выпуск продукта, б/р;

$(1 - a_2)$  – коэффициент эластичности по труду, позволяющий оценить вклад уровня занятости в совокупный выпуск продукта, б/р.

$$a_1 > 0, \quad 0 \leq a_2 \leq 1, \quad 0 \leq (1 - a_2) \leq 1. \quad (6)$$

Коэффициент совокупной производительности факторов производства  $a_1$  отражает зависящий от времени рост эффективности всех факторов производства. Сумма коэффициентов эластичности по труду и капиталу равна единице в случае постоянной отдачи от масштаба производства. Эти коэффициенты положительны и постоянны.

По временным рядам затрат ресурсов и объемов выпуска за период 1995-2008 гг. по виду экономической деятельности «Образование» определены параметры производственной функции. Оценка параметров произведена с помощью модели множественной линейной регрессии с использованием метода наименьших квадратов. Для оценки производственной функции с помощью модели линейной регрессии степенная производственная функция подвергается линеаризации путем логарифмирования ее правой и левой части.

$$\ln Y(t) = \ln a_1 + a_2 \ln K(t) + (1 - a_2) * \ln \sum_{i=1}^3 (L_i(t) * e^{h_i t}). \quad (7)$$

Оценка уравнения линейной регрессии осуществляется по рядам логарифмов исходных данных. Параметры функции  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  определены по методу наименьших квадратов. Этот метод позволяет находить наилучшие значения неизвестных величин, при которых сумма квадратов отклонений расчетных значений уровня от фактических значений была бы минимальной. После произведенной оценки функция принимает вид:

$$Y(t) = 3,486 * K(t)^{0,749} * (L_1(t) * e^{0,415t} + L_2(t) * e^{0,169t} + L_3(t) * e^{0,066t})^{0,251}. \quad (8)$$

Найденные эластичности выпуска по капиталу и труду позволяют оценить процентное изменение выпуска продукта в зависимости от изменения затрат каждого фактора производства. Доли факторов в доходе равны эластичностям совокупного выпуска по факторам. Коэффициент  $a_2 = 0,749$  отражает долю капитала в совокупном доходе, а коэффициент эластичности по труду  $(1 - a_2) = 0,251$  отражает долю труда в совокупном доходе. Значительное превышение  $a_2$  над  $a_3$  позволяет сделать вывод, что вклад физического капитала в совокупный выпуск продукта значительнее, чем вклад уровня занятости. При этом суммарная экономическая эффективность остается неизменной. Это говорит о том, что имеет место фондоинтенсивный или трудосберегающий рост. Найденные значения коэффициен-

тов человеческого капитала работников  $h_1, h_2, h_3$  отражают темп прироста выпуска совокупного продукта под влиянием накопления человеческого капитала работника с определенным уровнем образования.

Проведенный анализ точности производственной функции показал, что разница между фактическим и модельным значениями объема выпуска совокупного продукта малозначительна, относительная ошибка прогноза составляет 7,92%. Величина ошибки прогноза незначительна, что говорит о хорошей точности построенной функции и об адекватности ее реальным данным.

$$\delta(t) = \frac{Y^*(t) - Y(t)}{Y(t)} * 100\% = 7,9208\%, \quad (9)$$

где

$\delta(t)$  – относительная ошибка прогноза;

$Y(t)$  – фактическое значение показателя;

$Y^*(t)$  – прогнозное значение показателя.

Для проверки качества построенной производственной функции найден коэффициент детерминации, показывающий насколько в процентном содержании изменения результирующего признака объясняются изменениями факторных признаков и насколько полно они учтены в функции. Значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,9632$  близко к единице, что говорит о хорошем качестве полученного результата. Факторные признаки объясняют результирующий признак на 96%, что позволяет сделать вывод о пригодности построенной функции на практике в связи с наличием между показателями тесной связи.

Верификация построенной производственной функции на ретроспективных данных за период 1995-2008 гг. подтвердила, что функция выбрана правильно, она адекватна реальным данным и имеет хорошую точность.

Используя построенную производственную функцию, разработана оптимизационная экономико-математическая модель определения оптимального кадрового состава предприятий и отраслей экономики с учетом образовательного уровня их персонала.

