

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ-ЛИДЕРАХ

П. А. Михненко

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Российский государственный гуманитарный университет,
Москва, Россия

Значительное повышение производительности труда является сегодня важнейшей задачей российской экономики, что отражено в национальных целях Российской Федерации и национальном проекте «Производительность труда и поддержка занятости». Существующие математические модели и методы анализа данной проблемы не позволяют в полной мере выделить ключевые факторы, определяющие способность предприятий обеспечивать значительный прирост производительности в краткосрочной и среднесрочной перспективе. В статье предложена математическая модель анализа динамики производительности труда, построенная на основе информационного подхода к анализу систем. Отличительными особенностями модели являются использование теоремы гипотез для получения оценки условной вероятности достижения целевого показателя, а также двух вариантов интерпретации вероятности реализации ситуационного фактора. Объектом исследования является репрезентативная выборка промышленных предприятий России, входящих в топ-100 лидеров по приросту производительности труда. Поставлена и решена задача расчета относительных мер прагматической (целевой) информации, определяющей степень соответствия прироста основных финансово-экономических показателей достижению цели – приросту производительности труда на предприятиях в трехлетней перспективе. В результате моделирования показано, что степень относительной целесообразности высоких темпов прироста выручки предприятия снижается по мере возрастания диапазонов прироста производительности труда. При этом заметно повышается степень относительной целесообразности высоких темпов прироста оборачиваемости активов в сочетании с сокращением длительности операционного цикла предприятия. В отличие от большинства работ, посвященных данной проблеме, показано, что относительная целесообразность прироста фондовооруженности на предприятии наиболее заметна для среднего и высокого темпов прироста производительности труда и пренебрежимо мала в рекордном диапазоне. Полученные результаты раскрывают прикладные возможности использования логико-математического инструментария информационного подхода для анализа динамики показателей экономической эффективности бизнеса.

Ключевые слова: информационный подход, моделирование, финансово-экономические показатели, вероятность, прагматическая информация, целесообразность.

INFORMATION MODELING AND ANALYSIS OF LABOUR PRODUCTIVITY DYNAMICS AT ENTERPRISES-LEADERS

Pavel A. Mikhnenko

Bauman Moscow State Technical University, Russian State University for the Humanities,
Moscow, Russia

Serious growth in labour productivity is an essential task of Russian economy today, which was formulated in the national goals of the Russian Federation and the national project 'Labour Productivity and Employment Support'. Current mathematic models and methods of analyzing the given problem cannot identify key factors affecting the capacity of the enterprise to provide a considerable growth in productivity in the short-term and medium-term perspective. The article puts forward a mathematic model for analyzing labour productivity dynamics, which was designed on the informational approach to system analysis. Specific features of the model are the use of the

hypothesis theorem to get estimation of relative probability of achieving the target indicator and 2 variants of interpretation of probability to realize the situation factor. The research object is representative sample of industrial enterprises in Russia included in the top-100 leaders by labour productivity growth. The authors set and resolved the task to estimate relative steps of target information that determine the degree of conformity of an increase in key finance and economic parameters with attaining the goal, i.e. growth in labour productivity at the enterprise in 3-year perspective. As a result of modeling it was shown that the degree of relative expediency of high rates of proceed rise tend to decline as the ranges of labour productivity grow. At the same time the degree of relative expediency of high rates of asset turn-over growth steps up in line with decreasing durability of operative cycle of the enterprise. In contrast to many works dealing with this problem it was shown that relative expediency of fund-equipment at the enterprise is more noticeable for medium and high rates of labour productivity growth and extremely low in the record range. The obtained results demonstrate applied opportunities to use logic-mathematic tools of the information approach to analyze indicators of economic efficiency of business.

Keywords: information approach, modeling, finance and economic indicators, probability, pragmatic information, goal-conformity.

Введение

Проблема производительности труда (ПТ) является сегодня неотъемлемым элементом экономического дискурса и находится в центре внимания как академического сообщества, так и менеджмента предприятий всех отраслей и видов экономической деятельности. По данным ОЭСР, в 2019 г. в России величина ПТ, выраженная долей внутреннего валового продукта на одного работника в текущих ценах по паритету покупательной способности, достигла величины 59 613,6 долларов США, что составило 30,3% от значения, продемонстрированного Ирландией – страной-лидером по этому показателю в 2019 г., и 44,4% от показателя США. Прирост ПТ в России в 2019 г. по сравнению с 2018 г. составил 8,44%¹.

В российской экономике накапливается разрыв в производительности между наиболее эффективными и отстающими предприятиями [1]. Различия в величинах ПТ объясняются различиями в уровнях развития высокотехнологичных и наукоемких отраслей. Одним из важнейших показателей, определяющих рост ПТ, часто называется фондовооруженность предприятия [2]. Учет в моделях ПТ динамики фондовооруженности и обновления основных фондов позволяет более определенно трактовать сущность индекса производительности труда в контексте оценки экономической эффективности предприятия

[3]. При исследовании проблем роста ПТ необходимо обращать внимание прежде всего на качественную сторону дела. Важно, чтобы рост происходил в основном за счет повышения эффективности, а не объема используемых ресурсов [4]. Сегодня востребованы актуализация и совершенствование компетенций высокообразованных кадров в целях повышения производительности труда и создания для работников комфортных условий труда [5]. Важнейшими факторами повышения ПТ на предприятиях несырьевых секторов российской экономики являются развитие человеческого капитала, инвестиции в современное оборудование, экспортная деятельность, использование современных цифровых технологий и решений, финансирование расходов на НИОКР [6].

К приоритетным направлениям совершенствования организации труда на промышленных предприятиях, позволяющим эффективно управлять уровнем производительности труда, относятся те из них, которые связаны с наиболее активным использованием человеческих ресурсов [7]. Для предотвращения дальнейшего снижения производительности труда в российской экономике сегодня необходимы регуляторные меры, поддерживающие действие рыночных сил. Следует создать благоприятный климат для появления инновационно активных новых фирм, ускорить уход неконкурентоспособных фирм, повысить мобильность трудовых ресурсов и капитала, а также трансферт знаний между

¹ URL: <https://stats.oecd.org>

фирмами и регионами [8]. Одним из основных факторов, влияющих на индекс производительности труда, является динамика инвестиций в основной капитал [9].

В Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» была поставлена цель – рост производительности труда на средних и крупных предприятиях базовых несырьевых отраслей экономики не ниже 5 процентов в год. В 2020 г. в Указе Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», призванном актуализировать систему стратегических целей социально-экономического развития России, в рамках национальной цели «Достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство» отсутствует упоминание о производительности труда. Однако имеются основания полагать, что этот факт не свидетельствует об утрате внимания государства к данной проблеме, ее решение продолжается в рамках национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости», а именно федерального проекта «Системные меры по повышению производительности труда». Нацпроект предполагает обеспечение ежегодного пятипроцентного прироста производительности труда на средних и крупных предприятиях несырьевых отраслей экономики страны. Сегодня участниками нацпроекта являются более 2 300 предприятий из 67 субъектов Российской Федерации. Оптимальные величины финансирования этапов нацпроекта, помимо прочего, зависят от наличия случайных факторов, интенсивность которых должна учитываться при планировании динамики производительности труда в отечественной экономике [10].

Примерами успешной реализации корпоративных программ и проектов повышения ПТ в соответствии с целями и условиями нацпроекта являются данные о

предприятиях базовых несырьевых отраслей российской экономики, являющихся лидерами в разных номинациях по величине и динамике роста ПТ. Информация о победителях Всероссийской премии «Производительность труда: лидеры промышленности России» начиная с 2015 года ежегодно публикуется на портале «Управление производством»¹. В нашем исследовании под предприятиями-лидерами понимается группа предприятий, входящих в топ-100 по приросту ПТ за три года (с 2017 по 2019). Нижний порог роста ПТ в этой номинации составляет 36%.

Задачи анализа динамики ПТ на макро- и микроуровнях, а также выявления существенных параметров и условий эффективной реализации программ повышения ПТ на предприятиях активно решаются отечественными и зарубежными исследователями с применением методов экономико-математического моделирования [3; 10; 11–17]. Математическим аппаратом, удобным для выявления взаимозависимостей между ПТ и другими показателями, традиционно считается регрессионный и корреляционный анализ. Однако наряду с простотой у этих видов анализа имеется существенный недостаток – как правило, исследуются линейные зависимости между результирующим параметром и независимым фактором. Модели, имеющие малую сложность, нередко оказываются неточными, а модели излишней сложности обладают отрицательным эффектом переобучения.

Методика исследования

Целью данного исследования является выявление и анализ финансово-экономических показателей, которые могут рассматриваться в качестве ключевых факторов, определяющих устойчивый прирост производительности труда на отечественных промышленных предприятиях. Под производительностью труда на предприятии (ПТ, млн руб./чел. в год) будем понимать отношение годовой выручки (В, млн

¹ URL: <http://www.up-pro.ru/>

руб.) к средней численности работников предприятия (СЧР, чел.):

$$ПТ = \frac{В}{СЧР}. \quad (1)$$

Прирост ПТ вычисляется по формуле

$$\Delta ПТ = \frac{ПТ_{2019}}{ПТ_{2017}} \cdot 100\% - 100, \quad (2)$$

где $ПТ_{2019}$ и $ПТ_{2017}$ – величины ПТ на предприятии (млн руб./чел. в год) по состоянию на 2019 и 2017 гг. соответственно.

Следует подчеркнуть, что в данном исследовании выявление взаимосвязи темпов прироста ПТ с темпами прироста других показателей не предполагает безусловного наличия между ними детерминированной причинно-следственной или сильной стохастической связи. Речь идет о выявлении степени целесообразности прироста конкретного показателя решению задачи по приросту ПТ (в рамках терминологии информационного подхода) [18–23].

В качестве объекта исследования рассматривается репрезентативная статистическая выборка из 94 промышленных предприятий России, входящих в топ-100 лидеров по приросту ПТ в период 2017–2019 гг. по версии Всероссийской премии «Производительность труда: Лидеры промышленности России – 2020»¹. Эти предприятия продемонстрировали в трехлетний период (в 2019 г. по отношению к 2017 г.) прирост ПТ в диапазоне от 36 до 304%. Причем около 20% предприятий, вошедших в топ-100 по приросту ПТ за три года, также являются лидерами по величине ПТ в 2019 г. Около 32% выборки представлены машиностроительными предприятиями, второе и третье места занимают предприятия пищевой промышленности и металлургические компании (табл. 1).

Около 34% предприятий-лидеров расположены в Центральном федеральном округе, второе и третье места занимают

Приволжский и Уральский федеральные округа (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Распределение предприятий выборки по отраслям

Отрасль	В %
Машиностроение	32
Пищевая промышленность	15
Металлургия	10
Химическая промышленность	7
Приборостроение	6
Производство строительных материалов	6
Нефтегазодобыча и нефтепереработка	6
Радиоэлектронная промышленность	6
Энергетика	3
Легкая промышленность	2
Целлюлозно-бумажная промышленность	2
Прочие	1
Электротехническая промышленность	1
Деревообработка	1
Всего	100

Т а б л и ц а 2

Распределение предприятий выборки по регионам

Федеральный округ	В %
Центральный	34
Приволжский	26
Уральский	13
Северо-Западный	7
Сибирский	7
Южный	6
Дальневосточный	5
Северо-Кавказский	1
Всего	100

Гистограмма частот диапазонов прироста ПТ в выборке предприятий демонстрирует, что этот показатель имеет большой разброс значений, однако около 70% предприятий выборки обеспечили трехлетний прирост ПТ в диапазоне 33–66% (рис. 1).

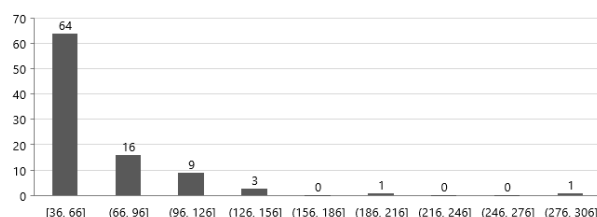


Рис. 1. Гистограмма частот диапазонов прироста ПТ в выборке предприятий

¹ Шесть предприятий из топ-100 не были включены в выборку по причине отсутствия в свободном доступе данных об анализируемых финансовых показателях.

Как видно, значения доверительных интервалов не позволяют делать обоснованные выводы о консолидированной успешности металлургических предприятий и предприятий химической промышленности в направлении повышения ПТ.

По регионам средние значения прироста ПТ распределились следующим образом: Приволжский федеральный округ – 75% (16%), Уральский федеральный округ – 71% (21%), Сибирский федеральный округ – 66% (21%), Центральный федеральный округ – 62% (17%). Выборочный региональный анализ подтверждает вывод о широкой дифференциации темпов прироста ПТ и отсутствии достаточных оснований для выделения наиболее успешных в этом направлении предприятий по региональному признаку.

