

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

УДК 338.312, 51-7

П.А. Михненко¹

*Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
г. Москва, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДЕКСОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ И ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Аннотация. Актуальность исследования определяется наличием существенного потенциала роста производительности труда в российской экономике. Предметом исследования является методика расчета индекса производительности труда и ее применение для сравнения динамики этого экономического показателя в обрабатывающих производствах и сфере добычи полезных ископаемых. Целями исследования являются оценка адекватности и инструментальной содержательности индекса производительности труда, рассчитываемого как отношение валовой добавленной стоимости к совокупным затратам труда в отрасли, а также получение выражения для индекса производительности труда, отражающего динамику рентабельности основных фондов и фондовооруженности в анализируемых отраслях. Методология исследования основана на статистическом и регрессионном анализе и экономико-математическом моделировании динамики индекса производительности труда. Получены следующие результаты: сделан вывод, что традиционный подход к расчету и анализу динамики производительности труда не позволяет выявить и сопоставить причины ее изменения в исследуемых отраслях. Предложены авторские модели индексов, характеризующих динамику производительности труда как изменение рентабельности основных фондов, приходившейся на одного занятого, с учетом влияния динамики фондовооруженности отрасли. Показано, что прирост «латентной» производительности труда в добыче полезных ископаемых в 2008–2015 гг. составил 2,19 %. В обрабатывающих производствах за указанный период имел место спад «латентной» производительности на 2,94 %. Сформулированы следующие выводы: полученные результаты характеризуют динамику производительности труда в обрабатывающих производствах и сфере добычи полезных ископаемых, однако предлагаемая методика расчета может использоваться и для анализа других отраслей. Результаты расходятся с традиционными статистическими данными, что указывает на возможности предложенного метода по оценке неявных предпосылок изменения динамики производительности труда в отраслях экономики.

Ключевые слова: производительность труда; регрессионный анализ; обрабатывающие производства; добыча полезных ископаемых; экономико-математическая модель.

Актуальность темы исследования

Повышение производительности труда признается сегодня одной из наиболее актуальных проблем российской экономики. Анализ имеющихся в открытом доступе официальных статистических данных Росстата, Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Международной организации труда (МОТ), характеризующих производительность труда,

показал, что в 2005–2015 гг. в Российской Федерации сохранялся значительно более низкий (больше чем в два раза) уровень производительности труда в экономике, по сравнению с группами стран Европейского союза, «Большой семерки», ОЭСР, причем в динамике этот разрыв практически не сокращался². Согласно данным ОЭСР, производительность труда в России, выраженная долей ВВП на одного работника в текущих

ценах по паритету покупательной способности (ППС), в 2018 г. достигла величины 54975,02 долларов США, что составляет около 42,4 % от значения, продемонстрированного США – страной – лидером по этому показателю в 2018 г.³

Д.А. Медведев отмечает, что «глобальный кризис обострил проблему торможения производительности. По имеющимся оценкам, в 1970-е гг. производительность в пяти ведущих экономиках ОЭСР (США, Япония, Великобритания, Франция, Германия) росла примерно на 2,5 % в год, а за последние 10 лет – примерно на 0,5 %» [1, с. 9]. Имеются основания полагать, что проблема низкой производительности труда в российской экономике имеет системный характер и не может быть решена на основе выделения какого-либо одного «основного» фактора или даже группы таких факторов. Автор отмечает, что задача производительности труда должна рассматриваться с точки зрения роста эффективности производства в целом [1]. Среди национальных проектов, связанных с укреплением конкурентоспособности экономики, в работе первыми называется производительность труда и поддержка занятости [1, с. 14].

Восприятие экономической реальности во многом зависит от того, какие модели исследователь рассматривает в качестве ре-

levantных, а также от того, какие экономические показатели (индикаторы) используются в этих моделях в качестве экзогенных переменных. Часто само понятие экономической реальности оказывается условным, поскольку анализ одного и того же экономического явления или решение одной и той же задачи могут пойти различными путями и привести к различным результатам в зависимости от того, какие показатели рассматриваются в качестве наиболее репрезентативных. Причем несхожесть результатов исследований не обязательно говорит об ошибочности части из них и «объективном» наличии (или ожидании) одного «правильного».

В контексте обсуждения релеванности методик и показателей анализа производительности труда представляется весьма актуальным мнение А.Г. Аганбегяна: «Нужно обратить внимание не только на количественные показатели прироста ВВП, но прежде всего на качественную сторону дела. Важно, чтобы этот рост происходил в основном за счет повышения эффективности, а не объема используемых ресурсов» [2, с. 15]. Показатели динамики ВВП и добавленной стоимости в настоящее время плохо учитывают вклад инноваций в благосостояние, что ведет к недооценке реальных темпов развития» [1, с. 8]. Таким образом, повышение производительности труда в российской экономике является важной народнохозяйственной задачей, а разработка новых моделей и методов исследования динамики этого показателя представляет собой актуальное направление научных исследований.

Степень изученности и проработанности проблемы

На сегодняшний день имеется обширная подборка аналитических работ отечественных авторов, в которых раскрываются различные аспекты этого актуального вопроса.

¹ *Михненко Павел Александрович* – доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой общего и стратегического менеджмента Московского финансово-промышленного университета «Синергия», г. Москва, Россия (105318, г. Москва, Измайловский вал, 2); e-mail: mpa69@yandex.ru.

² Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Социальный бюллетень. 2017. №9, июнь. С. 3.

³ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Level of GDP per capita and productivity/ GDP per person employed/ USD current prices, current PPPs [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stats.oecd.org>.

Социально-экономические предпосылки и теоретические обоснования производительности труда раскрываются в работах Н. Гоффе и Г. Монусовой [3], В.А. Цветкова и др. [4].

Проблема повышения производительности в контексте комплексного долгосрочного планирования поднимается А.Г. Аганбегяном [2]. Мировые тренды производительности обсуждаются в работах А.А. Зайцева [5], Б. Лавровского [6].

Анализ производительности труда в российской экономике дается в работах А.А. Френкеля и др. [7], В.Н. Мироновой [8], Н.Н. Михеевой [9], И.Б. Воскобойника и В.Е. Гимпельсона [10].

Особенности этого экономического показателя в промышленности раскрываются в работе О.С. Сухарева и Е.Н. Стрижаковой [11]. Структурные и технологические аспекты производительности, в том числе в условиях информационной экономики, отражены в работах О.В. Киселкиной [12], Ю.С. Коноплиной [13], А.В. Дегтярева [14]. Отраслевые аспекты обсуждаются в работе Т.Б. Лейберт и др. [15].

