

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Александр Евгеньевич ВАРШАВСКИЙ^{а*}, Екатерина Владимировна КОЧЕТКОВА^б

^а доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, главный научный сотрудник, научный руководитель лаборатории, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Российская Федерация
varshav@cemi.rssi.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8229-3692>
SPIN-код: 7987-6250

^б научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Российская Федерация
k.v.kochetkova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9058-2128>
SPIN-код: 4099-8436

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 01.03.2018
Получена в доработанном виде 12.03.2018
Одобрена 21.03.2018
Доступна онлайн 29.05.2018

УДК 330.4; 331.5

JEL: C30, C50, J24, J44,
O40

Ключевые слова:

инженерно-технические специалисты, модель, рынок труда

Аннотация

Предмет. Исследование и моделирование рынка труда инженерно-технических специалистов и возможностей оценки перспективного дисбаланса спроса и предложения данной категории кадров.

Цели. Анализ существующих моделей рынка труда инженерно-технических и других специалистов, выявление факторов, влияющих на спрос и предложение инженерно-технических специалистов, с помощью моделирования, разработка и апробация по данным для США и России замкнутых моделей рынка труда инженерно-технических специалистов.

Методология. Использованы экономико-статистический анализ и моделирование, межстрановые сопоставления.

Результаты. На основе известных зарубежных моделей рынка труда специалистов высшей и средней квалификации предложены два вида замкнутых моделей для анализа динамики рынка труда инженерно-технических специалистов: более простая, являющаяся близкой к уже известным моделям, и более сложная, включающая ряд новых блоков. Апробация этих моделей по данным для США позволила разработать их модификации для рынка труда инженерно-технических специалистов России. На основе усложненной модели с учетом результатов, полученных в предыдущих работах авторов, проведен анализ возможного дисбаланса спроса и предложения инженерно-технических специалистов до 2020 г.

Выводы. Результаты моделирования позволяют оценить возможную несбалансированность спроса и предложения инженерно-технических специалистов до 2020 г. Они показывают актуальность повышения привлекательности условий труда, качества инженерно-технического образования, совершенствования системы мониторинга потребности в кадрах по специальности и системы планирования подготовки специалистов, развития сферы НИОКР, обрабатывающей промышленности, сектора наукоемких услуг и в целом реиндустриализации экономики России. В дальнейшем при моделировании рынка труда инженерно-технических специалистов необходимо уделить внимание поведенческим моделям выбора профессии, процессам деиндустриализации и реиндустриализации, аутсорсинга и офшоринга.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Моделирование показателей спроса и предложения инженерно-технических специалистов // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 886 – 905.

<https://doi.org/10.24891/ea.17.5.886>

Введение

Структурная несбалансированность спроса и предложения инженерно-технических специалистов (ИТС) в Российской Федерации в настоящее время негативно сказывается на развитии научно-технологической сферы, промышленности и экономики в целом. Инженеры особенно востребованы в наукоемких отраслях, в том числе относящихся к ОПК, радиоэлектронике, химической промышленности, авиационной промышленности, телекоммуникациях, металлургии, энергетике, автомобилестроении и др.¹ Высокий спрос на инженеров однако часто сопровождается относительно низким уровнем заработной платы, отмечаются также трудности в поиске работы по специальности. Необходимо учитывать и то, что многие развитые страны осуществляют политику привлечения квалифицированных специалистов из-за рубежа для компенсации дефицита ИТС, и это создает дополнительную проблему утечки мозгов для России [1].

Цель нашего исследования – разработка моделей для анализа и прогноза рынка труда ИТС России. На основе известных зарубежных моделей рынка труда специалистов высшей и средней квалификации предложены два вида замкнутых моделей для анализа динамики рынка труда ИТС: более простая, являющаяся близкой к уже известным моделям, и более сложная, включающая ряд новых блоков. Апробация этих моделей по данным для США позволила разработать их модификации для рынка труда ИТС России.

Общие принципы построения моделей для исследования рынка труда ИТС

Одним из общепринятых подходов для оценки и прогнозирования численности трудовых

ресурсов и определения потребности в подготовке кадров является использование моделей временных рядов (см., например, работы [2–4], где рассмотрены модели авторегрессии и скользящего среднего и др.). Однако точность прогнозирования показателей с помощью таких моделей, так же как и их теоретическая обоснованность, в ряде случаев оказываются недостаточными, что отмечается в работах² [5, 6]. Более высокую точность обеспечивают многофакторные модели, в которых индикаторы рынка труда зависят от ряда экономических показателей (см. также работу [7]).

Например, в работе [8] приведена замкнутая модель, эндогенными переменными в которой являются численность абитуриентов и выпускников инженерных специальностей, а также уровень заработной платы инженеров. При этом предполагается, что выбор абитуриентами специальности зависит от уровня заработной платы как инженеров, так и специалистов альтернативных профессий. В свою очередь уровень оплаты труда инженеров зависит от численности выпускников инженерно-технических специальностей, расходов на НИОКР и объемов производства продукции длительного пользования. Предполагается, что экономическая ситуация влияет на выбор профессии, в частности предложение труда зависит от динамики выпуска продукции отраслей, предъявляющих спрос на соответствующие группы специалистов. Данная модель состоит из четырех блоков:

- блок формирования численности абитуриентов инженерно-технических специальностей;
- блок предложения труда выпускников (бакалавров) инженерных специальностей;
- блок формирования уровня оплаты труда;

¹ Кадровый голод в ОПК. Дефицит инженеров и рабочих сорвет выполнение госпрограммы вооружения // Военно-промышленный курьер. 2013. № 20. URL: <http://vpk-news.ru/articles/16084>; Серова Л.М., Степуть И.С. Актуальные проблемы подготовки и трудоустройства кадров инженерно-технического профиля в Российской Федерации // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России». 30–31.10.2013. URL: http://labourmarket.ru/conf10/reports/serova_stepusj.doc

² Schlotter M. Origins and Consequences of Changes in Labour Market Skill Needs. URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjxq4GR9ffZAhXJApoKHQ7QB1IQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eenee.de%2Fdms%2FEENEE%2FAnalytical_Reports%2FEENEE_AR4.pdf&usq=AOvVaw3zOr7M6wEkCVtIGZx7pVmd

- блок формирования ожиданий уровня оплаты труда инженерных специалистов и специалистов альтернативных профессий абитуриентами.

Моделирование проводилось для периода 1964–1973 гг.

