

Влияние технологий индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний

А.В. Трачук^{1,2}
Н.В. Линдер¹

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

² АО «Гознак»

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена исследованию взаимосвязи между вложениями в технологии четвертой промышленной революции, паттернами инновационного поведения и производительностью российских промышленных компаний. Исследование проведено на основе данных 576 промышленных компаний (874 респондента).

На первом этапе исследования подтверждено, что на повышение производительности и трансформацию промышленного производства наибольшее влияние оказывают технологии индустрии 4.0: робототехника, интернет вещей, аддитивное производство, большие данные и аналитика, кибербезопасность. Кроме того, определены эффекты внедрения технологий четвертой промышленной революции: финансовые, ценностные, операционные, инновационного и технологического развития.

На втором этапе исследования проведен анализ взаимосвязи между вложениями в технологии индустрии 4.0, паттернами инновационного поведения и производительностью промышленных компаний с использованием модифицированной модели CDM. Полученные эмпирические результаты показали, что вложения промышленных компаний в технологии четвертой промышленной революции повышают производительность с эластичностью 0,28 для высокотехнологичных отраслей; 0,21 – для среднетехнологичных и 0,14 – для низкотехнологичных.

Вложения в инновационную деятельность имеют диапазон эластичности от 0,04 (для низких объемов вложений в новые технологии) до 0,17 (при высоких объемах вложений); отношения между вложениями в инновации и ростом производительности нелинейны и имеют устойчивую положительную связь только после того, как достигнута определенная критическая масса вложений в новые технологии. Значительное влияние на взаимосвязь вложений в инновации и производительность оказывает характеристика отрасли, в которой работает компания: фирмы, работающие в высокотехнологичных отраслях, не только больше вкладывают в новые технологии, инновационную деятельность, но и имеют более высокую производительность, обусловленную научными исследованиями и разработками; компании низкотехнологичных отраслей имеют отрицательную эластичность вложений в инновации и производительность, что связано с влиянием эффекта нерентабельности инвестиций в инновации (appropriability effect), то есть дополнительная прибыль от инвестирования незначительна.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

четвертая промышленная революция, производительность, технологии индустрии 4.0, промышленность, технологические и нетехнологические инновации.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Трачук А.В., Линдер Н.В. (2020). Влияние технологий индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 11. № 2. С. 132–149. DOI: 10.17747/2618-947X-2020-2-132-149.

The impact of technologies of the industry 4.0 on increase of productivity and transformation of innovative behavior of the industrial companies

A.V. Trachuk^{1,2}
N.V. Linder¹

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation

² JSC “Goznak”

ABSTRACT

Paper is devoted to interrelation research between investments in technology of the fourth industrial revolution, patterns of innovative behavior and productivity of the Russian industrial companies. Research is conducted on the basis of data of 576 industrial companies (874 respondents).

At the first investigation phase it is confirmed that technologies of the industry have the greatest impact on increase of productivity and transformation of industrial production 4.0: robotics, Internet of things, additive production, big data and analytics, cybersecurity. Besides, effects of introduction of technologies of the fourth industrial revolution are defined: financial, valuable, operational, innovative and technological development.

At the second investigation phase the interrelation analysis between investments is carried out to technologies of the industry 4.0, patterns of innovative behavior and productivity of the industrial companies with use of the modified CDM model. The received empirical results have shown that investments of the industrial companies in technology of the fourth industrial revolution increase productivity with elasticity 0,28 for high-tech industries; 0,21 – for the middle-technology, and 0,14 – for low-technology.

Investments in innovative activity have elasticity range from 0,04 (for low volumes of investments in new technologies) to 0,17 (at the high volumes of investments); the relations between investments in an innovation and growth of productivity aren't linear and have stable positive relation only after a certain critical mass of investments in new technologies is reached. Considerable influence on interrelation of investments in innovations and productivity is rendered by the characteristic of branch in which the company works: the firms working in high-tech industries, not only put in new technologies, innovative activity more, but also have more high efficiency caused by scientific researches and development; the companies of low-technology branches have negative elasticity of investments in innovations and productivity that is connected with influence of effect of unprofitability of investments into innovations (appropriability effect), that is the additional profit on investment isn't essential.