Информационное моделирование динамики производительности труда. В основу методики данного исследования положен информационный подход к анализу систем – теория информационного поля [20]. Информационный подход находит применение при решении задач анализа динамики развития предприятий [24], инвестиционных портфелей [25], социально-экономической устойчивости регионов [26] и в других исследованиях. Понятие «информационное моделирование» используется в нашем исследовании в контексте информационного подхода как описание существенных свойств и взаимосвязей объекта посредством логико-математического аппарата теории информации. Основной задачей информационного моделирования в данном исследовании будем считать получение оценок степени целесообразности прироста выбранных финансово-экономических показателей достижению прироста ПТ в диапазоне, характерном для предприятий-лидеров.

В соответствии с основной идеей информационного подхода к анализу систем введем два понятия: 1) вероятность достижения цели и 2) вероятность реализации ситуационного фактора. Первое понятие эквивалентно одноименной дефиниции,

которая в рамках информационного подхода используется для вычисления меры прагматической (целевой) информации. Второе – является аналогом понятия «вероятность использования компоненты (свойства) при принятии решения, направленного на достижение цели»¹.

Как следует из постановки задачи исследования, в качестве цели предприятий-лидеров будем рассматривать прирост ПТ в период 2017–2019 гг. Под *целевыми показателями* c_k , $k = [1; 4]$, будем понимать диапазоны темпов прироста ПТ, приближенно соответствующие реальным диапазонам частот (априорной плотности вероятности) прироста ПТ в выборке исследуемых предприятий (см. рис. 1) с точностью до объединения шести правых диапазонов (табл. 3).

Т а б л и ц а 3
Диапазоны темпов прироста производительности труда (в %)

c_1	c_2	c_3	c_4
Малый*	Средний	Высокий	Рекордный
[33; 66]	(66; 96]	(96; 126]	(126; 306]

*Здесь и далее «малый», «средний», «высокий» и «рекордный» являются условными обозначениями темпов прироста ПТ.

Ситуационными факторами будем называть прирост (изменение) величин пяти финансово-экономических показателей в период 2017–2019 гг.:

- 1) выручки предприятия (В);
- 2) средней численности работников (СЧР);
- 3) фондовооруженности (ФВ);
- 4) длительности операционного цикла (ОЦ);
- 5) коэффициента оборачиваемости активов (КОА).

Перечисленные показатели гипотетически рассматриваются здесь в качестве ключевых.

¹ Теория систем и системный анализ в управлении организациями. Справочник : учебное пособие / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика : Инфра-М, 2012. – С. 296.

чевых факторов, определяющих устойчивый прирост ПТ на предприятиях-лидерах.

Выбор указанных показателей в качестве ситуационных факторов обусловлен тем, что в литературе, посвященной проблеме роста ПТ, а также в отчетах о результатах реализации соответствующих программ на предприятиях, соотношение выручки и средней численности работников, сокращение длительности операционного цикла (в том числе за счет сокращения запасов и дебиторской задолженности), уровень фондовооруженности (за счет прироста стоимости основных средств) и оборачиваемость активов часто рассматриваются в качестве наиболее явных факторов, определяющих прирост ПТ или сопутствующих этому процессу [2; 3; 7; 10; 13].

В исследовании предполагается, что прирост данных показателей является результатом комплекса организационно-экономических и технологических мероприятий, направленных на повышение ПТ. При этом сведения о годовых величинах финансово-экономических показателей получены из финансовой (бухгалтерской) отчетности предприятий по данным ФНС и Росстата. Величины прироста показателей вычислялись аналогично приросту ПТ по состоянию на 2019 г. по отношению к 2017 г.

В среднем предприятия-лидеры показали за три года прирост выручки, фондовооруженности и коэффициента оборачиваемости активов при незначительном сокращении численности работников и длительности операционного цикла (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Статистические показатели факторов (в %)

Статистические показатели	Прирост В	Прирост СЧР	Прирост ФВ	Прирост ОП	Прирост КОА
Среднее	59,9	-4,2	57,9	-9,8	28,1
Стандартное отклонение	51,7	18,0	304,4	29,7	49,5
Доверительный интервал	10,5	3,6	61,5	6,0	10,0

Следует отметить, что при близких значениях среднего прироста выручки (59,9%) и фондовооруженности (57,9%) второй показатель продемонстрировал ощутимый разброс значений (доверительный интервал – около 62%). Среднее значение сокращения СЧР (-4,2% с узким доверительным интервалом) подтверждает распространенное мнение о том, что интенсивные организационно-технологические мероприятия по повышению ПТ на социально ответственных предприятиях не предполагают заметного сокращения численности работников, а в ряде случаев и обеспечивают создание новых рабочих мест. Например, АО «Сибирское специальное конструкторское бюро электротермического оборудования», ОАО «Тверской вагоностроительный завод», АО «Рузаевский завод химического машиностроения» и ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова» за анализируемый период показали прирост СЧР на 32–62%, обеспечив при этом

прирост ПТ в среднем на 94,8%. Около 64% предприятий-лидеров обеспечили сокращение длительности операционного цикла в результате организационно-технических и финансовых мероприятий. Максимальные темпы сокращения длительности операционного цикла продемонстрировали ОАО «Сагуновский мясокомбинат» (-87,8 %), ПАО «НК «Роснефть» – МЗ «Нефтепродукт» (-76,2%) и ПАО «Радиофизика» (-75,8%).

В данном исследовании под реализацией ситуационных факторов (x_{ij}) будем понимать диапазоны изменения каждого из показателей, где i – буквенное обозначение фактора; j – номер диапазона (табл. 5).

Представленные в табл. 5 диапазоны изменения темпов прироста приблизительно соответствуют реальным распределениям частот (априорным плотностям вероятности) прироста данных показателей на предприятиях выборки за 2017–2019 гг.