Однако затем рядом авторов были высказаны сомнения относительно того, что данную модель можно использовать для объяснения динамики предложения труда инженеров из-за отсутствия учета или прекращения действия некоторых факторов. Отмечались также другие недостатки, в частности низкая эластичность заработной платы относительно изменения спроса и предложения специалистов в краткосрочном периоде и др. (см., например, работы [9–11]).

В дальнейшем в работах [12–15] были предложены модификации этой модели, в которых в качестве факторов были использованы относительная величина заработной платы по специальности (например, по отношению к заработной плате специалистов высшей квалификации), численность занятых инженеров, а также учитывались факторы престижности профессии, уровень успеваемости студентов.

Проведенный нами ретроспективный анализ спроса и предложения инженерно-технических специалистов по данным для США показал, что на рынок труда ИТС с середины 1980-х гг. оказывали влияние также рост спроса на ИТС со стороны интенсивно развивавшегося с 1970-х гг. сектора услуг (в том числе услуг, связанных с НИОКР, инженерными и конструкторскими работами, проектированием, архитектурной деятельностью, информационными технологиями); перенос производств товаров длительного пользования в развивающиеся страны с более низкой стоимостью труда; привлечение специалистов из-за рубежа для ликвидации краткосрочного дисбаланса спроса и предложения специалистов; рост численности приезжих студентов (в особенности инженерно-технических, математических и компьютерных специальностей); значительная доля абитуриентов, меняющих специализацию

в процессе обучения (по оценкам экспертов, от 30 до 50% [14]). Некоторые из этих факторов (доля сектора услуг) учтены при разработке соответствующих моделей для России.

На основе указанных работ нами разработаны два вида замкнутых моделей для анализа динамики рынка труда ИТС: модель 1, являющаяся близкой к уже известным моделям, и модель 2, усложненная, включающая ряд новых блоков.

Модель 1 состоит из трех блоков:

- 1) блок численности выпускаемых инженерно-технических специалистов:

$$E_t = F_{11}(E_{t-1}, W_{t-4}); \quad (1)$$

- 2) блок формирования уровня заработной платы:

$$W_t = F_{12}(E_t, X_t); \quad (2)$$

- 3) блок численности занятых инженерно-технических специалистов:

$$ET_t = F_{13}(E_t, Z_t), \quad (3)$$

где E_t – численность выпуска ИТС;

W_t – уровень заработной платы ИТС;

ET_t – численность занятых ИТС;

X_t – дополнительные факторы, влияющие на уровень заработной платы (например, доля оборонных расходов в ВВП);

Z_t – дополнительные факторы, определяющие уровень занятости инженерно-технических специалистов (например, уровень заработной платы ИТС, лаговая переменная и т.п.).

Модель 2 представляет собой усложненный вариант модели 1. В этой модели дополнительно учитываются динамика выпуска специалистов инженерно-технических и социально-гуманитарных направлений подготовки, влияние инженерно-технического потенциала на рост совокупной производительности факторов производства. Таким образом, блок формирования численности выпуска ИТС заменен

динамической моделью выпуска двух агрегированных групп специалистов, а вместо блока заработной платы введен блок общей производительности факторов производства (total factor productivity, TFP), отражающий вклад инженерно-технического кадрового потенциала в экономический рост. Модель состоит из следующих блоков:

- 1) блок формирования численности выпуска ИТС:

$$\begin{aligned} \Delta e_t &= e_{t-1} \times F_{21}(e_{t-1}, s_{t-1}, R_{t-i}); \\ \Delta s_t &= s_{t-1} \times F_{22}(e_{t-1}, s_{t-1}, U_{t-j}); \end{aligned} \quad (4)$$

- 2) блок совокупной производительности факторов производства:

$$TFP_t = F_{23}(ET_t), TFP_t = Y_t / [AF_t^\alpha L_t^{1-\alpha}]; \quad (5)$$

- 3) блок численности занятых инженерно-технических специалистов:

$$ET_t = F_{24}(E_t, Q_t), \quad (6)$$

где e_t – доля выпускников инженерно-технических специальностей в общем выпуске;

s_t – доля выпускников социально-гуманитарных специальностей в общем выпуске;

Y_t – ВВП (в сопоставимых ценах);

F_t – основные фонды (в сопоставимых ценах);

L_t – численность занятых;

ET_t – численность ИТС,

R_t, U_t, Q_t – дополнительные факторы (например, темп прироста ВДС сектора услуг; темп прироста ВДС обрабатывающей промышленности; доля ВДС услуг в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем, в ВВП, лаговая переменная и др.), которые могут отличаться в моделях для разных стран и периодов.

Введение лаговых переменных в блоке формирования численности выпуска ИТС позволяет учитывать влияние общественного мнения (peer effect) на принятие решения абитуриентом, а также ожиданий будущего спроса на выбираемую профессию. Величина запаздывания в переменных R_{t-i} и U_{t-j} выбрана исходя из среднего числа лет, необходимого для подготовки специалистов соответствующего профиля³.

В разработанных моделях, в отличие от модели, приведенной в работе [8], предложение труда определяется с помощью блока численности выпуска специалистов, включен блок формирования численности занятых специалистов и исключен блок численности абитуриентов.

Рассмотрим возможность реализации этих типов моделей для анализа показателей рынка труда ИТС в США и России.

Модели рынка труда ИТС для США

Разработка моделей вида 1 и 2 по данным для США была проведена с использованием статистической информации BLS⁴, BEA⁵, NCES⁶, NSF⁷.

Модель 1 включает 3 блока:

- 1) блок численности выпускаемых инженерно-технических специалистов:

$$E_t = a_1 E_{t-1} + a_2 W_{t-4}; \quad (7)$$

- 2) блок формирования уровня заработной платы:

$$W_t = a_3 + a_4 r d_t + a_5 ET_t; \quad (8)$$

³ Кочеткова Е.В. Моделирование численности выпуска инженерно-технических специалистов (на примере США) // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: сборник трудов XX международной конференции «Математика. Компьютер. Образование». М. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2014.

⁴ Bureau of Labor Statistics, Occupational Employment Statistics Survey. URL: <https://www.bls.gov/oes/home.htm>

⁵ Bureau of Economic Analysis. URL: <https://www.bea.gov/national/index.htm>

⁶ National Center for Education Statistics, Digest of Educational Statistics. URL: https://nces.ed.gov/programs/digest/current_tables.asp

⁷ National Science Foundation. National Center for Science and Engineering Statistics. URL: <https://www.nsf.gov/statistics/>

3) блок численности занятых инженерно-технических специалистов:

$$\begin{aligned} \ln[ET_t / PM_t] = & a_6 + a_7 \ln(e_t) + \\ & + a_8 \ln(WI_{t-4}); \end{aligned} \quad (9)$$

где E_t – численность выпуска ИТС, тыс. чел.;

e_t – доля выпуска инженерно-технических специалистов в общем выпуске специалистов;

WI_t – среднемесячная заработная плата ИТС;

ET_t – численность занятых ИТС (не включая специалистов в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем, тыс. чел.);

WI_t – отношение уровня заработной платы в обрабатывающей промышленности к средней заработной плате в сфере услуг (финансовая деятельность, страхование, операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг, профессиональные и технические услуги – finance, insurance, professional and technical services);

rd_t – доля расходов на НИОКР в ВВП;

PM_t – численность специалистов высшей и средней квалификации, занятых в экономике, тыс. чел.;

\ln – обозначение натурального логарифма.