KEYWORDS:

fourth industrial revolution, productivity, technologies of the industry 4.0, industry, technological and not technological innovations.

FOR CITATION:

Trachuk A.V., Linder N.V. (2020). The impact of technologies of the industry 4.0 on increase of productivity and transformation of innovative behavior of the industrial companies. *Strategic Decisions and Risk Management*, 11(2), 132-149. DOI: 10.17747/2618-947X-2020-2-132-149.

1. ВВЕДЕНИЕ

Каждый скачок в развитии производства, называемый в литературе промышленной революцией (см., например, [Кун, 2003]), характеризуется изменением прежде всего используемых в производстве технологий. Именно они влекут за собой изменение операционной модели и производственных бизнес-процессов, организационной структуры и модели управления компаниями, трансформацию экономической и социальной системы, а также применяемых бизнес-моделей. Так, например, вторая промышленная революция характеризовалась внедрением промышленной инженерии, созданием поточных производств и конвейеров, изобретением динамомшины, двигателей внутреннего сгорания, появлением автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта. Использование данных технологий привело к трансформации производства и стратегий компаний. Впервые был выделен управленческий труд как функция производства [Chandler, 1977], потребность в концентрации и объединении капитала привела к появлению монопольных форм организации бизнеса – картелей, пулов, трестов, синдикатов и т.п. [Мокры, Strotz, 2000].

Технологии третьей промышленной революции – информационно-коммуникационные технологии, микроэлектроника, числовое программное управление и микропроцессоры, изобретение компьютера и появление и распространение сети Интернет привели не только к автоматизации бизнес-процессов промышленных компаний, но и к появлению новых рынков и новых видов бизнеса – электронных компаний, что, в свою очередь, трансформировало бизнес-модели, в том числе промышленных предприятий, изменив структуру доходов и расходов, цепочку создания стоимости, взаимодействия с партнерами и необходимые ресурсы. Кроме того, чтобы быть успешными, компаниям потребовалось формировать новые компетенции [Трачук и др., 2017].

Таким образом, новые технологии повлекли глубокую трансформацию промышленных компаний, изменив их операционную модель и бизнес-процессы, организационный дизайн и применяемые бизнес-модели. Именно поэтому технологии четвертой промышленной революции вызывают большой интерес у компаний и государств: по прогнозам, их применение станет драйвером создания новых продуктов и рынков, а также расширит уже существующие рынки. Консультанты утверждают, что новые технологии индустрии 4.0 повлекут изменение бизнес-процессов в компаниях, тем самым способствуя повышению конкурентоспособности отраслей и стран на мировых рынках, результатом чего станет рост национальных экономик¹.

Аналитики прогнозируют, что внедрение новых технологий создаст новые рабочие места, позволит существенно

изменить бизнес-процессы, сокращая и оптимизируя рабочие операции путем автоматизации и роботизации производства, что сопоставимо с новой промышленной революцией².

В России, по мнению аналитиков, новые технологии дают возможности для встраивания в новые цепочки создания стоимости, изменения привычных моделей отраслевых рынков и повышения конкурентоспособности на мировых рынках³.

При этом, по оценкам специалистов, необходима новая архитектура, заключающаяся во внедрении новых технологий на всех этапах жизненного цикла продукта: дизайн и создание прототипа, наладка и обслуживание производственной линии, контроль и оптимизация производства, а также использование данных, полученных в результате обратной связи от клиентов и потребителей⁴. Подобная архитектура промышленных систем может быть внедрена постепенно, посредством цифровой модернизации существующих производственных мощностей, то есть не только на абсолютно новых, но и на уже работающих производствах⁵.