Диапазоны изменения факторов (в %)

Фактор	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
В	[-23; 17]	(17; 57]	(57; 97]	(97; 297]
СЧР	[-60; -18]	(-18; -4]	(-4; 10]	(10; 66]
ФВ	[-100; -4]	(-4; 44]	(44; 92]	(92; 2918]
ОЦ	[-88; -42]	(-42; -7]	(-7; 27]	(27; 73]
КОА	[-39; 0]	(0; 38]	(38; 114]	(114; 342]

Информационная мера достижения целевого показателя. В качестве оценки степени целесообразности конкретной реализации ситуационного фактора достижению одного из целевых показателей будем использовать информационную меру $h(c_k | x_{ij})$ достижения целевого показателя c_k при реализации фактора x_{ij} , вычисляемую по формуле¹:

$$h(c_k | x_{ij}) = q(x_{ij}) \log[1 - p(c_k | x_{ij})], \quad (3)$$

где $q(x_{ij})$ – оценка вероятности реализации фактора x_{ij} ;

$p(c_k | x_{ij})$ – оценка условной вероятности достижения целевого показателя c_k при реализации фактора x_{ij} .

Оценка условной вероятности $p(c_k | x_{ij})$ является аналогом экспертной оценки вероятности достижения прироста ПТ в диапазоне c_k при реализации фактора x_{ij} . При использовании на предприятии экспертных процедур такая оценка может быть дана экспертами на основе экстраполяции соответствующих исторических трендов с учетом текущих тенденций в деятельности предприятия и ее внешней среды, и по существу является ответом на вопрос: с какой вероятностью на предприятии будет достигнут данный целевой показатель прироста ПТ при изменении конкретного фактора в заданном диапазоне?

В нашем случае при наличии статистической выборки данных о трехлетнем приросте ПТ на предприятиях-лидерах

оценка условной вероятности $p(c_k | x_{ij})$ может быть рассчитана по формуле Байеса:

$$p(c_k | x_{ij}) = \frac{p(c_k)p(x_{ij} | c_k)}{\sum_{k=1}^4 p(c_k)p(x_{ij} | c_k)},$$

где $p(c_k)$ – оценка априорной вероятности достижения целевого показателя, рассчитываемая как частота событий: $p(c_k) = n_k / n$, где n_k – число предприятий, продемонстрировавших прирост ПТ в диапазоне c_k ; n – общая размерность выборки предприятий-лидеров;

$p(x_{ij} | c_k)$ рассчитывается как частота событий

$$p(x_{ij} | c_k) = n_{ij} / n_k, \quad (4)$$

где n_{ij} – число предприятий, продемонстрировавших изменение x_{ij} при условии, что прирост ПТ находился в диапазоне c_k .

Вероятность $q(x_{ij})$ реализации ситуационного фактора x_{ij} допускает различные содержательные интерпретации. Первая состоит в расчете частоты реализации ситуационного фактора x_{ij} на всем массиве выборки предприятий, что соответствует экспертной оценке, построенной на основе обобщающего признака – лидерство предприятий по приросту ПТ. Например, при x_{11} данная интерпретация означает оценку вероятности реализации темпа прироста выручки в диапазоне -23–17% для всех предприятий-лидеров по темпу прироста ПТ.

Вторая интерпретация заключается в определении условной вероятности реализации ситуационного фактора x_{ij} при условии достижения целевого показателя c_k (4), что соответствует экспертной оценке вероятности реализации ситуационного фактора применительно к группам предприятий, ставящих перед собой сходные цели достижения прироста ПТ в определенном целевом диапазоне c_k . Например,

¹ Здесь и далее используется логарифм второй степени, традиционно использующийся в математической теории информации и информационном подходе к анализу систем. См.: Теория систем и системный анализ в управлении организациями. Справочник : учебное пособие / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. – С. 295.

при x_{B1} и c_1 такая интерпретация означает оценку вероятности реализации темпа прироста выручки в диапазоне -23-17% для предприятий, ставящих перед собой цель – обеспечение малого прироста ПТ в диапазоне 33-66 %. Тогда информационная мера

$$h(c_1 | x_{B1}) = q(x_{B1}) \log [1 - p(c_1 | x_{B1})]$$

будет характеризовать степень достижения целевого показателя c_1 – прироста ПТ в диапазоне 33-66% за три года при условии реализации ситуационного фактора x_{B1} – выручки предприятия за тот же период в диапазоне -23-17%.

Третья интерпретация предполагает учет отраслевых особенностей предприятий-лидеров и расчет частоты реализации ситуационного фактора x_{ij} на поддиапазоне выборки предприятий одной отрасли. Такая интерпретация требует наличия достаточной мощности отраслевых выборок предприятий, что характерно только для машиностроительных предприятий.

В данном исследовании будут использоваться первая и вторая интерпретации.

Прагматическая (целевая) информация. Под прагматической (целевой) информацией будем понимать информацию о целесообразности i -го ситуационного фактора достижению целевого показателя c_k . Мера прагматической информации представляет собой отрицательную сумму информационных мер (3) по номеру j -го диапазона реализации

$$H_{ki} = -\sum_{j=1}^4 h(c_k | x_{ij}). \quad (5)$$

Выражение (5) представляет собой оценку степени целесообразности ситуационного фактора (в диапазоне изменения конкретного финансово-экономического показателя) достижению соответствующего целевого показателя.

При $q(x_{ij}) = 1 - p(c_k | x_{ij})$, где $1 - p(c_k | x_{ij})$ – оценка вероятности недостижения целевого показателя, выражение (5) представляет собой энтропийную меру по Шеннону, отражающую степень информационной неопределенности недостижения (или

информационной определенности достижения) целевого показателя c_k .

При $q(x_{ij}) \neq 1 - p(c_k | x_{ij})$, что характерно для анализируемой динамики ПТ, H_{ki} – мера информационной определенности возможности достижения целевого показателя c_k при условии реализации на всем анализируемом диапазоне конкретного ситуационного фактора. Например, выражение $H_{1B} = -\sum_{j=1}^4 h(c_1 | x_{Bj})$ описывает меру прагматической информации о целесообразности ситуационного фактора x_{Bj} – прироста выручки (по всем диапазонам ее изменения) – достижению целевого показателя c_1 – приросту ПТ в диапазоне 33-66%.

Расчет вероятности реализации ситуационных факторов на всем массиве выборки предприятий

Рассмотрим результаты информационного моделирования динамики прироста ПТ при условии, что вероятность реализации ситуационных факторов рассчитывается как априорная (безусловная) вероятность на всем массиве выборки предприятий (первая интерпретация). В табл. 6 приведены абсолютные значения меры прагматической информации, рассчитанные по формулам (3) и (5) для предприятий анализируемой выборки.