Оценка параметров блоков модели проводилась обобщенным методом наименьших квадратов. В табл. 1 приведены полученные оценки параметров блоков модели 1 (в скобках – t -статистика).

Модель 2 состоит из трех базовых блоков и дополнительного блока 1а – формирования ВДС обрабатывающей промышленности и сектора услуг:

1) блок формирования численности выпуска ИТС:

$$\begin{aligned} \Delta e_t / e_{t-1} = & a_9 + a_{10} e_{t-1} + a_{11} s_{t-1} + a_{12} man_{t-5}; \\ \Delta s_t / s_{t-1} = & a_{13} + a_{14} e_{t-1} + a_{15} s_{t-1} + a_{16} v_{t-6}; \end{aligned} \quad (10)$$

1а) блок формирования ВДС обрабатывающей промышленности и сектора услуг:

$$\begin{aligned} MAN_t = & a_{17} + a_{18} Y_t + a_{19} IG_t; \\ V_t = & a_{20} + a_{21} y_t + a_{22} TA_t; \\ y_t = & Y_t / P_t; \end{aligned} \quad (11)$$

2) блок совокупной производительности факторов производства:

$$\begin{aligned} \ln(TFP_t) = & a_{23} + a_{24} \ln(et_t) + a_{25} DI; \\ Y_t = & TFP_t F_t^\alpha L_t^{1-\alpha}; \end{aligned} \quad (12)$$

3) блок численности занятых инженерно-технических специалистов:

$$et_t = a_{26} + a_{27} e_t + a_{28} C_t, \quad (13)$$

где e_t – доля выпускников инженерно-технических специальностей в общем выпуске;

s_t – доля выпускников социально-гуманитарных специальностей в общем выпуске;

Y_t – ВВП (в сопоставимых ценах 2010 г.);

F_t – основные фонды (в сопоставимых ценах 2010 г.);

L_t – численность занятых, тыс. чел.;

ET_t – численность ИТС, тыс. чел.;

et_t – доля занятых ИТС в общей численности занятых;

P_t – численность населения, тыс. чел.;

MAN_t – ВДС обрабатывающей промышленности (в сопоставимых ценах 2010 г.);

IG_t – импорт продукции длительного пользования (в сопоставимых ценах 2010 г.);

TA_t – суммарные активы и обязательства коммерческих банков (в сопоставимых ценах 2010 г.);

RD_t – расходы на НИОКР (в сопоставимых ценах 2010 г.);

V_t – ВДС сектора услуг (в сопоставимых ценах 2010 г.);

v_t – темп прироста ВДС сектора услуг;

man_t – темп прироста ВДС обрабатывающей промышленности;

c_t – доля ВДС услуг в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем, в ВВП;

$D1$ – фиктивная переменная (равна единице для периода 2003–2013 гг. и нулю – в остальных случаях), позволяет учесть изменения в методологии статистической отчетности, начиная с 2003 г.

В системе уравнений (10) лаговые переменные man_{t-5} и v_{t-6} отражают ожидания будущего спроса на выбираемую профессию, исходя из текущей экономической конъюнктуры (характеризуемой динамикой ВДС продукции обрабатывающей промышленности и сектора услуг) с учетом среднего числа лет, необходимого для подготовки специалистов соответствующего профиля (при выборе лага учитывалось, что в число ИТС входят также получившие среднее специальное образование, в то время как специалисты социально-гуманитарных направлений имеют степени бакалавра и выше).

Особенностью модели для США также является использование в качестве фактора доли ВДС услуг в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем, в ВВП c_t в блоке формирования численности занятых инженерно-технических специалистов.

Оценки параметров модели 2 представлены в табл. 2.

Расчет относительной среднеквадратичной ошибки для отдельных блоков показал, что разработанные модели позволяют получить достаточную точность аппроксимации: относительная среднеквадратическая ошибка

для переменной численности выпускаемых ИТС для системы уравнений (7)–(9) составила 7,2%, для системы уравнений (10)–(13) – 6,7%; для переменной численности занятых ИТС для системы уравнений (7)–(9) – 2,4%, для системы уравнений (10)–(13) – 5,3%.

Таким образом, результаты моделирования по данным для США показали: динамика численности выпуска специалистов ИТС определяется динамикой ВДС обрабатывающей промышленности и темпами роста сектора услуг, а также численностью выпуска специалистов альтернативных направлений подготовки; на долю занятых ИТС в общей численности занятых в экономике влияет доля выпускников инженерно-технических специальностей, а также доли ВДС услуг в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем, в ВВП (отрицательный знак коэффициента перед этим фактором можно объяснить переходом ИТС в профессии, связанные с информационными технологиями).

Модели рынка труда ИТС для России

При разработке модели для России были учтены проблемы, связанные с недостаточной статистической информацией (по численности ИТС, заработной плате), а также особенности российского рынка труда и экономики в целом.

В частности, в качестве фактора вместо заработной платы по специальности было использовано отношение заработной платы в обрабатывающих производствах и в ряде отраслей услуг (финансовой и страховой деятельности, услуг в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем, НИОКР и др.), а также дополнительно учитывалась доля военных расходов в ВВП.

Источниками статистической информации были данные Федеральной службы

государственной статистики⁸, а также базы данных World Bank⁹ и SIPRI¹⁰.

Модель 1 представлена тремя блоками:

- 1) блок численности выпускаемых инженерно-технических специалистов:

$$E_t = b_1 E_{t-1} + b_2 WI_{t-4}; \quad (14)$$

- 2) блок формирования уровня заработной платы:

$$\ln(WI_t) = b_3 + b_4 \ln(et_t) + b_5 \ln(ds_t); \quad (15)$$

- 3) блок численности занятых инженерно-технических специалистов:

$$ET_t = b_6 ET_{t-1} + b_7 E_t, \quad (16)$$

где E_t – численность выпуска ИТС, тыс. чел.;

ET_t – численность занятых ИТС, включая специалистов в области информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем (рассчитано на основе данных Росстата за 2008, 2010, 2012–2014 гг.), тыс. чел.;

et_t – доля ИТС в общей численности занятых;

WI_t – отношение уровня заработной платы в обрабатывающей промышленности к средней заработной плате в сфере услуг (финансовая деятельность, страхование, операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг, профессиональные и технические услуги);

ds_t – доля оборонных расходов в ВВП.