За последние несколько лет число публикаций, посвященных четвертой промышленной революции и ее влиянию на российское промышленное производство, значительно возросло (см., например, [Мешков и др., 2016; Солдатов, 2018; Трачук и др., 2018; Кузнецов, 2019; Реальный сектор., 2019] и др.). Также растет число публикаций, посвященных влиянию отдельных технологий четвертой промышленной революции на трансформацию промышленности (см., например, [Абросимов, Борисова, 2020; Косоруков, 2020] и др.).

Вместе с тем нет эмпирических исследований влияния технологий четвертой промышленной революции на повышение производительности российских промышленных компаний, не проведен анализ трансформации отдельных элементов бизнес-моделей, остаются неисследованными вопросы внедрения технологий индустрии 4.0, а также факторов, влияющих на готовность промышленных компаний к принятию новых технологий.

Цель данной статьи – эмпирический анализ технологий четвертой промышленной революции, оказывающих наибольшее влияние на производительность промышленных компаний, а также анализ их влияния на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения.

Статья построена следующим образом. В первом разделе рассматриваются технологии индустрии 4.0, их состав и влияние на повышение производительности. Затем проводится эмпирический анализ влияния технологий четвертой промышленной революции и паттернов инновационного поведения на повышение производительности промышленных компаний.

¹ Embracing Industry 4.0—and Rediscovering Growth // BCG. URL: <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>.

² Ipi 4.0, ИННОПРОМ-2017. URL: <http://frprf.ru/ipi/>.

³ Анализ текущего уровня развития цифровой экономики в Российской Федерации. Всемирный банк, Институт развития информационного общества. 2017. Октябрь.

⁴ Четвертая промышленная революция. Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций. 2019. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Четвертая_промышленная%20революция.pdf.

⁵ Конкуренция в цифровую эпоху: Стратегические вызовы для Российской Федерации. Всемирный банк, 2018. Сентябрь. URL: <https://www.vsemirnyjbank.org/ru/country/russia/publication/competing-in-digital-age>.

Таблица 1
Технологии четвертой промышленной революции в исследованиях консалтинговых компаний

Подходы компаний			
BCG	PWC	McKinsey	KPMG
Технология			
Автономные роботы	Роботы	Робототехника	Роботы
Симуляция	—	—	—
Горизонтальная и вертикальная системная интеграция	—	—	—
Интернет вещей	Интернет вещей	Интернет вещей	Интернет вещей
Кибербезопасность	—	—	—
Облачные системы	—	Облачные системы	Облачные системы
Трехмерная печать	Трехмерная печать	Трехмерная печать	Трехмерная печать
Дополненная реальность	Дополненная реальность	Дополненная реальность	Дополненная реальность
Большие данные и аналитика	—	Большие данные и аналитика	Большие данные и аналитика
—	Беспилотные устройства	—	—
—	Виртуальная реальность	Виртуальная реальность	Виртуальная реальность
—	Блокчейн	—	—
—	Искусственный интеллект	Машина-машина	Искусственный интеллект
—	—	Смешанная реальность	Смешанная реальность
—	—	Выработка и хранение энергии	

Источник: составлено авторами на основе отчетов консалтинговых компаний BCG, PWC, McKinsey, KPMG.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ГИПОТЕЗ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Технологии, характеризующие новый виток в развитии промышленного производства, в литературе называют перспективными производственными технологиями, например [Davis et al., 2012], а в работах некоторых зарубежных исследователей, например [Gibson et al., 2010], – прорывными производственными технологиями, чтобы подчеркнуть ключевую характеристику таких технологий – возможность революционного изменения структуры производства, создания новых рынков, качественного изменения бизнес-процессов промышленных компаний, большей кастомизации производства товаров и услуг при снижении их себестоимости и, как следствие, возможность повышения производительности и конкурентоспособности компаний, отраслей и национальных экономик [Emerging trends report., 2013].

К настоящему моменту имеется значительное число работ, описывающих технологии четвертой промышленной революции. Однако единого мнения относительно состава таких технологий в исследовательской литературе не сложилось. Так, в исследованиях консалтинговых компаний

указываются следующие виды технологий четвертой промышленной революции: робототехника, интернет вещей, кибербезопасность, беспилотные устройства, виртуальная и дополненная реальность, искусственный интеллект, большие данные и аналитика и др. (табл. 1).