Lannelongue, Gonzalez-Benito, Quiroz [16, с. 162–163] приводят ссылки на различные подходы к определению производительности: производительность труда – отношение общего объема производства (total output) к вводимым в производство ресурсам (operating inputs), что соответствует степени эффективности, с которой рабочая сила производит товары или услуги [17]; производительность труда – логарифм отношения выручки к общему числу сотрудников [18, 19].

Huselid показывает, что второй метод расчета дает единый индекс (single index), позволяющий сравнивать производительность труда в разных организациях и оценивать денежную стоимость отдачи от инвестиций высокопроизводительных методов работы [20].

Tarancón et al. обсуждают взаимосвязь между производительностью труда и степенью производственной эффективности для 24 стран ЕС за 17 лет. Производительность труда оценивается через среднюю производительность каждой страны (average of productivities of each country) и рассчитывается как отношение ВВП в постоянных ценах 2010 г. к отработанным часам в каждой стране [21].

Экономико-математические модели и методы анализа динамики производительности труда, в том числе подходы к оценке этого показателя, приводятся в работах А.Е. Сенниковой и Н.Х. Ворокова [22], Е.В. Лядовой [23], Е.С. Кутуковой [24], Т.А. Бурцевой [25]. Взаимосвязь производительности труда с величиной фондовооруженности раскрывается в работе С.Н. Растворцевой [26].

Методика и постановка задачи исследования

Предлагаемый подход к исследованию состояния и динамики изменения производительности труда в российской экономике предполагает построение и анализ регрессионных эконометрических моделей, отражающих взаимосвязь исследуемого показателя с другими экономическими факторами, а также взаимосвязи между объясняющими переменными. Модели построены на основании данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата).

Распространенным показателем динамики производительности труда в национальной экономике является индекс производительности труда – изменение величины производительности в процентах к предыдущему году, рассчитываемый Росстатом как частное от деления индексов физического объема ВВП и индекса изменения совокупных затрат труда. На рис. 1 показан график изменения ИПТ в экономике России в 2003–2017 гг.

Михненко П.А.

На протяжении указанного периода отечественная экономика демонстрирует линейный тренд на снижение темпа роста производительности труда на 0,55 % в год. Заметное снижение индекса в 2009 г. до 95,9 % обусловлено острой фазой кризисных явлений в экономике.

В структуре валовой добавленной стоимости (ВДС) по отраслям экономики в 2017 г. (в текущих основных ценах, в процентах к итогу) по ОКВЭД-2 в тройку лидеров входят оптовая и розничная тор-

говля автотранспортными средствами и мотоциклами и их ремонт; обрабатывающие производства; добыча полезных ископаемых (табл. 1).

Совокупно добавленная стоимость по этим видам экономической деятельности составляет 38,77 % от ВДС.

В нашем исследовании в целях выявления отраслевых особенностей производительности труда были построены модели регрессии ИПТ от индекса физического объема ВДС по отраслям экономики в

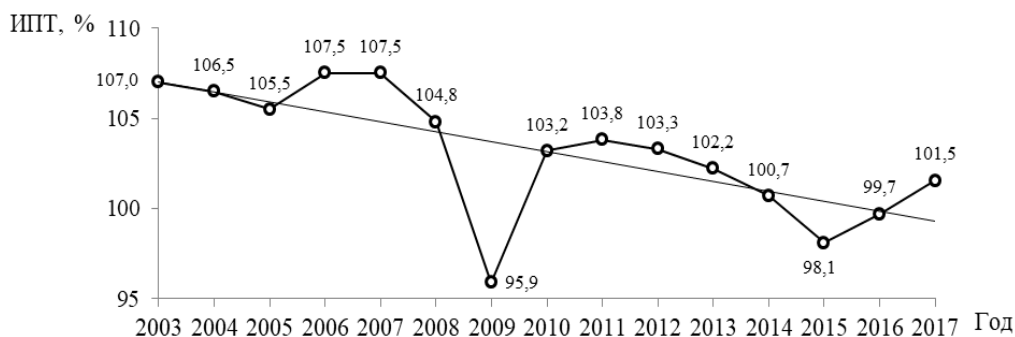
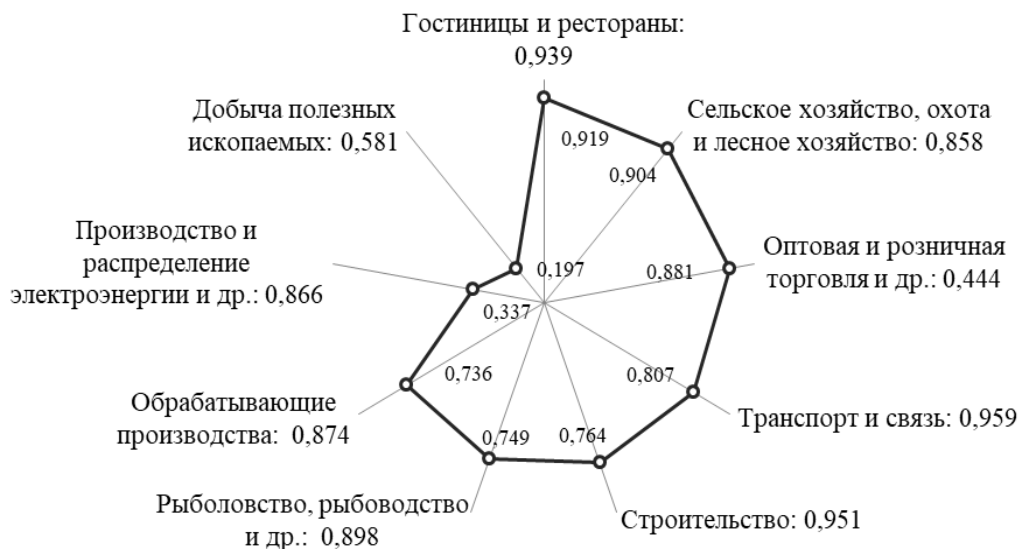


Рис. 1. Индекс производительности труда в экономике России

Рис. 2. Значения коэффициентов корреляции и детерминации для моделей регрессии ИПТ от индекса физического объема ВДС по отраслям экономики⁴

2003–2017 гг. (по ОКВЭД-2007). На рис. 2 показана лепестковая диаграмма значений коэффициентов корреляции и детерминации для линейных моделей регрессии по отраслям, лидирующим в 2017 г., кроме того, для сравнения приведены данные по другим отраслям.