⁸ Российский статистический ежегодник.

URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135087342078;

О численности и потребности организаций в работниках по профессиональным группам за 2008, 2010, 2012, 2014 гг.; Средняя начисленная заработная плата работников по категориям персонала и профессиональным группам за 2005, 2009 и 2013 гг.

⁹ World Development Indicators.

URL: <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

¹⁰ SIPRI Military Expenditure Database.

URL: <https://www.sipri.org/databases/milex>

Оценки параметров уравнений (14)–(16) представлены в табл. 3.

Модель 2 состоит из трех базовых блоков и дополнительного блока формирования ВДС сектора услуг:

- 1) блок формирования численности выпуска ИТС:

$$\Delta e_t / e_{t-1} = b_8 e_{t-1} + b_9 s_{t-1} + b_{10} n_{t-5} + b_{11} D2; \quad (17)$$

$$\Delta s_t / s_{t-1} = b_{12} + b_{13} e_{t-1} + b_{14} s_{t-1} + b_{15} v_{t-6};$$

- 1а) блок формирования ВДС обрабатывающей промышленности и сектора услуг:

$$V_t = b_{16} + b_{17} Y_t; \quad (18)$$

- 2) блок совокупной производительности факторов производства:

$$\ln(TFP_t) = b_{18} + b_{19} \ln(ET_t) + b_{20} D3; \quad (19)$$

$$Y_t = TFP_t F_t^\alpha L_t^{1-\alpha} Poil_t^\beta;$$

- 3) блок численности занятых инженерно-технических специалистов:

$$ET_t = b_{21} ET_{t-1} + b_{22} E_t, \quad (20)$$

где e_t – доля выпускников инженерно-технических специальностей в общем выпуске;

s_t – доля выпускников социально-гуманитарных специальностей в общем выпуске;

Y_t – ВВП (в сопоставимых ценах 2008 г.);

F_t – основные фонды (в сопоставимых ценах 2008 г.);

L_t – численность занятых, тыс. чел.;

ET_t – численность ИТС, тыс. чел.;

et_t – доля занятых ИТС в общей численности занятых;

V_t – ВДС сектора услуг (в сопоставимых ценах 2008 г.);

v_t – темп прироста ВДС сектора услуг;

n_t – темп прироста численности поступающих в вузы;

$Poil_t$ – индекс цен на нефть (2008 = 1);

$D2$ – фиктивная переменная (равна единице в 2004–2013 гг. и нулю – в остальных случаях), позволяет учесть изменения в методологии статистической отчетности, начиная с 2003 г.;

$D3$ – фиктивная переменная (равна единице в 2010–2015 гг. и нулю – в остальных случаях), характеризует период 2010–2015 гг.

В модели 2 по данным для России, в отличие от модели 2 по данным для США, дополнительно учтена динамика приема абитуриентов в вузы (как показал анализ, динамика выпуска продукции промышленности оказывает меньшее влияние на выбор абитуриентами инженерно-технических специальностей). Особенности экономики России также определили выбор вида производственной функции, учитывающей цену на нефть, на ее основе была рассчитана общая производительность факторов производства (обоснование выбора формы производственной функции и материальных оборотных средств см. в статье [16]).

Оценки параметров системы уравнений (17)–(20) модели 2 представлены в табл. 4.

Результаты моделирования подтвердили достаточно высокую точность: относительная среднеквадратическая ошибка для численности выпуска ИТС в системе уравнений (14)–(16) составила 4,8%, в системе уравнений (17)–(20) – 1,9%; для численности занятых ИТС в системе уравнений (14)–(16) – 3,5%, в системе уравнений (17)–(20) – 3,4%.

На рис. 1, 2 представлены графики фактических значений показателей и оценок, полученные в результате моделирования по модели 2 для России (система уравнений (17)–(20)).

Таким образом, результаты проведенного моделирования по данным для России показали, что на снижение предложения труда ИТС в рассматриваемом периоде в значительной степени влияло расширение

спроса на социально-гуманитарные профессии со стороны сектора услуг. В то же время рост выпуска специалистов инженерно-технических направлений, по-видимому, был обусловлен в основном расширением сферы высшего образования [17, 18].

Прогнозирование дисбаланса спроса и предложения ИТС в России для краткосрочного периода

Модель 2 в целом может быть использована также для краткосрочного прогноза спроса и предложения, если имеются прогнозные оценки экзогенных факторов. При этом отдельные блоки модели 2 могут быть использованы для решения частных задач: например, блок формирования численности выпуска может быть применен для прогноза возможного дисбаланса спроса и предложения ИТС.

В качестве примера в данном разделе был проведен прогноз возможного дисбаланса спроса и предложения на рынке труда ИТС при различных сценариях развития экономики России для периода 2017–2020 гг. Для этого были использованы блок численности выпускаемых специалистов модели 2 (система уравнений (17)) и результаты проведенного ранее анализа, который показал, что соотношение численности ИТС в расчете на 1 млн долл. ВВП достаточно стабильно для всех рассмотренных стран (СССР, Россия, США, Германия, Франция, Великобритания [19]). Эти результаты были также подтверждены с помощью модели 2 по данным США для 1950–2013 гг. В частности, для России было установлено [19], что численность инженеров в расчете на 1 млрд долл. ВВП равна 1 200–1 300 чел., численность техников в расчете на 1 млрд долл. ВВП составляет 500 чел. (для расчетов использованы данные Росстата¹¹, World

¹¹ Российский статистический ежегодник.

URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135087342078;

О численности и потребности организаций в работниках по профессиональным группам за 2008, 2010, 2012, 2014 гг. URL: http://www.gks.ru/free_doc/2009/potrorg/; Средняя начисленная заработная плата работников по категориям персонала и профессиональным группам за 2005, 2009 и 2013 гг.

Bank¹²). Было сделано предположение, что данное соотношение можно использовать в качестве норматива при осуществлении предварительных оценок спроса на ИТС.