В работе Сколковского института науки и технологий⁶ к этим технологиям не относят технологии виртуальной и дополненной реальности, однако важное значение уделяется композитным материалам, металлам и керамике как важной составляющей технологий четвертой промышленной революции.

В работе [Боровков и др., 2018] к новым технологиям индустрии 4.0 относят криптовалюты, системы распределенного реестра, самообучающиеся машины, мощные накопители энергии, квантовые технологии, направленное редактирование геномов биологических объектов, нейротехнологии и нейроинтерфейсы.

На платформе профессионального сообщества Ipi 4.0⁷, посвященной проблемам внедрения технологий четвертой промышленной революции, к таким технологиям относят помимо вышеперечисленных краудсорсинг и шеринговую экономику.

Однако для того, чтобы понять, какие из перечисленных технологий оказывают наибольшее влияние на трансформацию промышленного производства, необходимы дальнейшие исследования.

Таким образом, можно сформулировать первую гипотезу исследования. На повышение производительности и трансформацию промышленного производства оказыва-

⁶ Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий. Сколковский институт науки и технологий, 2014. URL: https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2014/02/Doklad-PPT_for-publishing-4.pdf.

⁷ Площадка Ipi 4.0, ИННОПРОМ-2017. URL: <http://fprf.ru/ipi/>.

ют наибольшее влияние следующие технологии: (1) робототехника, (2) интернет вещей, (3) аддитивное производство, (4) виртуальная и дополненная реальности, (5) искусственный интеллект, (6) большие данные и аналитика, (7) кибербезопасность, (8) облачные технологии.

2.2 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Российские и зарубежные исследования сходятся во мнении, что внедрение технологий четвертой промышленной революции кардинально меняет деятельность промышленных компаний.

В исследовании Глобального института McKinsey⁸ прогнозируется значительный разрыв показателей между компаниями, внедрившими технологии четвертой промышленной революции⁹, и отстающими. Так, в компаниях-пионерах, первыми внедривших технологии индустрии 4.0, прирост денежного потока будет на 22% выше других, в компаниях-последователях – на 10%. Компании, которые не смогут своевременно отреагировать на сложившийся технологический тренд, упустят значительную часть преимуществ.

Исследование другой консалтинговой компании – Pricewaterhouse Coopers¹⁰, проведенное на основе опроса 200 представителей высокотехнологичных компаний из различных отраслей с целью выяснить основные стимулы инвестирования в цифровые технологии, позволяет сделать вывод, что внедрение технологий четвертой промышленной революции влияет на повышение производительности, позволяет лучше реагировать на запросы клиентов, персонализировать продукцию, сократить логистические затраты.

В исследовании, выполненном Всемирным экономическим форумом и McKinsey & Company¹¹, на основе анализа кейсов компаний-маяков, внедривших технологии четвертой промышленной революции, сделан вывод, что внедрение этих технологий позволяет увеличить выход продукции на 10–200%, добиться повышения производительности на 5–160%, повысить общую эффективность оборудования на 3–50%, снизить затраты на обеспечение качества на 5–40%, повысить энергоэффективность на 2–50%, ускорить производственный цикл на 10–90%, ускорить вывод на рынок новых продуктов на 30–90%, уменьшить размер партии на 50–90%, что дает возможность делать новые продукты более персонализированными.

Согласно исследованию А. Ройко [Rojko, 2017], внедрение технологий индустрии 4.0 позволит заводам снизить производственные затраты на 10–30%, логистические расходы – на 10–30%, расходы на управление качеством – на 10–20%.

В исследовании Финансового университета, проведенном под руководством профессора А.В. Трачука [Трачук и др., 2018], на основе исследования кейсов российских промышленных компаний показано, что внедрение новых технологий позволяет повысить производительность за счет оптимизации загрузки и режимов работы производственного оборудования, оптимизации логистики и цепей поставок, улучшения ключевых характеристик качества продукции, более точного прогнозирования спроса, сокращения времени проектирования и вывода продукции на рынок, улучшения послепродажного обслуживания. Внедрение новых технологий также позволяет заменить труд многих рабочих и специалистов и выполнить операцию более эффективно.