Таблица 6
Матрица прагматической информации:
абсолютные значения

Целевые показатели	В	СЧР	ФВ	ОЦ	КОА
c_1	2,79	1,79	1,97	1,85	1,92
c_2	0,22	0,28	0,29	0,27	0,27
c_3	0,06	0,15	0,15	0,15	0,15
c_4	0,03	0,08	0,08	0,09	0,10

Для наглядности рассчитаем относительные значения меры прагматической информации, нормированные в каждой строке табл. 6 суммой значений по этой строке. После приведения к процентной мере сумма относительных значений в каждой строке будет равна 100%¹ (табл. 7).

¹ С точностью до знака после запятой.

Т а б л и ц а 7
Матрица прагматической информации:
относительные значения (в %)

Целевые показатели	В	СЧР	ФВ	ОЦ	КОА
c ₁	27,0	17,4	19,1	18,0	18,6
c ₂	16,4	21,2	21,6	20,5	20,3
c ₃	8,5	22,4	23,5	22,4	23,3
c ₄	7,5	20,8	20,9	24,0	26,8

Ряды относительных значений (строки табл. 7) позволяют наглядно оценить соот-

ношения величин прагматической информации, характеризующих степень целесообразности каждого из пяти ситуационных факторов целевым показателям c₁–c₄, представленным диапазонами прироста ПТ. Как видно, информационная мера целесообразности прироста выручки приросту ПТ логарифмически снижается по мере реализации целевых показателей от малого к рекордному диапазонам (рис. 2).

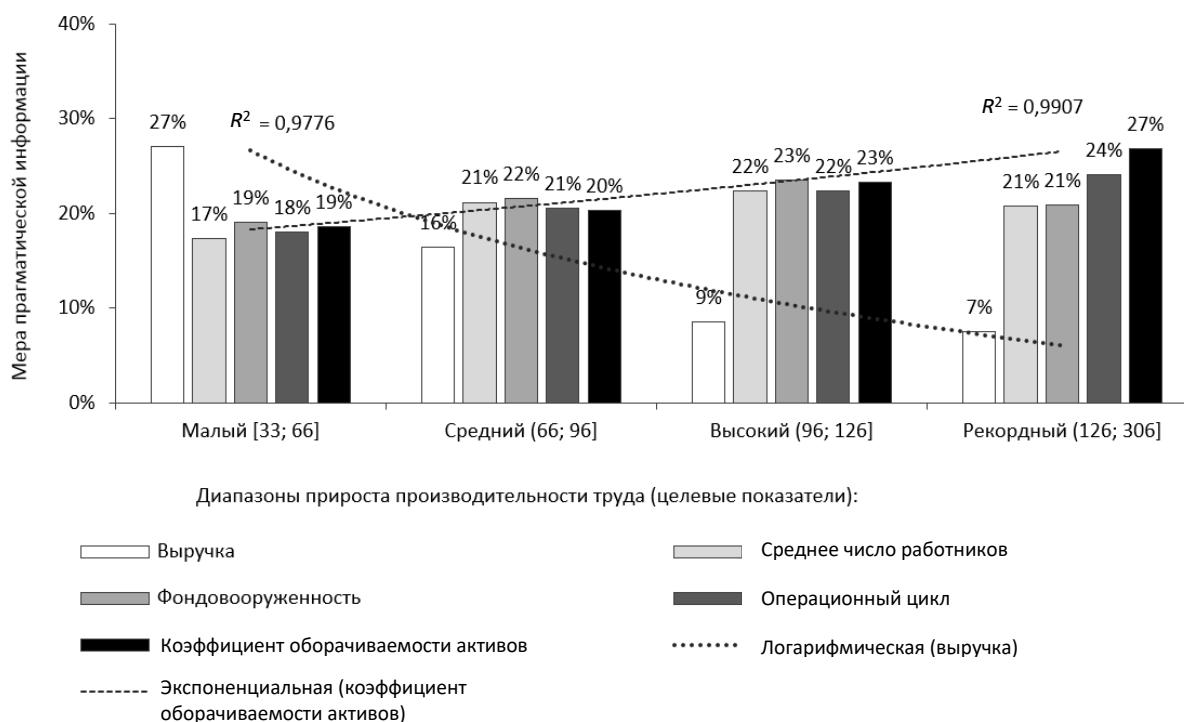


Рис. 2. Соотношения относительных мер прагматической информации, характеризующих степень целесообразности каждого из пяти ситуационных факторов достижению целевых показателей (первый вариант расчета)

Если прирост выручки можно считать доминантным фактором (27%) на малом диапазоне прироста ПТ, то на рекордном его относительная информационная мера (7%) становится пренебрежимо малой по сравнению с другими факторами.

Прирост коэффициента оборачиваемости активов, напротив, демонстрирует экспоненциальный рост информационной меры при переходе от малого к рекордному диапазонам и становится доминирующим фактором (27%) на рекордном диапазоне прироста ПТ. Заметный рост значи-

мости характерен также и для такого фактора, как сокращение длительности операционного цикла.

Таким образом, соотношения величин прагматической информации позволяют сделать вывод о том, что прирост выручки является значимым фактором прироста ПТ лишь на малом диапазоне его изменения (33–66%), что характерно почти для 70% предприятий анализируемой выборки. Реализация предприятиями целей прироста ПТ с высоким и рекордным темпами требует от них обеспечивать высокий темп

прироста оборачиваемости активов в сочетании с сокращением длительности операционного цикла.

Расчет вероятности реализации ситуационных факторов на массиве предприятий, реализующих прирост ПТ в определенном диапазоне

Рассмотрим результаты информационного моделирования динамики прироста ПТ при условии, что вероятность реализации ситуационных факторов рассчитывается как условная вероятность на массиве предприятий, реализующих прирост ПТ в определенном диапазоне (вторая интерпретация). В табл. 8 приведены абсолютные значения меры прагматической информации, рассчитанные по формулам (3) и (5) для предприятий анализируемой выборки.

Таблица 8
Матрица прагматической информации:
абсолютные значения

Целевые показатели	В	СЧР	ФВ	ОЦ	КОА
c ₁	2,19	1,92	2,24	2,05	2,18
c ₂	0,44	0,40	0,47	0,31	0,29
c ₃	0,27	0,17	0,31	0,17	0,29
c ₄	0,36	0,10	0,11	0,53	0,85

Как и предыдущем варианте расчета, для наглядности рассчитаем относительные значения меры прагматической информации, нормированные в каждой строке табл. 8 суммой значений по этой строке. Таким образом, после приведения к процентной мере сумма относительных значений в каждой строке равна 100% (табл. 9).