Определим, какова потребность в ИТС, необходимых для создания определенного объема ВВП при достигнутом уровне научно-технологического развития. Предложение труда ИТС при этом оценивается на основе показателей подготовки кадров средней и высшей квалификации (без учета внутренней и внешней мобильности работников). Под сбалансированностью спроса и предложения подразумевается состояние рынка труда, при котором спрос на ИТС может быть обеспечен за счет внутреннего предложения ИТС, характеризуемого численностью выпускаемых специалистов данного профиля.

Для оценки спроса на первом этапе был проведен расчет численности занятых инженерно-технических специалистов с использованием полученного норматива по формуле:

$$ET_t = kY_t,$$

где ET_t – численность занятых ИТС, тыс. чел.;

k – общая численность ИТС ($k = 1\ 800$) в расчете на 1 млрд долл. ВВП в постоянных ценах 2010 г., тыс. чел.;

Y_t – ВВП в постоянных ценах 2010 г., млрд долл.

Оценки ВВП для 2017–2020 гг. были получены по данным прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г., подготовленного Минэкономразвития России¹³, для базового и целевого сценариев.

Расчет годового прироста численности занятых инженерно-технических специалистов

¹² World Development Indicators.

URL: <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

¹³ Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. URL: <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/e33a7a41-7dc7-4c59-9d1f-96415344e9df/1704062.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=e33a7a41-7dc7-4c59-9d1f-96415344e9df>

ΔET_t проводился в соответствии со следующим уравнением:

$$\Delta ET_t = ET_t - ET_{t-1} + mET_t,$$

где m – коэффициент выбытия кадров.

Исходя из оценок ИМП РАН¹⁴ и данных Росстата, прогнозных оценок вакантных рабочих мест в экономике в 2015–2018 гг.¹⁵, а также оценок коэффициента выбытия на прогнозный период, полученных авторами работы [20], было выбрано значение $m = 0,03$.

Оценка предложения ИТС была проведена с помощью системы уравнений (17) (представляющих блок выпуска специалистов модели 2), эндогенной переменной которой является доля выпускаемых ИТС. Общая численность выпускаемых ИТС (объем внутреннего предложения специалистов) была рассчитана по формуле:

$$E_t = G_t e_t,$$

где G_t – общая численность выпускаемых специалистов средней и высшей квалификации, рассчитанная на основе данных прогноза численности выпускаемых специалистов Института социологии РАН¹⁶, с учетом демографических тенденций, тыс. чел.;

e_t – доля выпускников инженерно-технических специальностей в общем выпуске.

Для анализа возможного дисбаланса спроса и предложения ИТС сравнивались полученные оценки объема спроса ΔET_t и предложения E_t (табл. 5).

Результаты прогноза показали, что для базового сценария в 2017–2020 гг.

¹⁴ Квартальные прогнозы макроэкономических показателей. URL: <http://ecfor.ru/nauchnye-izdaniya/kvartalnye-prognozy-makroekonomicheskikh-pokazatelej-rf/>

¹⁵ Материалы предварительной (инерционной) оценки перспектив развития сферы занятости и рынка труда РФ. URL: <http://ecfor.ru/publication/otsenka-perspektiv-sfery-zanyatosti-i-rynka-truda-rf/>

¹⁶ Шереги Ф.Э., Арефьев А.Л., Ключарев Г.А., Тюрина И.О. Численность обучающихся, педагогического и профессорско-преподавательского персонала, число образовательных организаций Российской Федерации (прогноз до 2020 года и оценка тенденций до 2030 года). URL: http://dinsoc.isras.ru/files/File/publ/Prognoz_2015_august_001_288_ispr.pdf

формального дефицита ИТС не ожидается. Однако в случае реализации целевого сценария, если в начале прогнозного периода возможна некоторая избыточная подготовка ИТС, то к 2020 г. в результате негативных демографических тенденций предложение ИТС может снизиться. При этом необходимо учитывать, что значительная доля молодых ИТС работает не по специальности (так, в работе [21] отмечалось, только 40% выпускников инженерно-технических и не более 20% выпускников аэрокосмических вузов работают по специальности; по оценкам¹⁷, в 2010–2013 гг. работать по инженерной специальности оставалось не более 50–60% выпускников). Таким образом, существует определенный риск того, что даже при формально превышающем спрос объеме подготовки специалистов в 2020 г. может наблюдаться дефицит кадров.

Полученные результаты свидетельствуют о риске возможного дисбаланса спроса и предложения труда ИТС. При этом необходимо также учитывать влияние профессиональной мобильности, миграции, дополнительных социально-экономических факторов, воздействующих на динамику рынка труда инженеров и техников.

Таким образом, для достижения сбалансированности рынка труда ИТС наиболее актуальными становятся задачи совершенствования рабочих мест для ИТС в различных отраслях экономики (в первую очередь в промышленности, науке и научном обслуживании, секторе профессиональных услуг), а также мониторинг потребности в ИТС при взаимодействии вузов, государства и частного сектора, повышение качества инженерно-технического образования, в том числе – развитие программ практического обучения. Необходимы также создание адекватной системы материального и

морального стимулирования, повышение престижности труда ИТС.

Заключение

Разработанные модели и полученные с их помощью результаты моделирования позволяют оценить возможную несбалансированность спроса и предложения ИТС до 2020 г. Они показывают, что актуальными являются задачи повышения привлекательности условий труда ИТС, качества инженерно-технического образования, совершенствования системы мониторинга потребности в кадрах по специальности и системы планирования подготовки специалистов, развития сферы НИОКР, обрабатывающей промышленности и сектора наукоемких услуг, в целом реиндустриализации экономики России [22, 23].

В дальнейшем следует также уделить большее внимание исследованию процессов формирования предпочтений при выборе профессии, дальнейшей разработке моделей предложения труда специалистов с учетом поведенческих факторов, изменения отраслевой структуры занятости инженеров, в частности, расширения занятости ИТС в отраслях профессиональных услуг (инженерной, конструкторской, архитектурной деятельности, проектировании, информационных технологий и других видов деятельности, связанных с разработкой, проектированием и эксплуатацией компьютерных систем), а также в финансовой и банковской сферах в связи с цифровизацией этих видов деятельности. Необходимо также учитывать процессы деиндустриализации и реиндустриализации, аутсорсинга и офшоринга, принимать во внимание фактор миграции, в том числе и на этапе подготовки кадров¹⁸.

¹⁷ Серова Л.М., Степуть И.С. Актуальные проблемы подготовки и трудоустройства кадров инженерно-технического профиля в Российской Федерации // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России». 30–31.10.2013. URL: http://labourmarket.ru/conf10/reports/serova_stepusj.doc

¹⁸ Комкина Т.А. Необходимость учета современных тенденций развития образования // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: сборник трудов XX международной конференции «Математика. Компьютер. Образование». М. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2014.