Авторы обосновывают влияние технологий индустрии 4.0 на финансовые показатели промышленных компаний. Так, по их мнению, внедрение новых технологий позволяет увеличить выручку за счет повышения скорости вывода новых товаров на рынок и роста качества предоставляемых услуг, сократить себестоимость за счет снижения расходов на оплату труда, в том числе линейных руководителей, ремонтно-эксплуатационные нужды, запуск производственных линий, внутреннюю складскую логистику, электроэнергию.

Кроме того, на основе анализа кейсов трех промышленных компаний: ПАО «НЛМК», ПАО «СИБУР» и Siemens AG – показано, что внедрение технологий четвертой промышленной революции достигается за счет оптимизации производственных бизнес-процессов: обслуживающих (проектирование и прототипирование, производственное планирование, аналитика производства, логистика, технический контроль, охрана труда и промышленная безопасность), вспомогательных (техническое обслуживание и ремонт, управление инструментами и оборудованием, обеспечение всеми видами энергии) и технологических (заготовка, обработка, сборка).

Помимо этого, технологии индустрии 4.0 призваны сократить время вывода новой продукции на рынок, повысить результативность взаимодействия с клиентами, способствовать экономии масштаба и более эффективному использованию ресурсов.

Таким образом, на основе анализа исследований влияния технологий четвертой промышленной революции на промышленное производство можно выделить следующие эффекты от их внедрения:

- *финансовые* – повышение выручки и снижение себестоимости;
- *ценностные* – повышение кастомизации товаров и услуг, индивидуализация и снижение производимых партий товаров;
- *операционные* – повышение гибкости и адаптивности, ускорение производственного цикла, повышение производительности;

⁸ Aharon D., Bisson P., Bughin J., Chui M., Dobbs R., Manyika J., Woetzel J. (2015). The internet of things: Mapping the value behind the hype. McKinsey Global Institute. June. URL: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx.

⁹ Сценарий использования — применение одной или нескольких технологий четвертой промышленной революции в условиях реального производства для решения задач бизнеса.

¹⁰ Digital factories 2020: Shaping the future of manufacturing (2017) // PricewaterhouseCoopers. URL: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf>.

¹¹ Четвертая промышленная революция. Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций. 2019. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Четвертая_промышленная%20революция.pdf.

- *инновационного и технологического развития* – снижение времени разработки прототипов, вывода на рынок новых продуктов и повышение общего уровня технологического развития.

Таким образом, можно сформулировать вторую гипотезу данного исследования. *Вложения промышленных компаний в технологии четвертой промышленной революции позволяют: (1) изменить инновационное поведение промышленной компании, (2) повысить эффективность производства, выраженную производительностью.*

3. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. ОПИСАНИЕ ВЫБОРКИ

Для проверки выдвинутых гипотез был осуществлен сбор данных в период с сентября 2019 по март 2020 года.

Для анализа были случайным образом отобраны 2800 инновационно активных промышленных компаний с численностью сотрудников свыше 250 человек. Предварительно вопросы анкеты были разосланы и протестированы на малой выборке, состоящей из 17 инновационно активных промышленных компаний, с целью уточнения неоднозначной трактовки вопросов анкеты. Сбор данных происходил путем комбинирования онлайн-анкетирования и телефонных переговоров, что позволило уточнить вопросы анкеты.

Далее в адрес выбранных 2800 компаний была проведена электронная рассылка анкет. Респондентами выступали владельцы компаний, высшее руководство и лица, отвечающие за инновационную деятельность. Всего ответили 874 респондента из 576 компаний, отклик составил 20,5% (576/2800).

После исключения анкет, содержащих пропущенные сведения по каждому из вопросов анкеты, окончательная выборка составила 524 компании.