Коэффициенты корреляции в моделях всех отраслей положительны, что вполне ожидаемо в силу очевидной функциональной зависимости этих показателей. Однако значения коэффициентов детерминации по-

зволяют сделать вывод, что изменение ИПТ в ряде отраслей практически полностью объясняется регрессией по объему ВДС. К таким отраслям относятся деятельность гостиниц и предприятий общественного питания ($R^2 = 0,919$), сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство ($R^2 = 0,904$), а также лидер по доли ВДС – оптовая и розничная торговля ($R^2 = 0,881$).

Высокие значения коэффициентов корреляции и детерминации указывают на то, что изменение ИПТ достаточно точно от-

Таблица 1
Структура валовой добавленной стоимости по отраслям экономики⁵

Вид экономической деятельности	Процент ВДС
Торговля оптовая и розничная и др.	14,49
Обрабатывающие производства	13,54
Добыча полезных ископаемых	10,74
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	9,87
Государственное управление, обеспечение безопасности и др.	7,73
Транспортировка и хранение	7,11
Строительство	6,09
Деятельность профессиональная, научная и техническая	4,45
Деятельность финансовая и страховая	4,35
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	3,93
Образование	3,17
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	3,14
Обеспечение электрической энергией, газом и паром и др.	2,88
Деятельность в области информации и связи	2,48
Деятельность административная и др.	2,40
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	0,94
Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга	0,93
Предоставление прочих видов услуг	0,63
Деятельность домашних хозяйств как работодателей	0,61
Водоснабжение, водоотведение и др.	0,52
Всего	100

⁴ Внутри диаграммы показаны значения коэффициентов детерминации; в названиях отраслей – коэффициентов корреляции.

⁵ По данным Росстата.

ражает изменение индекса физического объема ВДС и практически не имеет иных причин. Низкие значения коэффициентов корреляции и детерминации в модели для отрасли «Добыча полезных ископаемых» ($R^2 = 0,197$) говорит о том, что около 80,3 % общей вариабельности ИПТ не объясняется изменением ВДС, то есть связи переменных «Индекс производительности труда» и «Индекс физического объема ВДС» не могут быть объяснены их функциональной зависимостью. Тем не менее значения коэффициентов корреляции и детерминации не позволяют судить о динамике ИПТ в отрасли и ее причинах. Так, при различных коэффициентах детерминации (0,736 и 0,197) индексы производительности труда обрабатывающей промышленности и добычи полезных ископаемых с 2003 по 2017 г. демонстрируют линейный тренд на снижение по 0,71 % и 0,57 % в год соответственно.

Дальнейший анализ будет проводиться для этих двух отраслей экономики России, выбор которых в качестве объектов сравнения обусловлен не только их «лидерством» в структуре ВДС и различием коэффициентов детерминации, но и в силу известной дихотомии, сложившейся в понимании роли и места этих отраслей в отечественной экономике. Интенсификация экономического роста в России традиционно отождествляется со структурной трансформацией, не последнюю роль в которой должно сыграть увеличение доли физического объема добавленной стоимости, произведенной в обрабатывающей промышленности по сравнению с сырьевым сектором.

Сравнительный анализ динамики производительности труда в обрабатывающей промышленности и сфере добычи полезных ископаемых

Модель регрессии ИПТ по экономике в целом (X) от ИПТ в обрабатывающих производствах ($X_{\text{оп}}$) описывается уравнением:

$$X = 0,763 X_{\text{оп}} + 23,96,$$

с коэффициентом корреляции $R = 0,947$ и коэффициентом детерминации $R^2 = 0,898$.

Модель регрессии ИПТ по экономике в целом от ИПТ в добыче полезных ископаемых ($X_{\text{дпи}}$) описывается уравнением:

$$X = 0,288 X_{\text{дпи}} + 73,45,$$

с коэффициентом корреляции $R = 0,270$ и коэффициентом детерминации $R^2 = 0,073$.

Как видим, временной ряд ИПТ в обрабатывающих производствах заметно более репрезентативен по отношению к временному ряду ИПТ по экономике России в целом (по сравнению с ИПТ в добыче полезных ископаемых).

Анализ моделей линейной регрессии для других отраслей, рассмотренных в табл. 1, показал, что ИПТ в обрабатывающих производствах – самый репрезентативный индекс по отношению к ИПТ по экономике в целом. Очевидно, причины такой репрезентативности следует искать не в экономической, а в статистической плоскости, поскольку ИПТ в обрабатывающих производствах представляет собой среднее значение ИПТ отдельных обрабатывающих отраслей, представленных значительно большим их числом по сравнению с количеством отраслей, входящих в раздел «Добыча полезных ископаемых».

Одним из показателей, рассчитываемых Росстатом для выявления состояния промышленного производства в России, является индекс предпринимательской уверенности (ИПУ) (*Entrepreneur Confidence Index, ECI*). Согласно данным Росстата, минимальное среднегодовое значение ИПУ было продемонстрировано в 2009 г., причем «неуверенность» предпринимательского сообщества в обрабатывающих производствах (–15,22) примерно в 1,6 раза выше индекса для предприятий добычи полезных ископаемых (–9,25).

Среднее значение индекса за период 2005–2018 гг. составляет –3,28 для обра-

батывающих производств и 0,40 для предприятий добычи полезных ископаемых, что указывает на более низкую в среднем предпринимательскую уверенность в обрабатывающих производствах.

Регрессия ИПТ в добыче полезных ископаемых ($X_{\text{дпн}}$) от ИПУ ($X_{\text{пу}}$) описывается уравнением:

$$X_{\text{дпн}} = -0,145X_{\text{пу}} + 102,51,$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,0446$.

Регрессия ИПТ в обрабатывающих производствах ($X_{\text{оп}}$) от ИПУ ($X_{\text{пу}}$) описывается уравнением:

$$X_{\text{оп}} = 0,695X_{\text{пу}} + 105,18,$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,630$.

Около 63 % вариабельности ИПТ в обрабатывающих производствах объясняется вариабельностью индекса предпринимательской уверенности с положительной корреляцией $R = 0,794$. Регрессия ИПТ в добыче полезных ископаемых от ИПУ практически не демонстрирует статистическую взаимосвязь этих показателей ($R^2 = 0,045$). Это наблюдение позволяет сделать предварительное заключение о влиянии индекса предпринимательской уверенности на производительность труда в обрабатывающих производствах и поставить вопрос об отсутствии такого влияния в добыче полезных ископаемых.