Таблица 9
Матрица прагматической информации:
относительные значения (в %)

Целевые показатели	В	СЧР	ФВ	ОЦ	КОА
c ₁	20,7	18,1	21,2	19,4	20,6
c ₂	22,9	21,2	24,5	16,3	15,1
c ₃	22,2	14,1	25,8	14,0	23,9
c ₄	18,6	4,9	5,9	27,1	43,6

Как показывают результаты этого варианта моделирования, степени соответствия всех анализируемых факторов малому темпу прироста ПТ приблизительно одинаковые, что не позволяет выделить какие-либо факторы в качестве ключевых для этого диапазона прироста ПТ на предприятиях выборки (рис. 3).

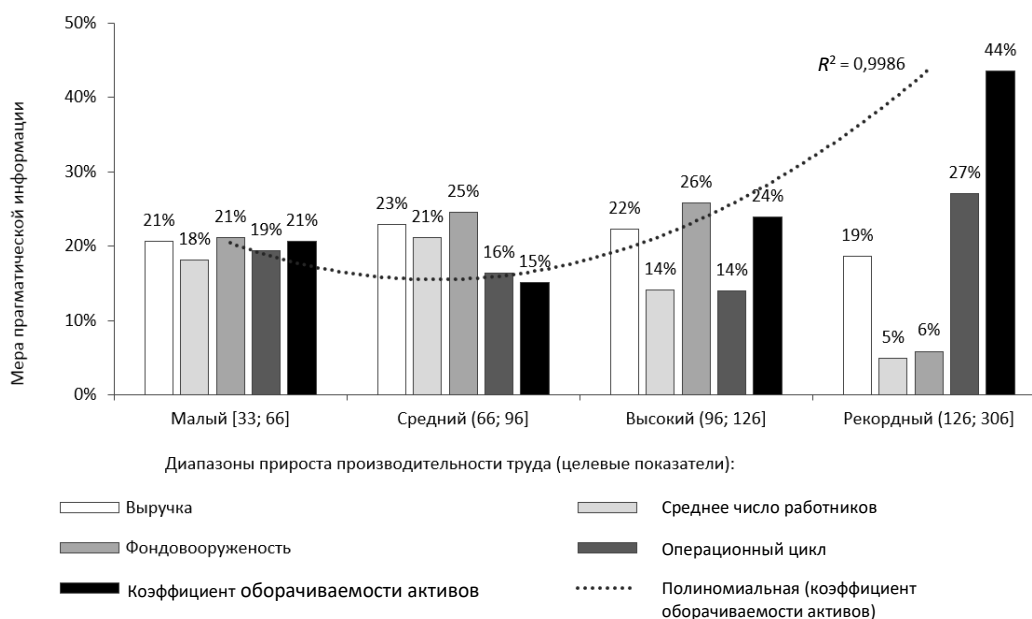


Рис. 3. Соотношения относительных мер прагматической информации, характеризующих степень соответствия каждого из пяти ситуационных факторов достижению целевых показателей (второй вариант расчета)

Аналогичный вывод можно сделать для среднего и высокого темпов прироста ПТ. В отличие от этих диапазонов максимальное целесообразность рекордному темпу прироста ПТ демонстрирует прирост коэффициента оборачиваемости активов 44%. Для этого диапазона также характерно заметное целесообразность темпа снижения длительности операционного цикла (27%). В общей сложности целесообразность этих двух ситуационных факторов рекордному темпу прироста ПТ составляет более 70%, в то время как целесообразность изменения средней численности работников и фондовооруженности (11% в сумме) можно признать пренебрежительно малым.

Степень целесообразности прироста выручки сохраняется практически неизменной (около 20%) во всех диапазонах прироста ПТ. Целесообразность прироста фондовооруженности наиболее заметно (21–26%) в диапазонах от малого до высокого. Также видно, что целесообразность изменения средней численности работников снижается по мере увеличения темпа прироста производительности труда.

Результаты второго варианта моделирования в целом подтверждают выводы, полученные в первом варианте, при этом они наглядно отражают высокие значения целесообразности рекордному приросту ПТ таких факторов, как коэффициент оборачиваемости активов и сокращение длительности операционного цикла.

Заключение

Применение методологии информационного моделирования позволило выявить характер взаимосвязи темпов прироста основных финансово-экономических показателей с темпами прироста ПТ на российских промышленных предприятиях, лидирующих в 2017–2019 гг. по этому показателю.

Результаты анализа позволили сделать вывод, что по мере возрастания диапазонов прироста ПТ от малого к рекордному, т. е. по мере постановки предприятиями более амбициозных целей, снижается сте-

пень относительной целесообразности¹ высоких темпов прироста выручки предприятия. Иными словами, высокий темп прироста выручки может считаться наиболее рациональным решением только в том случае, если предприятие ставит перед собой цель обеспечить трехлетний прирост ПТ в диапазоне 33–66%. Постановка задачи более интенсивного прироста ПТ снижает относительную целесообразность такого решения по сравнению с другими показателями. Этот вывод не противоречит представлению о том, что более высокие значения выручки предприятия при прочих равных условиях (прежде всего при неизменной или сокращающейся численности работников) обеспечивают в соответствии с выражением (1) более высокие значения ПТ. Речь в данном случае идет о снижении относительной целесообразности высоких темпов прироста выручки по сравнению с приростом других показателей для реализации более высоких темпов прироста ПТ, а именно при решении задачи прироста ПТ с высоким и рекордным темпами повышается степень целесообразности более интенсивного прироста оборачиваемости активов в сочетании с сокращением длительности операционного цикла. Относительная целесообразность прироста фондовооруженности наиболее заметна для среднего и высокого темпов прироста ПТ и пренебрежимо мала в рекордном диапазоне.

Полученные результаты раскрывают прикладные возможности использования логико-математического аппарата информационного подхода для анализа динамики показателей экономической эффективности бизнеса. Отличительными особенностями предложенного в данном исследовании метода информационного моделиро-

¹ Для удобства формулирования выводов и обсуждения полученных результатов будет использоваться формулировка «относительная целесообразность прироста» того или иного показателя для обеспечения конкретного темпа прироста ПТ. На наш взгляд, в отличие от дефиниции «степень целесообразности», характерной для терминологии информационного подхода, такая формулировка более удобна для восприятия.

вания являются использование теоремы гипотез (формулы Байеса) для получения оценки условной вероятности достижения целевого показателя, а также двух вариантов интерпретации вероятности реализации ситуационного фактора. Такой подход позволяет выявлять существенные факторы, определяющие прирост ПТ, которые оказываются далеко не всегда очевидными при использовании классических эконометрических моделей и методов анализа.