Кадровая политика на микроуровне состоит в распределении фонда оплаты труда между работниками в зависимости от фактической производительности их труда. Предельная производительность труда отражает стоимость единицы труда разной квалификации для предприятия при существующей на данный момент технологии производства и показывает, на сколько размер человеческого капитала работника с  $i$ -м уровнем образования повлияет на прирост выпуска совокупного продукта.

$$Q_i(t) = \frac{\partial Y(t)}{\partial L_i(t)} = a_1 * (1 - a_2) * e^{h_i * t} * \left( \frac{K(t)}{\sum_{i=1}^3 L_i(t) * e^{h_i * t}} \right)^{a_2}, \quad (10)$$

$t = T,$

где  $Q_i(t)$  – предельная производительность труда работника  $i$  уровня образования в году  $t$ ,

$\frac{K(t)}{\sum_{i=1}^3 L_i(t) * e^{h_i * t}}$  – капиталовооруженность труда.

Работники с определенным уровнем образования полезны предприятию до тех пор, пока предельная до-

ходность от них или равна или превышает затраты предприятия на содержание этих работников. Распределение занятых работников эффективно до тех пор, пока каждый дополнительный работник приносит дополнительный доход, равный предельным издержкам на труд этого работника.

$$\sum_{i=1}^3 Q_i(t) \geq \sum_{i=1}^3 w_i(t), \quad (11)$$

где

$\sum_{i=1}^3 Q_i(t)$  – совокупная полезность труда всего персонала;

$w_i(t)$  – затраты предприятия на содержание работника с  $i$  уровнем образования.

В целях определения в году  $t$  оптимальной численности работников с различными уровнями образования, максимизирующей совокупную полезность труда работников всех уровней образования, разработана следующая экономико-математическая модель.

Требуется определить переменные.

$$L_i^*(t) \text{ и } v_i^*, \quad i = 1, 3, \quad t = 1, T,$$

для которых функция

$$a_1 * (1 - a_2) * \sum_{i=1}^3 e^{h_i * t} * \left( \frac{K(t)}{\sum_{i=1}^3 L_i(t) * e^{h_i * t}} \right)^{a_2} \rightarrow \max, \quad (12)$$

и выполняются следующие ограничения:

$$\sum_{i=1}^3 L_i(t) = L(t), \quad \vartheta_i = \frac{L_i(t)}{L(t)}, \quad \sum_{i=1}^3 \vartheta_i = 1; \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^3 L_i(t) * w_i(t) \leq \varphi(t) * Y(t); \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^3 Q_i(t) \geq \sum_{i=1}^3 Q_i^{ucx}(t); \quad (15)$$

$$K(t) > 0, \quad Y(t) > 0, \quad L_i(t) > 0, \quad L > 0, \quad \vartheta > 0, \quad a_1 > 0, \quad a_2 > 0, \quad h_i > 0. \quad (16)$$

Здесь  $U^{общ}(t)$  – совокупная полезность работников всех уровней образования;

$T$  – последний год исследуемого временного ряда;

$i$  – уровень образования;

$Y(t)$  – объем выпуска совокупного продукта в году  $t$ ;

$K(t)$  – объем основных производственных фондов предприятий;

$L(t)$  – совокупная численность работников;

$L_i(t)$  – численность работников  $i$ -го уровня образования;

$v_i$  – доля работников, имеющих  $i$ -й уровень образования;

$\varphi(t)$  – удельный вес оплаты труда наемных работников в объеме совокупного выпуска продукта;

$w_i(t)$  – затраты предприятия на содержание работника с  $i$ -м уровнем образования;

$\sum_{i=1}^3 Q_i(t)$  – совокупная полезность труда работников всех уровней образования при оптимальном распределении работников по уровням образования;

$\sum_{i=1}^3 Q_i^{ucx}(t)$  – совокупная полезность труда работников всех уровней образования при исходном распределении работников по уровням образования.

Таблица 1

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПО УРОВНЯМ ОБРАЗОВАНИЯ (РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ)

| Год  | Высшее образование |                 |       | Средне-специальное образование |                 |       | Среднее образование |                 |       |
|------|--------------------|-----------------|-------|--------------------------------|-----------------|-------|---------------------|-----------------|-------|
|      | $L_1^*(t)$         | Доля $L_1^*(t)$ | $h_1$ | $L_2^*(t)$                     | Доля $L_2^*(t)$ | $h_2$ | $L_3^*(t)$          | Доля $L_3^*(t)$ | $h_3$ |
| 2008 | 2 813 549          | 0,468           | 0,415 | 2 153 184                      | 0,358           | 0,169 | 1 043 268           | 0,174           | 0,066 |
| 2009 | 2 844 925          | 0,473           | 0,445 | 2 099 933                      | 0,349           | 0,18  | 1 043 881           | 0,173           | 0,069 |
| 2010 | 2864078            | 0,476           | 0,448 | 2 045 533                      | 0,340           | 0,182 | 984 967             | 0,164           | 0,071 |
| 2011 | 2 928 659          | 0,486           | 0,456 | 2 110 500                      | 0,350           | 0,191 | 926 139             | 0,154           | 0,072 |