В чем состоит причина положительной линейной регрессии между ИПТ в обрабатывающих производствах и средним значением индекса предпринимательской уверенности? Имеются основания полагать, что рост индекса предпринимательской уверенности влечет за собой повышение инвестиционной активности. Для обрабатывающих производств регрессия индекса инвестиций в основной капитал (ИОК) от ИПУ описывается уравнением:

$$X_{\text{иок}} = 2,06X_{\text{пу}} + 111,$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,821$, где $X_{\text{иок}}$ – индекс инвестиций в

основной капитал. Для добычи полезных ископаемых эта регрессия подчиняется уравнению:

$$X_{\text{иок}} = 3,13X_{\text{пу}} + 101,7,$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,368$.

Таким образом, вариабельность индекса инвестиций в основной капитал в добыче полезных ископаемых заметно хуже описывается вариабельностью индекса предпринимательской уверенности. Тем не менее имеет место положительная корреляция ИПУ с ИОК для обоих видов экономической деятельности. Примечательно, что динамика коэффициента обновления основных фондов – ввода в действие основных фондов, в процентах от их наличия на конец года (КОФ) – не демонстрирует регрессионной зависимости от динамики инвестиций в основной капитал. Это характерно как для обрабатывающих производств ($R^2 = 0,007$), так и для добычи полезных ископаемых ($R^2 = 0,066$), что, по-видимому, указывает на характер инвестиций в основной капитал в интересах роста основных фондов преимущественно непроизводственного назначения.

Регрессия индекса фондоотдачи (ИФО) от индекса инвестиций в основной капитал для обрабатывающих производств:

$$X_{\text{фо}} = 0,529X_{\text{иок}} + 40,86,$$

с коэффициентами детерминации $R^2 = 0,588$ и положительной корреляции $R = 0,767$ указывает на статистическую зависимость динамики фондоотдачи от динамики инвестиций в основной капитал. Однако аналогичная регрессия в добыче полезных ископаемых описывается линейным уравнением:

$$X_{\text{фо}} = 0,056X_{\text{иок}} + 90,33,$$

с коэффициентами детерминации $R^2 = 0,108$ и положительной корреляции $R = 0,329$, что свидетельствует о слабой связи между этими показателями. Инвестиции в основной капитал предприятий добычи

полезных ископаемых, в отличие от обрабатывающих производств, не приводит к статистически достоверному росту фондоотдачи.

Регрессия ИПТ от индекса физического объема валовой добавленной стоимости (ИДС) для обрабатывающих производств демонстрирует зависимость:

$$X_{nm}^{on} = 0,464X_{oc} + 55,63,$$

с коэффициентами детерминации $R^2 = 0,8649$ и корреляции $R = 0,93$, то есть около 87 % вариативности ИПТ объясняется вариативностью ИДС в отрасли, что соответствует содержанию традиционной формулы расчета ИПТ.

Регрессия в добыче полезных ископаемых:

$$X_{nm}^{omu} = -0,103X_{oc} + 112,81,$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,0079$ указывает на отсутствие связи ($R = 0,0889$) между этими переменными.

Таким образом, традиционный подход к расчету и анализу динамики производительности труда часто не позволяет выявить и сопоставить причины ее изменения и в ряде случаев отражает не истинные причины роста или спада эффективности производства, а абсолютные изменения показателей объемов производства и совокупных затрат труда. Построение более совершенных моделей и методов анализа этого важнейшего экономического показателя является, на наш взгляд, актуальной научно-практической задачей.

Модели модифицированного индекса производительности труда

Индекс фондовооруженности (ИФВ) в отрасли $X_{фв}^o$ будем рассчитывать как отношение индексов обновления основных фондов X_{of}^o и совокупных затрат труда $X_{стр}^o$:

$$X_{фв}^o = \frac{X_{of}^o}{X_{стр}^o}, \quad (1)$$

где X_{of}^o измеряется в процентах роста величины основных фондов; индекс «о» обозначает обобщенное понятие «отрасль».

Отсюда имеем:

$$X_{стр}^o = \frac{X_{of}^o}{X_{фв}^o}, \quad (2)$$

тогда индекс производительности труда в отрасли определится как

$$X_{пт}^o = \frac{X_{дс}^o \cdot X_{фв}^o}{X_{of}^o}. \quad (3)$$

Выразив $X_{пт}^o$ через линейную зависимость от $X_{фв}^o$:

$$X_{пт}^o = aX_{фв}^o + b, \quad (4)$$

получим

$$X_{фв}^o = \frac{X_{пт}^o - b}{a}, \quad (5)$$

откуда

$$X_{пт}^o = \frac{aX_{дс}^o - X_{пт}^o + b}{aX_{фв}^o}. \quad (6)$$

После несложных преобразований и добавления 100 % для приведения к единицам роста, получим модель индекса производительности труда⁶.

$$X_{пт}^o = \frac{aX_{дс}^o + b}{aX_{фв}^o + 1} + 100\%. \quad (7)$$

Регрессии ИПТ в обрабатывающих производствах и сфере добычи полезных ископаемых от ИФВ в этих отраслях ($X_{фв}^{on}$ и $X_{фв}^{dnu}$ соответственно) демонстрируют противоположность знаков корреляции. Зависимость ИПТ от ИФВ для обрабатывающих производств описывается уравнением:

$$X_{пт}^{on} = -0,591X_{фв}^{on} + 165,96, \quad (8)$$

и демонстрирует значительную отрицательную корреляцию $R = -0,801$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,642$. Стандартное отклонение выборок значений $X_{пт}^{on}$ и $X_{фв}^{on}$ составляет $\sigma_{пт}^{on} = 3,64$ % и $\sigma_{фв}^{on} = 4,93$ % соответственно. Ошибка аппроксимации для модели регрессии составляет $A = 1,33$ %. Результаты проверки гипотезы

⁶ В уравнении (3) единица (второе слагаемое в знаменателе) содержательно соответствует значению 100 %.

тез относительно коэффициентов линейного уравнения регрессии подтверждают их статистическую значимость по критерию Стьюдента в доверительном интервале $\alpha = 0,05$.