Таблица 1

Оценки параметров системы уравнений (7)–(9) по данным для США за 1999–2015 гг. (модель 1)

Table 1

Parameter estimates for the set of equations (7)–(9), using the data for the USA for 1999–2015 (Model 1)

Зависимая переменная	Фактор	Оценка параметра (<i>t</i> -статистика)	R^2
E_t	W_{t-4}	0,654 (1,77)	0,99
	E_{t-1}	0,791 (5,877)	
W_t	const	12 203,13 (0,24)	0,74
	rd_t	68 085,44 (4,314)	
	ET_t	-0,051 (-2,697)	
$\ln[ET_t / PM_t]$	const	-1,218 (-2,276)	0,72
	$\ln[W_{t-4}]$	0,66 (1,112)	
	$\ln[e_t]$	0,521 (2,442)	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Оценки параметров системы уравнений (10)–(13) по данным для США за 1987–2015 гг. (модель 2)****Table 2****Parameter estimates for the set of equations (10)–(13), using the data for the USA for 1987–2015 (Model 2)**

Зависимая переменная	Фактор	Оценка параметра (t-статистика)	R²
$\Delta e_t / e_{t-1}$	const	46,843 (2,394)	0,45
	e_{t-1}	-0,629 (-1,369)	
	s_{t-1}	-0,846 (-2,052)	
	man_{t-5}	0,215 (1,764)	
$\Delta s_t / s_{t-1}$	const	17,996 (2,14)	0,36
	e_{t-1}	0,412 (2,691)	
	s_{t-1}	-0,419 (-2,38)	
	v_{t-6}	0,242 (2,58)	
MAN_t	const	1240,509 (11,931)	0,86
	Y_t	0,028 (2,105)	
	IG_t	1,669 (2,302)	
V_t	const	-3887,27 (-14,512)	0,99
	y_t	188,732 (32,565)	
	TA_t	0,168 (17,093)	
et_t	const	2,065 (6,913)	0,76
	e_t	0,089 (2,876)	
	c_t	-0,384 (-3,779)	
Ln [TFP _t]	const	-2,198 (-27,879)	0,11
	Ln[et _t]	0,116 (1,397)	
	D1	0,032 (1,637)	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Оценки параметров системы уравнений (14)–(16) по данным для России за 1999–2015 гг. (модель 1)

Table 3

Parameter estimates for the set of equations (14)–(16), using the data for Russia for 1999–2015 (Model 1)

Зависимая переменная	Фактор	Оценка параметра (t-статистика)	R ²
E_t	E_{t-1}	0,491 (4,807)	0,65
	WI_{t-4}	422,483 (5,875)	
Ln [WI_t]	const	-1,482 (-8,188)	0,46
	Ln(e_t)	-0,146 (-3,017)	
	Ln(ds_t)	0,296 (4,723)	
ET_t	ET_{t-1}	0,975 (14,44)	0,99
	E_t	0,606 (0,842)	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Оценки параметров системы уравнений (17)–(20) по данным для России за 2000–2015 гг. (модель 2)

Table 4

Parameter estimates for the set of equations (17)–(20), using the data for Russia for 2000–2015 (Model 2)

Зависимая переменная	Фактор	Оценка параметра (t-статистика)	R ²
$\Delta e_t / e_{t-1}$	e_{t-1}	-0,563 (-3,507)	0,87
	s_{t-1}	0,225 (2,904)	
	n_{t-5}	0,156 (1,8)	
	D2	10,252 (7,923)	
$\Delta s_t / s_{t-1}$	const	43,948 (3,921)	0,74
	e_{t-1}	-0,604 (-1,781)	
	s_{t-1}	-0,592 (-5,282)	
	v_{t-6}	0,083 (1,166)	
V_t	const	-3 883 529,586 (-5,066)	0,98
	Y_t	0,710 (30,848)	
ET_t	ET_{t-1}	0,975 (14,44)	0,99
	E_t	0,606 (0,842)	
Ln [TFP_t]	const	-2,748 (-1,218)	0,48
	Ln [ET_t]	0,914 (3,404)	
	D3	-0,21 (-3,059)	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Результаты прогноза возможного дисбаланса спроса и предложения ИТС в 2017–2020 гг., тыс. чел.

Table 5

Results of forecasting a potential mismatch between demand for and supply of engineers and technical specialists in 2017–2020, thousand people

Год	ΔET_t		E_t	$E_t / \Delta ET_t$	
	Базовый сценарий	Целевой сценарий		Базовый сценарий	Целевой сценарий
2017	261,3	261,3	327,5	1,25	1,25
2018	239,9	250,6	308,4	1,29	1,23
2019	243,5	298,2	299,1	1,23	1
2020	247,2	339	298,8	1,21	0,88

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1

Фактические данные и оценки численности ИТС, занятых в экономике в 2003–2015 гг., индекс (2003 = 100)

Figure 1

Actual and estimated number of engineers and technical specialists employed in 2003–2015, index (2003 = 100)



Источник: авторская разработка

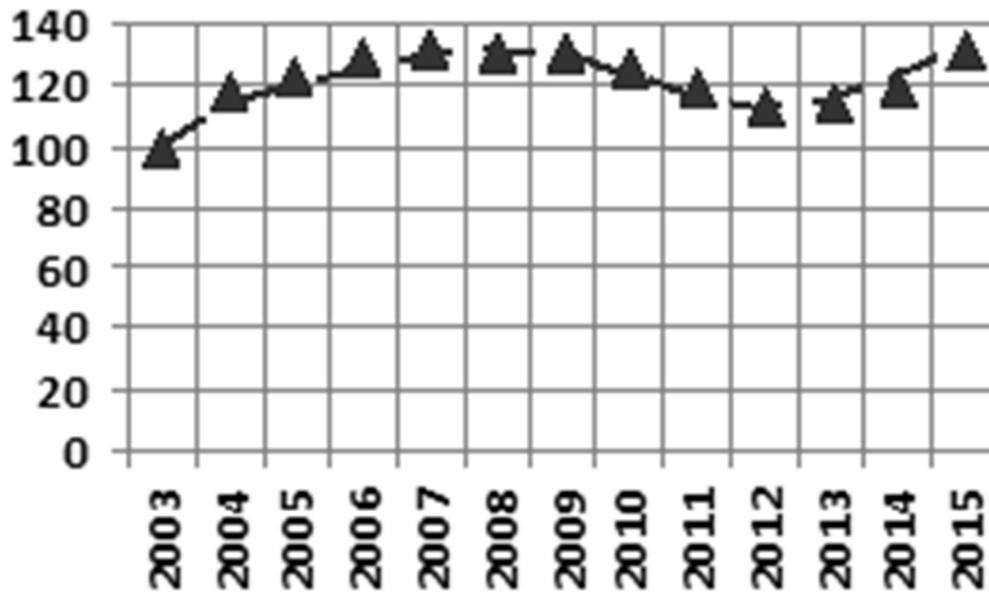
Source: Authoring

Рисунок 2

Фактические данные и оценки численности выпуска специалистов инженерно-технических направлений подготовки в 2003–2015 гг., индекс (2003 = 100)