Выводы о факторах, определяющих высокие темпы прироста ПТ, могут быть полезными как для проведения дальнейших академических исследований данной проблемы, так и для менеджмента отечественных промышленных предприятий, заинтересованных в обеспечении высокой производственной и экономической эффективности деятельности.

Список литературы

1. Аганбегян А. Г. Какой комплексный план до 2025 года нужен России? // Экономическая политика. – 2017. – Т. 12. – № 4. – С. 8–29.
2. Бессонова Е. В. Анализ динамики совокупной производительности факторов на российских предприятиях (2009–2015 гг.) // Вопросы экономики. – 2018. – № 7. – С. 96–118.
3. Бурицева Т. А. Эконометрические модели региональной производительности труда // Вопросы статистики. – 2017. – № 3. – С. 30–36.
4. Гореева Н. М., Демидова Л. Н. Динамическая модель и прогнозирование тенденций производительности труда в сельском хозяйстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 2. – С. 44–48.
5. Денисов А. А. Информационные основы управления. – Л. : Энергоатомиздат, 1983.
6. Долженко Р. А., Лобова С. В. Идентификация высокопроизводительных рабочих мест на основе методик Росстата // Экономика региона. – 2019. – Т. 15. – № 4. – С. 1169–1183.
7. Козлов В. Теория информационного поля и информационный подход к анализу систем // Прикладная информатика. – 2010. – № 3 (27). – С. 113–128.
8. Краснопевцева И. В. Математическое моделирование влияния организационных факторов на уровень производительности труда рабочих промышленных предприятий // Вестник ВСГУТУ. – 2013. – № 3 (42). – С. 80–86.
9. Кутукова Е. С. О некоторых подходах к оценке производительности труда в современной российской экономике // Государственный аудит. Право. Экономика. – 2017. – № 3–4. – С. 129–135.
10. 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.
11. Малыш В. Н., Кондауров А. С. Информационный подход к анализу динамики развития предприятия на основе комплексной оценки результатов его деятельности // Экономика и менеджмент систем управления. – 2013. – № 4-1 (10). – С. 188–193.
12. 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.
13. Просиряк Е. В. Информационный подход к анализу инвестиционного портфеля // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – № 1 (36). – С. 129–132.

14. *Растворцева С. Н.* Производительность труда и фондовооруженность в обеспечении экономического роста российских регионов // Социальное пространство. – 2018. – № 1 (13). – DOI: 10.15838/sa/2018.1.13.1
15. *Симачев Ю. В., Кузык М. Г., Федюнина А. А., Юревич М. А.* Производительность труда в российских компаниях: как содействовать устойчивому росту // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2020. – № 4 (48). – С. 205–217.
16. *Сюндюков В. Г.* Информационный подход к анализу социально-экономической устойчивости регионов по большим массивам данных: оценка нестабильности годовой цикличности // Научный ежегодник Центра анализа и прогнозирования. – 2017. – № 1. – С. 34–39.
17. *Ундозеров В. А., Пергаменщик Б. К.* Моделирование зависимости производительности труда от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1 (91). – С. 52–58.
18. *Шумилина В. Е., Цвиль М. М.* Построение модели регрессии по временным рядам с целью прогнозирования индекса производительности труда в Российской Федерации // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 1. – С. 73.
19. *Шумилина В. Е., Цвиль М. М.* Статистическое моделирование и прогнозирование индекса производительности труда в Российской Федерации // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 46.
20. *Blöchliger H., Wildnerova L.* Productivity of the Russian Firms: Seven Stylized Facts // Journal of the New Economic Association. – 2020. – N 4 (48). – P. 217–227.
21. *Mikhnenko P. A.* Model for Labour Productivity Management in the Economy of Russia // Journal of New Economy. – 2019. – Vol. 20. – N 5. – P. 42–60.
22. *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 Inputoutput Matrices. The European Case // International Journal of Production Economics. – 2018. – Vol. 195. – P. 54–65.

References

1. Aganbegyan A. G. Kakoy kompleksnyy plan do 2025 goda nuzhen Rossii? [What Kind of Comprehensive Plan Up Until 2025 Does Russia Need?]. *Ekonomicheskaya politika* [Economic Policy], 2017, Vol. 12, No. 4, pp. 8–29. (In Russ.).
2. Bessonova E. V. Analiz dinamiki sovokupnoy proizvoditelnosti faktorov na rossiyskikh predpriyatiyakh (2009–2015 gg.) [Analysis of Russian Firms' TFP Growth in 2009–2015]. *Voprosy ekonomiki* [Economic issues], 2018, No. 7, pp. 96–118. (In Russ.).
3. Burtseva T. A. Ekonometricheskie modeli regionalnoy proizvoditelnosti truda [Econometric Models of Regional Labour Productivity]. *Voprosy statistiki* [Statistical issues], 2017, No. 3, pp. 30–36. (In Russ.).
4. Goreeva N. M., Demidova L. N. Dinamicheskaya model i prognozirovaniye tendentsiy proizvoditelnosti truda v selskom khozyaystve [Dynamic Model and Forecasting of Labor Productivity Trends in Agriculture]. *Ekonomika selskokhozyaystven nykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy* [Economy of Agricultural and Processing Enterprises], 2020, No. 2, pp. 44–48. (In Russ.).
5. Denisov A. A. Informatsionnye osnovy upravleniya [Information Bases of Management]. Leningrad, Energoatomizdat, 1983. (In Russ.).
6. Dolzhenko R. A., Lobova S. V. Identifikatsiya vysokoproizvoditelykh rabochikh mest na osnove metodik Rosstat [Identification of High-performance Workplaces on the Basis of

the Methods of the Russian Federal State Statistics Service]. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], 2019, Vol. 15, No. 4, pp. 1169–1183. (In Russ.).

7. Kozlov V. Teoriya informatsionnogo polya i informatsionnyy podkhod k analizu sistem [Theory of Information Fields and Information Approach to the Analysis of Systems]. *Prikladnaya informatika* [Journal of Applied Informatics], 2010, No. 3 (27), pp. 113–128. (In Russ.).

8. Krasnopevtseva I. V. Matematicheskoe modelirovanie vliyaniya organizatsionnykh faktorov na uroven proizvoditelnosti truda rabochikh promyshlennyykh predpriyatiy [Mathematical Modeling of Institutional Factor Impact on the Level of Industrial Workforce Productivity], *Vestnik VSGUTU* [Vestnik of East Siberia State University of Technology and Management], 2013, No. 3 (42), pp. 80–86. (In Russ.).