Вшедшие в выборку компании принадлежат к отраслям промышленного производства, их средняя выручка составила 4950 млн руб. Более половины опрошенных компаний работают на рынке свыше 15 лет, возраст компаний выборки варьируется от 2 до 203 лет и в среднем составляет 44 года.

Международные компании в представленной выборке составляют 23,4%, иностранные компании, работающие на российском рынке, – 10,7%, российские компании, работающие на внутреннем и зарубежных рынках, – 38,3%, работающие только на внутреннем рынке – 51%.

3.2. ПРОЦЕДУРА АНАЛИЗА ДАННЫХ

Для анализа зависимости между вложениями в технологии четвертой промышленной революции, трансформацией инновационного поведения и производительностью в работе использована модифицированная версия модели CDM. Классическая модель CDM оценивает три группы отношений (ИиР), результативность инновационной деятельности и производительность, выраженную как отношение выручки к среднесписочной численности сотрудников. Первая часть модели состоит из двух уравнений, объясняющих склон-

ность компаний к вложениям в ИиР и их «интенсивность». Вторая часть показывает взаимосвязь между различными типами инноваций (продуктовыми, процессными, организационными и маркетинговыми) и величиной (интенсивностью) инновационных расходов. Третья часть модели оценивает взаимосвязь результатов инновационной деятельности с производительностью [Трачук, Линдер, 2017].

Для целей исследования мы модифицировали данную модель следующим образом.

Инвестиции в технологии четвертой промышленной революции

Первая часть модели оценивает вероятность принятия компаниями решения об инвестициях в технологии четвертой промышленной революции и при положительном решении – интенсивность вложений, выраженную как сумма расходов в расчете на одного сотрудника. Для анализа использована модель цензурированной регрессии Хекмана, которая позволяет не только оценить вероятность положительного решения об инвестициях в технологии, но и определить интенсивность этих вложений. Модель состоит из двух частей, первая – модель бинарного выбора, определяющая «инвестировать / не инвестировать», вторая линейная модель оценивает интенсивность вложений в технологии четвертой промышленной революции. Кроме того, использование регрессии Хекмана позволяет учитывать не только компании, уже инвестирующие в технологии четвертой промышленной революции, но и те, которые только планируют это сделать.

Таким образом, в модели Хекмана имеются две латентные переменные, которые объясняют решение фирм инвестировать в новые технологии:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } y_i^* = x_i \gamma + v_i > \tau \\ 0, & \text{если } y_i^* = x_i \gamma + v_i \leq \tau \end{cases} \quad (1)$$

где y_i – наблюдаемая бинарная переменная, которая равняется единице, если компания принимает решение инвестировать в новые технологии, и нулю для остальных компаний,

y_i^* – латентная (ненаблюдаемая) эндогенная переменная, измеряющая склонность компании к внедрению новых технологий. Латентная переменная может интерпретироваться как критерий выбора, например такой, как ожидаемая результативность от внедрения технологий индустрии 4.0,

x_i – независимые переменные, объясняющие склонность компании к инвестициям в новые технологии,

γ_i – вектор параметров,

v_i – остаточный член.

Случайные ошибки модели предполагаются нормально распределенными.

Компании склонны к инвестициям в технологии, если y_i^* – ненаблюдаемая эндогенная переменная, отражающая склонность компании к вложениям в новые технологии, выше определенного порога τ , который может интерпретироваться как критерий выбора, например ожидаемая результативность от технологий четвертой промышленной революции.

Второе уравнение модели Хекмана отражает интенсивность расходов при выборе варианта «инвестировать», которая выражена как величина вложений в новые технологии, рассчитанная на одного сотрудника:

$$w_i = \begin{cases} z_i \beta + \omega_i, & \text{если } \gamma_i = 1 \\ 0, & \text{если } \gamma_i = 0 \end{cases}, \quad (2)$$

где w_i^* – ненаблюдаемая переменная, оценивающая размеры инвестиций в новые технологии,

z_i – факторы, объясняющие зависимость интенсивности вложений в новые технологии, которые будут отобраны далее,

β – вектор, показывающий направление тренда,

ω_i – ошибка.