Целевая функция (12) характеризует максимизацию критерия оптимальности и показывает взаимосвязь между численностями работников, обладающих  $i$ -м уровнем образования и эффективностями их труда. В качестве критерия оптимальности рассматривается максимум совокупной полезности труда работников в зависимости от наличия у рабочей силы разного уровня профессионального образования. Численность работников с  $i$ -м уровнем образования будет тем большей, чем больший вклад в общее повышение эффективности производства они внесли.

Ограничение (13) отражает трудовой баланс занятых работников. Сумма численностей работников разных уровней образования не должна превышать заданную величину  $L(t)$ .

Ограничение (14) показывает, что затраты предприятий на труд работников не должны превышать величину фонда оплаты труда при существующем исходном распределении работников. Удельный вес затрат предприятий на оплату труда наемных работников в объеме выпуска продукта  $\varphi(t)$ , а также размеры затрат предприятия на содержание работника  $w_i(t)$  являются управляющими переменными и позволяют предприятиям управлять размерами своей прибыли.

Ограничение (15) показывает, что совокупная полезность работников при оптимальном их распределении по уровням образования не должна быть ниже совокупной полезности работников при исходном распределении работников по уровням образования.

Ограничение (16) отражает условия неотрицательности переменных и параметров производственной функции.

Предложенная модель представляет собой целевую функцию, характеризующую максимизацию критерия оптимальности и ограничений на решение задачи. Модель является задачей нелинейного программирования. Распределение численности занятого населения по группам в зависимости от уровня профессионального образования находится путем решения задачи условной оптимизации.

## ПРОГНОЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПОЛУЧЕННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Модель определения оптимальной среднегодовой численности работников с различными уровнями образования была реализована на статистических данных по виду экономической деятельности «Образование» за период 1995-2008 гг. и на прогнозных данных за период 2008-2011 гг. Результаты оптимального распределения численности работников в зависимости от уровня их образования представлены в табл. 1.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения результатов исследования организациями любых видов экономической деятельности и отраслями экономики для управления собственной структурой занятости. Применение найденных оптимальных значений численности персонала позволит руководству предприятий корректировать кадровую политику, что повысит эффективность формирования трудовых ресурсов на рассматриваемых экономических объектах.

Созданный алгоритм определения потребности экономики РФ в работниках с разными уровнями образования позволяет получить прогноз численности персонала предприятий и отраслей экономики с учетом эффективности их труда и может рассматриваться как инструмент формирования государственной политики в области профессионального образования.

Количественные потребности предприятий и отраслей в рабочей силе различного уровня образования напрямую связаны с системой профессионального образования. Поэтому результаты прогноза рынка труда, а также сам алгоритм определения оптимальной численности могут послужить основой для формирования стратегии развития системы профессионального образования в области государственного финансирования образования. Полученные результаты могут быть использованы для формирования государственного и регионального заказа на подготовку специалистов системой профессионального образования.

## Литература

1. Беккер Г.С. Человеческий капитал: теоретический и эмпирический анализ, с особым вниманием к образованию [Текст] / Г.С. Беккер. – Чикаго, 1997.
2. Капелюшников Р.И. Человеческий капитал России: эволюция и структурные особенности [Текст] / Р.И. Капелюшников // Вестник общественного мнения : Данные. Анализ. Дискуссии. – 2005. – №4. – С. 46-54.
3. Коровкин А.Г. и др. Макроэкономические проблемы сферы занятости и рынка труда в России и некоторые направления их решения [Текст] / А.Г. Коровкин, И.Б. Королев, А.Б. Полежаев // Концепции. – 2003. – №2.
4. Образование в странах с переходной экономикой: задачи развития [Текст] : доклад / Всемирный банк. – 2000. – 183 с.
5. Смирнов И.П. Государственный дисбаланс и как с ним бороться [Электронный ресурс] / И.П. Смирнов // Третья Всероссийская научно-практическая Интернет-конференция «Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России». 2006. URL: <http://labourmarket.ru/conf3/reports/smironov.doc>
6. Чижова Л.С. Механизм взаимодействия рынков труда и образовательных услуг [Текст] : методологические подходы / Л.С. Чижова // Человек и труд. – 2004. – С. 37-40.