9. Kutukova E. S. O nekotorykh podkhodakh k otsenke proizvoditelnosti truda v so-vremennoy rossiyskoy ekonomike [On Some Approaches to Valuation to Performance Rating in the Modern Russian Economy]. *Gosudarstvennyy audit. Pravo. Ekonomika* [State audit. Law. Economy], 2017, No. 3–4, pp. 129–135. (In Russ.).

10. Lyadova E. V. Analiz dinamiki proizvoditelnosti truda v Rossii: makroekonomicheskiy aspekt [Analysis of the Dynamics of Labor Productivity in Russia: the Macroeconomic Aspect]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya. Sotsialnye nauki* [Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series. Social Sciences], 2017, No. 1 (45), pp. 46–53. (In Russ.).

11. Malyshev V. N., Kondaurav A. S. Informatsionnyy podkhod k analizu dinamiki razvitiya predpriyatiya na osnove kompleksnoy otsenki rezultatov ego deyatelnosti [Information Approach to the Analysis of the Dynamics of Enterprise Development on the Basis of a Comprehensive Assessment of the Results of Its Activities]. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya* [Economics and Management of Management Systems], 2013, No. 4–1 (10), pp. 188–193. (In Russ.).

12. Mikhnenko P. A. Modelirovanie indeksov proizvoditelnosti truda v obrabatyvayushchikh proizvodstvakh i dobyche poleznykh iskopaemykh [Modeling of Indices of Labor Productivity in Manufacturing Industry and Mineral Mining]. *Vestnik UrFU. Seriya. Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Ural Federal University. Series. Economics and Management], 2019, Vol. 18, No. 4, pp. 505–521. (In Russ.).

13. Prosiryak E. V. Informatsionnyy podkhod k analizu investitsionnogo portfelya [Information Approach to the Analysis of the Investment Portfolio]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University], 2007, No. 1 (36), pp. 129–132. (In Russ.).

14. Rastvortseva S. N. Proizvoditelnost truda i fondovooruzhennost v obespechenii ekonomicheskogo rosta rossiyskikh regionov [Labor Productivity and Capital to Labor Ratio in Ensuring the Economic Growth of the Russian Regions]. *Sotsialnoe prostranstvo* [Social Area], 2018, No. 1 (13). (In Russ.). DOI: 10.15838/sa/2018.1.13.1

15. Simachev Yu. V., Kuzyk M. G., Fedyunina A. A., Yurevich M. A. Proizvoditelnost truda v rossiyskikh kompaniyakh: kak sodeystvovat ustoychivomu rostu [Labor Productivity in Russian Companies: How to Foster Sustainable Growth], *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii* [Journal of the New Economic Association], 2020, No. 4 (48), pp. 205–217. (In Russ.).

16. Syundyukov V. G. Informatsionnyy podkhod k analizu sotsialno-ekonomicheskoy ustoychivosti regionov po bolshim massivam dannykh: otsenka nestabilnosti godovoy tsiklichnosti [Information Approach to Analyzing Socio-Economic Sustainability of Regions on the Basis of Great Amount of Data: Evaluating Instability of Annual Cyclicalities]. *Nauchnyy ezhegodnik Tsentra analiza i prognozirovaniya* [Scientific Yearbook of the Center for Analysis and Forecasting], 2017, No. 1, pp. 34–39. (In Russ.).

17. Undozerov V. A., Pergamenshchik B. K. Modelirovanie zavisimosti proizvoditelnosti truda ot nasyshchennosti fronta rabot trudovymi resursami [Modeling of Correlation between Labor Productivity and Workforce Availability]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Ways of Development], 2019, No. 1 (91), pp. 52–58. (In Russ.).

18. Shumilina V. E., Tsvil M. M. Postroenie modeli regressii po vremennym ryadam s tselyu prognozirovaniya indeksa proizvoditelnosti truda v Rossiyskoy Federatsii [Building a Time Series Regression Model with the Aim of Predicting the Labor Productivity Index in the Russian Federation]. *Vestnik evraziyskoy nauki* [The Eurasian Scientific Journal], 2020, Vol. 12, No. 1, p. 73. (In Russ.).

19. Shumilina V. E., Tsvil M. M. Statisticheskoe modelirovanie i prognozirovaniye indeksa proizvoditelnosti truda v Rossiyskoy Federatsii [Statistical Modeling and Forecasting of the Labor Productivity Index in the Russian Federation.]. *Vestnik evraziyskoy nauki* [The Eurasian Scientific Journal], 2019, Vol. 11, No. 1, p. 46. (In Russ.).

20. Blöchliger H., Wildnerova L. Productivity of the Russian Firms: Seven Stylized Facts. *Journal of the New Economic Association*, 2020, No. 4 (48), pp. 217–227.

21. Mikhnenko P. A. Model for Labour Productivity Management in the Economy of Russia. *Journal of New Economy*, 2019, Vol. 20, No. 5, pp. 42–60.

22. 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 Inputoutput Matrices. The European Case. *International Journal of Production Economics*, 2018, Vol. 195, pp. 54–65.

Сведения об авторе

Павел Александрович Михненко

доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры предпринимательства
и внешнеэкономической деятельности МГТУ
им. Н. Э. Баумана; профессор кафедры
государственного и муниципального
управления РГГУ.

Адрес: ФГБОУ ВО «Московский
государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана (национальный
исследовательский университет»,
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5;
ФГБОУ ВО «Российский государственный
гуманитарный университет», 125993, ГСП-3,
Москва, Миусская площадь, д. 6

E-mail: pmihnenko@bmstu.ru

ORCID: 0000-0002-1766-8029

Information about the author

Pavel A. Mikhnenko

Doctor of Economics, Assistant Professor,
Professor of the Department
for Entrepreneurship and Foreign Economic
Activity of the BMSTU;
Professor of the Department for State
and Municipal Administration
of Russian State University
for the Humanities.

Address: Bauman Moscow State Technical
University, 1 building, 5 2nd Baumanskaya Str.,
Moscow, 105005, Russian Federation;
Russian State University for the Humanities,
6 Miusskaya Square, Moscow, 125993, GSP-3,
Russian Federation.

E-mail: pmihnenko@bmstu.ru

ORCID: 0000-0002-1766-8029