Аналогичная регрессия в добыче полезных ископаемых описывается линейным уравнением:

$$X_{\text{пр}}^{\text{лнн}} = 0,444X_{\text{фв}}^{\text{лнн}} + 54,98, \quad (9)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,499$ и положительным коэффициентом корреляции $R = 0,726$. Стандартное отклонение выборок значений $X_{\text{пр}}^{\text{лнн}}$ и $X_{\text{фв}}^{\text{лнн}}$ составляет $\sigma_{\text{пр}}^{\text{лнн}} = 3,1 \%$ и $\sigma_{\text{фв}}^{\text{лнн}} = 4,92 \%$ соответственно. Ошибка аппроксимации для модели регрессии составляет $A = 1,66 \%$. Результаты проверки гипотез относительно коэффициентов линейного уравнения регрессии подтверждают их статистическую значимость по критерию Стьюдента в доверительном интервале $\alpha = 0,1$.

Таким образом, рост темпов фондовооруженности вызывает рост темпов производительности труда в добыче полезных ископаемых и спад этого показателя в обрабатывающих производствах.

Перепишем уравнения (8) и (9), выразив переменные в долях единицы с округлением до второго знака⁷:

$$X_{\text{пр}}^{\text{он}} = -0,59X_{\text{фв}}^{\text{он}} + 1,66, \quad (10)$$

$$X_{\text{пр}}^{\text{лнн}} = 0,44X_{\text{фв}}^{\text{лнн}} + 0,55. \quad (11)$$

В соответствии с (7) и уравнениями регрессии для обрабатывающих производств (10) и добычи полезных ископаемых (11) запишем выражения (модели) модифицированных индексов производительности труда⁸ для обрабатывающих производств:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{он}} \cong \frac{-0,59X_{\text{лс}}^{\text{он}} + 1,66}{-0,59X_{\text{оф}}^{\text{он}} + 1,00} + 100\%, \quad (12)$$

и добычи полезных ископаемых:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{лнн}} \cong \frac{0,44X_{\text{лс}}^{\text{лнн}} + 0,55}{0,44X_{\text{оф}}^{\text{лнн}} + 1,00} + 100\%, \quad (13)$$

где по аналогии с (10) и (11) переменные полагаем выраженными в долях единицы.

Выражения (12) и (13) характеризуют ИПТ как рост рентабельности основных фондов, приходящейся на одного занятого в отрасли, с учетом влияния на производительность труда динамики фондовооруженности отрасли. Значения, рассчитываемые по этим формулам, будем условно называть «латентными», подчеркивая возможность выявления с их помощью особенностей динамики производительности труда, не очевидных при использовании «традиционных» индексов.

Уравнение линейной регрессии модифицированного ИПТ от индекса добавленной стоимости в добыче полезных ископаемых имеет вид:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{лнн}} \cong 0,01X_{\text{пр}}^{\text{лнн}} + 99,29, \quad (14)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,887$ и коэффициентом корреляции $R = 0,942$ (рис. 3).

В обрабатывающих производствах:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{он}} \cong 0,002X_{\text{пр}}^{\text{он}} + 99,44, \quad (15)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,202$ и коэффициентом корреляции $R = 0,449$ (рис. 3).

Как видим, модифицированный ИПТ точнее отражает статистическую связь изменения производительности труда и изменения добавленной стоимости в добыче полезных ископаемых ($R^2 = 0,887$ и $R = 0,942$) по сравнению с использованием «традиционного» индекса ($R^2 = 0,008$ и $R = 0,009$). Однако для обрабатывающих производств наблюдается обратный эффект: модифицированный ИПТ имеет умеренную статистическую связь с ИДС ($R^2 = 0,202$ и $R = 0,449$) по сравнению с вариантом применения «традиционного» индекса ($R^2 = 0,865$ и $R = 0,93$). При этом регрессионные зависимости, построенные для модифицирован-

⁷ Уравнения (6) и (7) соответствуют уравнениям линейной регрессии, построенным по рядам данных, выраженных в долях единицы, а не процентах, как это делалось выше.

⁸ Для обозначения модифицированных индексов будем использовать переменную Y .

Михненко П.А.

ных ИПТ, показывают, что «латентный» прирост индекса производительности в зависимости от роста индекса добавленной стоимости представляет собой пренебрежимо малую величину в обеих отраслях.

Отсутствие зависимости ИПТ от ИДС противоречит традиционному подходу к определению ИПТ, однако модифицированный индекс отражает не номинальные (определяемые отношением ВДС и СЗТ), а реальные предпосылки изменения производительности труда, обусловленные динамикой индексов фондовооруженности и обновления основных фондов в исследуемых отраслях.

Оценки динамики индекса производительности труда в этих отраслях, полученные на основе моделей (12) и (13), существенно отличаются от значений динамики, полученных на основе традиционной формулы. Общепринятая трактовка индекса производительности труда демонстрирует его линейное снижение в обеих исследуемых отраслях с примерно одинаковой скоростью (по 0,71 и 0,57 % в год). Согласно традиционному расчету ИПТ, за период 2008–2015 гг. прирост производительности труда в добыче полезных ископаемых со-

ставил 18,6 %, а в обрабатывающих производствах – 16,9 %.

В отличие от традиционного подхода, «латентная» оценка вскрывает существенные различия в природе производительности труда в добыче полезных ископаемых и обрабатывающих производствах (рис. 4).

«Латентная» производительность труда в добыче полезных ископаемых растет примерно на 0,3 % в год, и за период 2008–2015 гг. ее прирост составил лишь 2,19 %. В обрабатывающих производствах имеет место спад в диапазоне 0,3–0,4 % в год, приведший за указанный период к снижению производительности труда на –2,94 %.

В отличие от традиционного подхода к расчету ИПТ, экономический смысл модифицированного индекса и «латентной» оценки не столь очевиден. Раскроем его следующим образом: условия $a = 1$, $b = 0$ в формуле (4) соответствуют равенству темпов изменения производительности труда и фондовооруженности в отрасли: $X_{\text{пт}}^{\circ} = X_{\text{фв}}^{\circ}$, что отвечает условию:

$$X_{\text{дс}}^{\circ} = X_{\text{ф}}^{\circ} + 100\%.$$

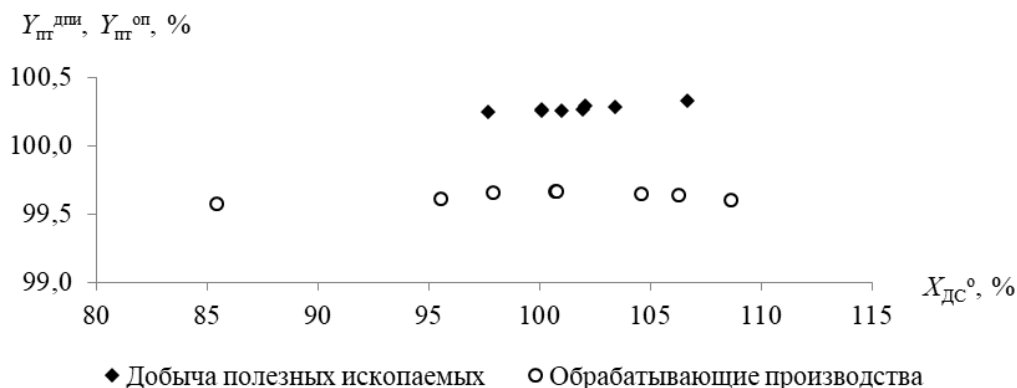


Рис. 3. Регрессии модифицированных ИПТ от ИДС в добыче полезных ископаемых и обрабатывающих производствах