Figure 2

Actual and estimated number of engineers and technical specialists graduated in 2003–2015, index (2003 = 100)



----- Фактические значения ▲ Оценки

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Варшавский Л.Е.* Прогнозирование динамики кадровой составляющей научного потенциала России // *Экономика и математические методы*. 1999. Т. 35. № 1. С. 43–55.
2. *Briscoe G., Wilson R.* Explanations of the Demand for Labour in the United Kingdom Engineering Sector. *Applied Economics*, 1991, vol. 23, iss. 5, pp. 913–926.
URL: <https://doi.org/10.1080/00036849100000040>
3. *Wong J.M.W., Chan A.P.C., Chiang Y.H.* Construction Manpower Demand Forecasting: A Comparative Study of Univariate Time Series, Multiple Regression and Econometric Modelling Techniques. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2011, vol. 18, iss. 1, pp. 7–29. URL: <http://dx.doi.org/10.1108/09699981111098667>
4. *Абдух Я., Бехар А. и др.* Модель для анализа и прогнозирования показателей рынка труда. URL: <http://docplayer.ru/27474642-Tehnicheskie-spravki-i-rukovodstva-model-dlya-analiza-i-prognozirovaniya-pokazateley-rynka-truda-1.html>
5. *Rumberger R.W., Levin H.M.* Forecasting the Impact of New Technologies on the Future Job Market. *Technological Forecasting and Social Change*, 1985, vol. 27, iss. 4, pp. 399–417.
6. *Boswell C., Stiller S., Straubhaar T.* Forecasting Labour and Skills Shortages: How Can Projections Better Inform Labour Migration Policies? Hamburg Institute of International Economics (HWWA). Paper Prepared for European Commission, DG Employment and Social Affairs, 2004. URL: <http://www.voced.edu.au/content/ngv%3A3158>
7. *Коровкин А.Г.* Динамика занятости и рынка труда. Вопросы макроэкономического анализа и прогнозирования. М.: МАКС-Пресс, 2001. 320 с.
8. *Freeman R.B.* A Cobweb Model of the Supply and Starting Salary of New Engineers. *Industrial Labor Relations Review*, 1976, vol. 29, iss. 2, pp. 236–248.
9. *Neugart M.* The Supply of New Engineers in Germany. *WZB-Discussion Paper*, 2000, no. FS I 00-209.
10. *Taylor R.E., Rosen H., Pratzner F.C.* Responsiveness of Training Institutions to Changing Labor Market Demands. The National Center for Research in Vocational Education, the Ohio State University, Columbus, Ohio, 1983.
11. *O'Connell J.F.* The Labor Market for Engineers: An Alternative Methodology. *The Journal of Human Resources*, 1972, vol. 7, iss. 1, pp. 71–86.
12. *Fiorito J., Dauffenbach R.C.* Market and Non-Market Influences on Curriculum Choice by College Students. *Industrial and Labor Relations Review*, 1982, vol. 36, iss. 1, pp. 88–101.
13. *Williams M.L., Leppel K.* Modelling Occupational Choice in Blue-collar Labor Markets. *Economics of Education Review*, 1994, vol. 13, iss. 3, pp. 243–250.
URL: [https://doi.org/10.1016/0272-7757\(94\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0272-7757(94)90012-4)
14. *Ryoo J., Rosen S.* The Engineering Labor Market. *Journal of Political Economy*, 2004, vol. 112, iss. S1, part 2, pp. 110–140.
15. *Blume-Kohout M.E., Clack J.W.* Are Graduate Students Rational? Evidence from the Market for Biomedical Scientists. *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, iss. 12.
URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082759>

16. Варшавский А.Е. Проблемы макроэкономической политики и инновационной активности // Управление. 2014. № 2. С. 53–62.
17. Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И., Лукьянова А.Л. Спрос на труд и квалификацию в промышленности: между дефицитом и избытком // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2007. Т. 11. № 2. С. 163–199.
18. Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И., Лукьянова А.Л. Уровень образования российских работников: оптимальный, избыточный, недостаточный? М.: ГУ ВШЭ, 2010. 64 с.
19. Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Анализ показателей численности инженерно-технических специалистов в России // Экономический анализ: теория и практика. 2016. Т. 15. № 9. С. 67–85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-pokazateley-chislennosti-inzhenerno-tehnicheskikh-spetsialistov-v-rossii>
20. Егоршин А.П., Аблязова Н.О., Гуськова И.В. Состояние и прогнозы развития высшего экономического образования России до 2015 г. // Вопросы образования. 2007. № 2. С. 43–55.
21. Чумадин А., Ершов В. Подготовка кадров для аэрокосмической промышленности: проблемы стандартов // Высшее образование в России. 2006. № 7. С. 65–69.
22. Варшавский Л.Е., Дубинина М.Г., Петрова И.Л. Проблемы развития кадровой составляющей научного потенциала в России и за рубежом // Концепции. 2007. № 1. С. 12–26.
23. Варшавский А.Е. О стратегии научно-технологического развития российской экономики // Общество и экономика. 2017. № 6. С. 5–27.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

ANALYZING AND MODELING THE DEMAND AND SUPPLY INDICATORS FOR ENGINEERS AND TECHNICAL SPECIALISTS

Aleksandr E. VARSHAVSKII^{a*}, Ekaterina V. KOCHETKOVA^b

^a Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Moscow, Russian Federation
varshav@cemi.rssi.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8229-3692>

^b Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Moscow, Russian Federation
k.v.kochetkova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9058-2128>

* Corresponding author

Article history:

Received 1 March 2018
Received in revised form
12 March 2018
Accepted 21 March 2018
Available online
29 May 2018

JEL classification: C30, C50,
J24, J44, O40

Keywords: engineer,
technical specialist, model,
labor market

Abstract

Importance The article addresses the analysis and modeling of the labor market of engineering and technical specialists and possibilities to estimate a potential imbalance of demand and supply in this category of personnel.

Objectives The purpose is to reveal factors affecting the demand for and supply of engineers and technical staff with the help of modeling, to develop and test closed models of the labor market of this category of specialists based on data for the USA and Russia.