Если в первом уравнении был выбран вариант «не инвестировать», w_i^* принимается равной нулю.

Трансформация инновационного поведения

Вторая часть модели показывает зависимость трансформации инновационного поведения от уровня вложений в новые технологии в виде функции

$$g_i = \bar{w}_i \alpha + h_i \delta + e_i, \quad (3)$$

где g_i – трансформация инновационного поведения,

\bar{w}_i – средние вложения в новые технологии в расчете на одного сотрудника, которые были рассчитаны в первой модели выбора «инвестировать / не инвестировать»,

h_i – независимые переменные, влияющие на трансформацию инновационного поведения, отбор которых будет показан нами далее,

α и δ – векторы параметров,

e_i – остаточный член.

Инновационную деятельность промышленных компаний рассматривают, как правило, сквозь призму соответствующих паттернов инновационного поведения (innovation modes), включающих три основные группы факторов: типы инноваций, источники используемых знаний и информации, затраты компаний на осуществление инновационной деятельности. Наиболее популярным фактором являются типы инноваций [Майлс и др., 2017].

Руководство Осло выделяет четыре типа инноваций: продуктовые, технологические (процессные), маркетинговые и организационные. Первые два типа инноваций связаны с процессом производства, и их зачастую объединяют в общую категорию технологических инноваций. Вторые два типа не связаны с процессом производства и представляют собой группу нетехнологических инноваций.

В этой связи для анализа трансформации инновационного поведения мы будем использовать показатели затрат на инновационную деятельность, отраженные в форме федерального статистического наблюдения № 4 – инновация «Сведения об инновационной деятельности организации»:

g_1 – технологические инновации, выражающиеся

g_{11} – суммой затрат на продуктовые инновации,

g_{12} – суммой затрат на процессные инновации;

g_2 – нетехнологические инновации, выражающиеся

g_{21} – суммой затрат на маркетинговые инновации,

g_{22} – суммой затрат на организационные инновации.

Второй по популярности группой факторов являются источники используемых знаний и информации, необходимых для осуществления инновационной деятельности. Создание, накопление и передача знаний являются важными характеристиками инновационно-

го поведения компаний, и в этой связи для анализа трансформации инновационного поведения мы будем использовать количество патентов g_3 .

Взаимосвязь инновационного поведения и эффективности

Последняя часть модели отражает, насколько увеличивается эффективность функционирования компании в результате вложений в технологии четвертой промышленной революции, и выражена следующим образом:

$$\rho_i = \kappa_i \lambda + \bar{g}_i \mu + v_i, \quad (4)$$

где ρ_i – эффективность функционирования компании, выражающаяся следующими показателями: ρ_1 – выручка от продажи инновационной продукции, ρ_2 – производительность труда (выражающаяся соотношением выручки от реализации к численности сотрудников),

k_i – вектор, отражающий особенности компании (в нашем случае размер компании, выражающийся среднесписочной численностью сотрудников, и экспорт),

g_i – показатели инновационного поведения, рассчитанные во второй части модели,

λ и μ – соответствующие векторы параметров,

v_i – остаточный член.

3.3. ПЕРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для первого уравнения анализа склонности компаний к инвестициям в новые технологии были выделены наиболее значимые внешние и внутренние факторы, влияющие на принятие технологий.

В табл. 2 собраны внутриорганизационные факторы и факторы внешней среды, которые были доказаны в соответствующих исследованиях.

Для определения переменных второго уравнения на основе многочисленных исследований паттернов инновационного поведения как российских [Кадочников, Есин, 2006; Ребязина и др., 2011; Голикова и др., 2012; Казанцев, Логачева, 2014], так и зарубежных авторов [Janz et al., 2004; Hall, 2011; Siedschlag, Zhang, 2014] мы выделили факторы, ока-

Таблица 2
Факторы, влияющие на принятие технологий четвертой промышленной революции

Факторы восприятия	Исследование
<i>Внутриорганизационные факторы</i>	
Техническая выполнимость (x_1)	[Molla, Licker, 2002]
Воспринятые преимущества (x_2)	[Molla, Licker, 2002]
Воспринятые риски (x_3)	[Molla, Licker, 2002]
<i>Факторы внешней среды</i>	
Влияние органов-регуляторов (x_4)	[Molla, Licker, 2005]
Давление рыночной среды (x_5)	[Molla, Licker, 2005]
Технологические изменения в отрасли (x_6)	[Molla, Licker, 2005]

Источник: составлено авторами.