Таким образом, согласно модели (7), рост добавленной стоимости с темпом $X_{\text{оф}}^{\circ} + 100\%$, где $X_{\text{оф}}^{\circ}$ – прирост основных фондов, обеспечивает прирост производительности труда $X_{\text{пт}}^{\circ}$ с темпом прироста фондовооруженности отрасли $X_{\text{фв}}^{\circ}$.

Обсуждение и выводы

Традиционный подход к оценке динамики производительности труда в национальной экономике и отдельных отраслях заключается в расчете индекса производительности труда – величины изменения производительности в процентах к предыдущему году. При этом под годовым значением производительности труда в абсолютных единицах (руб./чел.) понимается отношение ВВП (или ВДС в отрасли) к совокупным затратам труда.

Как показывает исследование, такой подход не позволяет в полной мере выявить и сопоставить все причины и факторы изменения производительности труда. Предлагаемая в статье модель описывает модифицированный индекс производительности труда в отрасли как рост рентабельности

основных фондов в расчете на одного занятого, с учетом влияния на производительность труда динамики фондовооруженности отрасли.

Оценки модифицированного индекса производительности труда в обрабатывающих производствах и сфере добычи полезных ископаемых существенно отличаются от значений динамики этого экономического показателя, полученных на основе традиционного расчета. Согласно данным Росстата, за период 2008–2015 гг. прирост производительности труда в добыче полезных ископаемых составил 18,6 %, а в обрабатывающих производствах – 16,9 %. В отличие от этих данных, «латентная» оценка, полученная на основе моделей модифицированного индекса, вскрывает существенные различия в природе производительности труда в исследуемых отраслях экономики.

Согласно этой оценке, «латентная» производительность труда в добыче полезных ископаемых за период 2008–2015 гг. росла примерно на 0,3 % в год, и ее совокупный прирост за период составил 2,19 %. В обрабатывающих производствах за это время

$Y_{\text{пт}}^{\text{дмш}}, Y_{\text{пт}}^{\text{оп}}, \%$



Рис. 4. Модифицированные индексы производительности труда

имел место спад производительности в диапазоне 0,3–0,4 % в год, что в итоге привело к снижению производительности труда на –2,94 %.

Учет в моделях модифицированного индекса динамики фондовооруженности и обновления основных фондов позволяет более определенно трактовать сущность индекса производительности труда в контексте оценки экономической эффективности. Как показывают результаты исследования, динамика экономической эффективности в обрабатывающих производствах оказывается заметно ниже по сравнению со сферой добычи полезных ископаемых. Основной причиной такого различия следует назвать следующее явление: рост фондовооруженности вызывает увеличение производительности труда в добыче полезных ископаемых и ее спад в обрабатывающих производствах. Детальное выявление при-

чин этого явления представляет собой отдельный научный интерес.

К ограничениям метода следует отнести то обстоятельство, что получение аналогичных «латентных» оценок динамики производительности труда в других отраслях требует построения и анализа соответствующих регрессионных моделей связи ИПТ с индексом фондовооруженности в отрасли. При этом отсутствие возможности статистически достоверного описания таких зависимостей линейными моделями регрессии может усложнить процесс получения выражений для модифицированных индексов и затруднить интерпретацию результатов исследования. Тем не менее имеются основания полагать, что предложенный метод может быть использован в качестве расширения традиционных методик оценивания и анализа индекса производительности труда в отраслях экономики.

Список использованных источников

1. Медведев Д.А. Россия-2024: Стратегия социально-экономического развития // Вопросы экономики. 2018. № 10. С. 5–28.
2. Аганбегян А.Г. Какой комплексный план до 2025 года нужен России? // Экономическая политика. 2017. Т. 12, № 4. С. 8–9.
3. Гоффе Н., Монусова Г. Производительность труда: социально-экономические предпосылки роста // Мировая экономика и международные отношения. 2017. № 4. С. 37–49.
4. Цветков В.А., Дудин М.Н., Лясников Н.В., Зондов К.Х. Исследование проблемы производительности труда в контексте ключевых теоретических положений неомарксистской парадигмы, теории справедливости и нейрoэкономики // Сегодня и завтра Российской экономики. 2017. № 81-82. С. 27–54.
5. Зайцев А.А. Межстрановые различия в производительности труда: роль капитала, уровня технологий и природной ренты // Вопросы экономики. 2016. № 9. С. 67–93.
6. Лавровский Б. Мировые тренды производительности труда и потребления: эмпирический анализ // Проблемы теории и практики управления. 2017. № 7. С. 51–64.
7. Френкель А.А., Сергиенко Я.В., Тихомиров Б.И., Сурков А.А. Экономика России в 2017–2019 годах: предпосылки для прорыва пока не созданы // Экономическая политика. 2018. Т. 13, № 5. С. 24–49.
8. Миронова В.Н. Производительность труда как фактор повышения конкурентоспособности экономики России // Экономика. Налоги. Право. 2017. Т. 10, № 2. С. 22–29.