Methods We employ an economic and statistical analysis, modeling, and cross-country comparisons.

Results We offer two types of closed models to analyze changes in the labor market of engineering and technical staff. Testing the models based on data for the USA enabled to develop their modifications for the Russian labor market of the said specialists. Using a more complicated model that considers the results obtained in our previous works, we performed the analysis of possible imbalance of demand and supply of engineering and technical specialists up to 2020.

Conclusions The results of modeling enable to estimate a possible imbalance of demand and supply of engineers and technical specialists till 2020. They show the need for improving the labor conditions, quality of engineering and technical education, systems of monitoring the demand for this category of specialists, and planning their training. In future, when modeling the labor market of engineering and technical specialists, it is crucial to pay attention to behavioral models of occupational choice, processes of deindustrialization and reindustrialization, outsourcing and offshoring.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Varshavskii A.E., Kochetkova E.V. Analyzing and Modeling the Demand and Supply Indicators for Engineers and Technical Specialists. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 5, pp. 886–905.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.5.886>

References

1. Varshavskii L.E. [Forecasting the dynamics of labor component for Russian scientific potential]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 1999, vol. 35, no. 1, pp. 43–55. (In Russ.)
2. Briscoe G., Wilson R. Explanations of the Demand for Labour in the United Kingdom Engineering Sector. *Applied Economics*, 1991, vol. 23, iss. 5, pp. 913–926.
URL: <https://doi.org/10.1080/00036849100000040>

3. Wong J.M.W., Chan A.P.C., Chiang Y.H. Construction Manpower Demand Forecasting: A Comparative Study of Univariate Time Series, Multiple Regression and Econometric Modelling Techniques. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2011, vol. 18, iss. 1, pp. 7–29. URL: <http://dx.doi.org/10.1108/09699981111098667>
4. Abdih Y., Behar A. et al. *Model' dlya analiza i prognozirovaniya pokazatelei rynka truda* [A Template for Analyzing and Projecting Labor Market Indicators]. URL: <http://docplayer.ru/27474642-Tehnicheskie-spravki-i-rukovodstva-model-dlya-analiza-i-prognozirovaniya-pokazateley-rynka-truda-1.html> (In Russ.)
5. Rumberger R.W., Levin H.M. Forecasting the Impact of New Technologies on the Future Job Market. *Technological Forecasting and Social Change*, 1985, vol. 27, iss. 4, pp. 399–417.
6. Boswell C., Stiller S., Straubhaar T. Forecasting Labour and Skills Shortages: How Can Projections Better Inform Labour Migration Policies? Hamburg Institute of International Economics (HWWA). Paper Prepared for European Commission, DG Employment and Social Affairs, 2004. URL: <http://www.voced.edu.au/content/ngv%3A3158>
7. Korovkin A.G. *Dinamika zanyatosti i rynka truda. Voprosy makroekonomicheskogo analiza i prognozirovaniya* [Trends in employment and the labor market. Issues of macroeconomic analysis and forecasting]. Moscow, MAKS-Press Publ., 2001, 320 p.
8. Freeman R.B. A Cobweb Model of the Supply and Starting Salary of New Engineers. *Industrial Labor Relations Review*, 1976, vol. 29, iss. 2, pp. 236–248.
9. Neugart M. The Supply of New Engineers in Germany. *WZB-Discussion Paper*, 2000, no. FS I 00-209.
10. Taylor R.E., Rosen H., Pratzner F.C. Responsiveness of Training Institutions to Changing Labor Market Demands. The National Center for Research in Vocational Education, the Ohio State University, Columbus, Ohio, 1983.
11. O'Connell J.F. The Labor Market for Engineers: An Alternative Methodology. *The Journal of Human Resources*, 1972, vol. 7, iss. 1, pp. 71–86.
12. Fiorito J., Dauffenbach R.C. Market and Non-Market Influences on Curriculum Choice by College Students. *Industrial and Labor Relations Review*, 1982, vol. 36, iss. 1, pp. 88–101.
13. Williams M.L., Leppel K. Modelling Occupational Choice in Blue-collar Labor Markets. *Economics of Education Review*, 1994, vol. 13, iss.3, pp. 243–250. URL: [https://doi.org/10.1016/0272-7757\(94\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0272-7757(94)90012-4)
14. Ryoo J., Rosen S. The Engineering Labor Market. *Journal of Political Economy*, 2004, vol. 112, iss. S1, part 2, pp. 110–140.
15. Blume-Kohout M.E., Clack J.W. Are Graduate Students Rational? Evidence from the Market for Biomedical Scientists. *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, iss. 12. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082759>
16. Varshavskii A.E. [Problems of Macroeconomic Policy and Innovation Activity]. *Upravlenie*, 2014, no. 2, pp. 53–62. (In Russ.)
17. Gimpel'son V.E., Kapelyushnikov R.I., Luk'yanova A.L. [Demand for Labour in Russian Industry: Between Shortage and Excess]. *Ekonomicheskii zhurnal Vyssei shkoly ekonomiki = The HSE Economic Journal*, 2007, vol. 11, no. 2, pp. 163–199. (In Russ.)

18. Gimpel'son V.E., Kapelyushnikov R.I., Luk'yanova A.L. *Uroven' obrazovaniya rossiiskikh rabotnikov: optimal'nyi, izbytochnyi, nedostatochnyi?* [Education level of Russian workforce: Optimal, excessive or insufficient?]. Moscow, SU HSE Publ., 2010, 64 p.
19. Varshavskii A.E., Kochetkova E.V. [An analysis of engineering workforce indicators of Russia]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2016, vol. 15, no. 9, pp. 67–85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-pokazateley-chislennosti-inzhenerno-tehnicheskikh-spetsialistov-v-rossii> (In Russ.)
20. Egorshin A.P., Ablyazova N.O., Gus'kova I.V. [Economics Higher Education in Russia: The Current State of Affairs and a Forecast until 2015]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies*, 2007, no. 2, pp. 43–55. (In Russ.)
21. Chumadin A., Ershov V. [Aerospace industry workforce training: Problems of standardization]. *Vyshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2006, no. 7, pp. 65–69. (In Russ.)
22. Varshavskii L.E., Dubinina M.G., Petrova I.L. [Human capital development for science and technology in Russia and abroad]. *Kontseptsii = Conceptions*, 2007, no. 1, pp. 12–26. (In Russ.)
23. Varshavskii A.E. [On the strategy of science and technological development of the Russian economy]. *Obshchestvo i ekonomika = Society and Economics*, 2017, no. 6, pp. 5–27. (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.