Егорова Наталья Евгеньевна  
E-mail: [nyegorova@mail.ru](mailto:nyegorova@mail.ru)

Ярошенко Елена Валерьевна  
E-mail: [eiarochenko@mesj.ru](mailto:eiarochenko@mesj.ru)



### Ключевые слова

Факторы производства; производственная функция; прогнозирование; человеческий капитал; рынок труда; дисбаланс спроса и предложения; трудовые ресурсы; квалификации персонала; демографические процессы; образование; научно-технический прогресс.

### РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы: количественные потребности экономики в кадрах разной квалификации в силу своей необходимости все чаще становятся объектом исследования. В рецензируемой статье рассматривается крайне важная и актуальная задача определения потребности предприятий и отраслей экономики в работниках различного уровня образования с учетом требований рынка труда во взаимосвязи его с рынком образовательных услуг. Актуальность темы исследования определяется значимостью формирования рациональной государственной политики в области занятости и в сфере образования.

Авторы отмечают, что в целях сохранения устойчивого состояния экономики Российской Федерации и дальнейшего роста, следует обратить особое внимание на качественное воспроизводство трудовых ресурсов. Именно это направление максимально способно связать структуру подготовки специалистов системой профессионального образования со структурой производства.

Научная новизна и практическая значимость: результаты, представленные в статье, содержат элементы научной новизны и имеют практическую значимость. Предложенная к рассмотрению экономико-математическая модель, а также сам алгоритм определения кадровой потребности, учитывающие влияние человеческого капитала работника на экономические показатели предприятий, способны стать инструментом в решении проблем кадрового управления отраслями экономики. Проведенное исследование влияния научно-технического прогресса и уровня образования персонала предприятий на выпуск продукции представляет значительный интерес с точки зрения повышения прибыльности предприятий и организаций и перспектив экономического роста. Учет влияния человеческого капитала в качестве дополнительного фактора производства, несомненно, расширяет область применения аппарата производственных функций при прогнозировании социально-экономических процессов.

В качестве рекомендации следует предложить авторам в дальнейших исследованиях разработать несколько сценариев прогноза ежегодного баланса распределения совокупной численности работников по уровням образования.

Заключение: представленная к рецензии статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным работам, и рекомендуется к публикации.

*Тельнов Ю.Ф., д.э.н., профессор, проректор по научной работе и учебно-методическому объединению Московского государственного университета экономики, статистики и информатики*

## 3.2. MODELLING OF STAFF REQUIREMENT OF ENTERPRISES AND ECONOMY SECTORS

N.E. Yegorova, Doctor of Science (Economics), Professor, the Central Economic-mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences;

E.V. Iaroshenko, the Senior teacher of Chairs of Applied Computer Science in Economy, the Moscow State University of Economy, Statistics and Computer Science

In the article current problems of forming the optimal professional qualification structure of staff of enterprises and in sectors of economy are discussed. The medium-term forecast of manpower distribution of one of economy sectors into three educational levels is presented. Necessity to use the human capital of workforce in the production function is proved.

### Literature

1. L.S. Tchizhova. The Mechanism of interaction of labor markets and educational services Methodological approaches [text] // the Person and work № 8, 2004 – p. 37-40
2. Education in the countries with transitive economy: development problems [text] / the Report of the World Bank // the In-

ternational bank of reconstruction and development / the World Bank, 2000. 183 p.

3. A.G. Korovkin, I.B. Korolev, A.V. Polezhaev. Macroeconomic of a problem of sphere of employment and a labor market to Russia and some directions of their decision [text] // Concepts №2 (12), M. : CEMI the RAS, 2003.
4. R.I. Kapelushnikov. The human capital of Russia: evolution and structural features [text] // The public opinion Bulletin: The Data. The analysis. Discussions. №4 (78). M. : GU-VSHE, 2005 – p. 46-54.
5. I.P. Smirnov. State a disbalance and as with it to struggle [the electronic resource] // the Third All-Russia scientifically-practical Internet conference «Supply and demand on a labor market and the market of educational services in regions of Russia», 2006, URL : <http://labourmarket.ru/conf3/reports/smirnov.doc>
6. G.S. Backer. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education [text] / Chicago, 1997.

### Keywords

Factors of production; production function; forecasting; the human capital; labor market; imbalance of supply and demand; manpower; staff qualification; demographic processes; education; scientific technological progress.