9. Михеева Н.Н. Сравнительный анализ производительности труда в российских регионах // Регион: Экономика и Социология. 2015. № 2 (86). С. 86–112.
10. Воскобойников И.Б., Гимпельсон В.Е. Рост производительности труда, структурные сдвиги и неформальная занятость в российской экономике // Вопросы экономики. 2015. № 11. С. 30–61.
11. Сухарев О.С., Стрижакова Е.Н. Производительность труда в промышленности: системная задача управления // Экономика и предпринимательство. 2014. № 8 (49). С. 389–402.
12. Киселкина О.В. Структурные препятствия для роста производительности труда // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 5-1 (43). С. 76–78.
13. Коноплина Ю.С. Производительность труда в условиях информационной экономики // Балтийский экономический журнал. 2017. № 4 (20). С. 50–60.
14. Дегтярев А.В. Работа в «облаке» как способ сохранения уровня производительности труда в условиях демографической ямы // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16, № 2 (461). С. 299–314.
15. Лейберт Т.Б., Гайфуллина М.М., Халикова Э.А., Земцова В.Д. Оценка факторов, влияющих на динамику производительности труда в отраслях топливно-энергетического комплекса // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2015. № 3 (125). С. 43–50.
16. Lannelongue G., Gonzalez-Benito J., Quiroz I. Environmental management and labour productivity: The moderating role of capital intensity // Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 190, No. 1. P. 158–169.
17. Samuelson P.A., Nordhaus W.D. Economics. Thirteenth ed. New York: McGraw-Hill, 1989. 564 p.
18. Ichniowski C. Human Resource Management Systems and the Performance of U.S. Manufacturing Businesses // NBER Working Paper No. 3449. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1990.
19. Pritchard R.D. Organizational productivity // Handbook of Industrial and Organizational Psychology. Vol. 3 / edited by M.D. Dunnette, L.M. Hough. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1992. P. 443–471.
20. Huselid M.A. The impact of human resource management practices on turnover, productivity and corporate financial performance // The Academy of Management Journal. 1995. Vol. 38, Issue 3. P. 635–672.
21. Tarancón M.-A., Gutiérrez-Pedrero M.- J., Callejas F.E., Martínez-Rodríguez I. Verifying the relation between labor productivity and productive efficiency by means of the properties of the input-output matrices. The European case // International Journal of Production Economics. 2018. Vol. 195. P. 54–65.
22. Сенникова А.Е., Ворокова Н.Х. Методы и модели анализа производительности труда // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 11 (58). С. 1573–1574.
23. Лядова Е.В. Анализ динамики производительности труда в России: макроэкономический аспект // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2017. № 1 (45). С. 46–53.
24. Кутукова Е.С. О некоторых подходах к оценке производительности труда в современной российской экономике // Государственный аудит. Право. Экономика. 2017. № 3-4. С. 129–135.
25. Бурцева Т.А. Эконометрические модели региональной производительности труда // Вопросы статистики. 2017. № 3. С. 30–36.
26. Растворцева С.Н. Производительность труда и фондовооруженность в обеспечении экономического роста российских регионов // Социальное пространство. 2018. № 1 (13). С. 1–9.

Mikhnenko P.A.

*Moscow University for Industry and Finance «Synergy»,
Moscow, Russia*

MODELING OF INDICES OF LABOR PRODUCTIVITY IN MANUFACTURING INDUSTRY AND MINERAL MINING

Abstract. Abstract. The relevance of the study is determined by the presence of significant potential for productivity growth in the Russian economy. The subject of the study is a method of calculating the labor productivity index and its application to compare the dynamics of this economic indicator in manufacturing and mining. The objective of the study is evaluation of the adequacy and instrumental content of the labor productivity index, calculated as the ratio of gross value added to the total labor costs in an industry. The research method is based on statistical and regression analysis, economic and mathematical modeling of the dynamics of labor productivity index. It has been concluded that the traditional approach to the calculation and analysis of the dynamics of labor productivity does not allow one to identify and compare causes for its dynamics in the studied industries. The author proposes models of indices characterizing the dynamics of labor productivity as a change in the profitability of fixed assets per employee, taking into account the influence of the dynamics of the industry's fixed capital stock. It is shown that the increase in "latent" labor productivity in the mining of minerals in 2008–2015 was 2.19%. In the processing industries for the same period, there was a decrease in the "latent" productivity of 2.94%. The obtained results characterize the dynamics of labor productivity in the processing industries and the mining industry but the proposed calculation method can also be used to analyze other industries. The results obtained are significantly at odds with traditional statistical data, which indicates the possibility of the proposed method for assessing the implicit prerequisites for changing the dynamics of labor productivity in sectors of the economy.

Key words: labor productivity; regression analysis; processing industries; mining of minerals.

References

1. Medvedev, D.A. (2018). Rossiia-2024: Strategiiia sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia (Russia-2024: the strategy of social and economic development). *Voprosy ekonomiki*, No. 10, 5–28.
2. Aganbegian, A.G. (2017). Kakoi kompleksnyi plan do 2025 goda nuzhen Rossii [What kind of comprehensive plan up until 2025 does Russia need?]. *Ekonomicheskaiia politika [Economic Policy]*, Vol. 12, No 4, 8–9.
3. Goffe, N., Monusova, G. (2017). Proizvoditel'nost' truda: sotsial'no-ekonomicheskie predposylki rosta (Labour Productivity: Social and Economic Prerequisites for Growth). *Mirovaia ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniia (World Economy and International Relations)*, No. 4, 37–49.
4. Tsvetkov, V.A., Dudin, M.N., Lyasnikov, N.V., Zoidov, K.Kh. (2017). Issledovanie problemy proizvoditel'nosti truda v kontekste kliuchevykh teoreticheskikh polozhenii neomarksistskoi paradigmy, teorii spravedlivosti i neuroekonomiki (The study of the problem of labor productivity in the context of the key

- theoretical positions of the neo-Marxist paradigm, the theory of justice and neuroeconomics). *Segodnia i zavtra Rossiiskoi ekonomiki (Today and Tomorrow of the Russian Economy)*, No. 81-82, 27–54.
5. Zaytsev, A.A. (2016). Mezhranovye razlichii v proizvoditel'nosti truda: rol' kapitala, urovnia tekhnologii i prirodnoi renty (International differences in labor productivity: Role of capital, technological level and resource rent). *Voprosy ekonomiki*, No. 9, 67–93.
 6. Lavrovsky, B. (2017). Mirovye trendy proizvoditel'nosti truda i potrebleniia: empiricheskii analiz (World Trends in Labour Productivity and Consumption: Empirical Analysis). *Problemy teorii i praktiki upravleniia [Problems of Management Theory and Practice]*, No. 7, 51–64.
 7. Frenkel, A.A., Sergienko, Ia.V., Tikhomirov, B.I., Surkov, A.A. (2018) *Ekonomika Rossii v 2017–2019 godakh: predposylki dlia proryva poka ne sozdany (Russian Economy in 2017-2019: The Prerequisites for a Breakthrough Have Not Yet Been Created)*. *Ekonomicheskaiia politika [Economic Policy]*, Vol. 13, No. 5, 24–49.
 8. Mironova, V.N. (2017) Proizvoditel'nost' truda kak faktor povysheniia konkurentosposobnosti ekonomiki Rossii (Labor Productivity Growth as a Way to Increase the Competitiveness of the Russian Economy). *Ekonomika. Nalogi. Pravo (Economics, Taxes and Law)*, Vol. 10, No 2, 22–29.
 9. Mikheeva, N.N. (2015). Sravnitelnyi analiz proizvoditelnosti truda v rossiiskikh regionakh (Workforce Productivity in Russian Regions: Comparative Analysis). *Region: Ekonomika i Sotsiologiya (Region: Economics and Sociology)*, No. 2 (86), 86–112.
 10. Voskoboynikov, I.B., Gimpelson, V.E. (2015). Rost proizvoditel'nosti truda, strukturnye sdvigi i neformal'naia zaniatost' v rossiiskoi ekonomike (Productivity Growth, Structural Change and Informality: The Case of Russia). *Voprosy Ekonomiki*, No. 11, 30–61.
 11. Sukharev, O.S., Strizhakova, E.N. (2014). Proizvoditel'nost' truda v promyshlennosti: sistemnaia zadacha upravleniia [Labor Productivity in Manufacturing: A Systemic Management Problem]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo (Journal of Economy and Entrepreneurship)*, No. 8 (49), 389–402.
 12. Kiselkina, O.V. (2017). Strukturnye prepiatstviia dlia rosta proizvoditel'nosti truda (Structural Obstacles to Productivity Growth). *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii (Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology)*, No. 5-1 (43), 76–78.
 13. Konoplina, Iu.S. (2017). Proizvoditelnost' truda v usloviakh informatsionnoi ekonomiki (Labor Productivity in the Conditions of Information Economy). *Baltiiskii ekonomicheskii zhurnal [Baltic Journal of Economics]*, No. 4 (20), 50–60.
 14. Degtyarev, A.V. (2017). Rabota v «oblake» kak sposob sokhraneniia urovnia proizvoditel'nosti truda v usloviakh demograficheskoi iamy (Cloud working as a way to maintain the level of performance under demographic crisis). *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika (Economic Analysis: Theory and Practice)*, Vol. 16, No. 2 (461), 299–314.

15. Leibert, T.B., Gaifullina, M.M., Khalikova, E.A., Zemtsova, V.D. (2015). Otsenka faktorov, vliiaushchikh na dinamiku proizvoditel'nosti truda v otrasliakh toplivno-energeticheskogo kompleksa (Assessing Factors Which Influence Labor Efficiency Dynamics of Oil-Energy Complex). *Ekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskii zhurnal (Economics and Management: Research and Practice Journal)*, No. 3 (125), 43–50.
16. Lannelongue, G., Gonzalez-Benito, J., Quiroz, I. (2017). Environmental management and labour productivity: The moderating role of capital intensity. *Journal of Environmental Management*, Vol. 190, No. 1, 158–169.
17. Samuelson, P.A., Nordhaus, W.D. (1989). *Economics*. Thirteenth ed. New York, McGraw-Hill, 564 p.
18. Ichniowski, C. (1990). Human Resource Management Systems and the Performance of U.S. Manufacturing Businesses. *NBER Working Paper No. 3449*. Cambridge, National Bureau of Economic Research.
19. Pritchard, R.D. (1992). Organizational productivity. *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*. Vol. 3. Edited by M.D. Dunnette, L.M. Hough. Palo Alto, CA, Consulting Psychologists Press, P. 443–471.
20. Huselid, M.A. (1995). The impact of human resource management practices on turnover, productivity and corporate financial performance. *The Academy of Management Journal*, Vol. 38, Issue 3, 635–672.
21. Tarancón, M.-A., Gutiérrez-Pedro, M.- J, Callejas, F.E., Martínez-Rodríguez, I. (2018). Verifying the relation between labor productivity and productive efficiency by means of the properties of the input-output matrices. The European case. *International Journal of Production Economics*, Vol. 195, 54–65.
22. Sennikova, A.E., Vorokova, N.Kh. (2017). Metody i modeli analiza proizvoditel'nosti truda (Methods and Models of Analysis of Labor Productivity). *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii (Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology)*, No. 11 (58), 1573–1574.
23. Lyadova, E.V. (2017). Analiz dinamiki proizvoditel'nosti truda v Rossii: makroekonomicheskii aspekt (Analysis of the Dynamics of Labor Productivity in Russia: The Macroeconomic Aspect). *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki (Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. Social Sciences)*, No. 1 (45), 46–53.
24. Kutukova, E.S. (2017). O nekotorykh podkhodakh k otsenke proizvoditel'nosti truda v sovremennoi rossiiskoi ekonomike (On some approaches to valuation to performance rating in the modern Russian economy). *Gosudarstvennyi audit. Pravo. Ekonomika [State Audit. Law. Economics]*, No. 3-4, 129–135.
25. Burtseva, T.A. (2017). Ekonometricheskie modeli regional'noi proizvoditel'nosti truda (Econometric Models of Regional Labor Productivity). *Voprosy statistiki (Bulletin of Statistics)*, No. 3, 30–36.
26. Rastvortseva, S.N. (2018). Proizvoditel'nost' truda i fondovoruzhennost' v obespechenii ekonomicheskogo rosta rossiiskikh regionov (Labor productivity and capital to labor ratio in ensuring the economic growth of the Russian regions). *Sotsialnoe prostranstvo (Social Area)*, No. 1 (13), 1–9.

Information about the author

Mikhnenko Pavel Aleksandrovich – Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department of General and Strategic Management, Moscow University for Industry and Finance «Synergy», Moscow, Russia (105318, Moscow, Izmailovsky Val, 2); e-mail: mpa69@yandex.ru.

Для цитирования: Михненко П.А. Моделирование индексов производительности труда в обрабатывающих производствах и добыче полезных ископаемых // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2019. Т. 18, № 4. С. 505–521. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.4.025.

For Citation: Mikhnenko P.A. Modeling of Indices of Labor Productivity in Manufacturing Industry and Mineral Mining. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2019, Vol. 18, No. 4, 505–521. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.4.025.

Информация о статье: дата поступления 15 июля 2019 г.; дата принятия к печати 12 августа 2019 г.

Article Info: Received July 15, 2019; Accepted August 12, 2019.