Таблица 3
Анализ влияния технологий на трансформацию промышленного производства

Анкета	Частота упоминаний (%)							
	робототехника	интернет вещей	аддитивное производство	виртуальная и дополненная реальности	искусственный интеллект	большие данные и аналитика	кибербезопасность	облачные технологии
Технология влияет на увеличение выхода продукции	34	27	63	26	19	79	54	49
Технология влияет на повышение общей эффективности оборудования	77	63	43	22	67	74	82	16
Технология влияет на снижение затрат на обеспечение качества	61	54	79	51	44	64	83	19
Технология влияет на снижение себестоимости	89	37	83	21	17	28	73	18
Технология влияет на энергоэффективность	11	78	4	6	2	65	73	22
Технология влияет на сокращение запасов	47	93	59	8	2	71	12	8
Технология влияет на ускорение производственного цикла	62	58	81	24	59	49	14	16
Технология влияет на ускорение вывода продукции на рынок	73	47	69	34	28	46	13	8
Технология влияет на ускорение переналадки	42	55	73	21	29	12	7	2
Технология влияет на уменьшение размера партии	69	58	82	19	41	76	12	4
Общие нагрузки факторов	0,574	0,523	0,693	0,249	0,341	0,593	0,461	0,189

Примечание. Жирным шрифтом выделены нагрузки больше 0,4.

зывающие наибольшее влияние на паттерны инновационной активности: кооперацию в инновационной деятельности, объем инвестиций в деятельность компании (капитальные и текущие затраты), численность сотрудников, занятых исследованиями и разработками, долю затрат на НИОКР в выручке от реализации.

Многочисленные исследования¹² взаимосвязи инновационного поведения и результативности деятельности показывают необходимость построения разных зависимостей с учетом секторальной разнородности: концентрации рынка, динамики промышленного производства в секторах (стадию жизненного цикла отрасли), интенсивности исследований и разработок в отрасли. Поэтому для более глубокого анализа взаимосвязи между вложениями промышленных компаний в технологии четвертой промышленной революции, трансформацией инновационного поведения и повышением производительности мы разделили отрасли промышленности на три сектора: высокотехнологичный, среднетехнологичный и низкотехнологичный¹³.

¹² Первые результаты, подтверждающие секторальные различия влияния вложений в R&D на производительность, были получены в [Griliches, Mairesse, 1983]. В работе проанализировано воздействие вложений в R&D на производительность для компаний, занимающихся научными исследованиями и разработками, и показано, что эластичность значительно выше для научных фирм (0,20), чем для фирм других секторов (0,10). Кроме того, имеется множество подтверждений, что инновационная активность компании зависит от ее секторальной принадлежности. Так, например, Б. Вершпаген [Verspagen, 1995] в своем исследовании показал, что вложения компаний в R&D оказывают положительное влияние на производительность только в высокотехнологичных секторах, тогда как в средне- и низкотехнологичных секторах значительный эффект не подтвержден. Аналогичные выводы были получены Д. Хархоффом [Harhoff, 1998], который проанализировал взаимосвязь вложений в R&D и производительности труда в 443 немецких производственных фирмах за 1977–1989 годы и подтвердил, что эффект вложений в R&D был значительно выше для высокотехнологичных фирм, чем для других. Используя эту же методологию, Х. Вон и Т. Инью [Kwon, Inui, 2003] проанализировали воздействие вложений в R&D на производительность труда в производственных фирмах на данных 3830 японских компаний за 1995–1998 годы и выявили существенное влияние расходов на R&D на производительность труда. Кроме того, высокотехнологичные фирмы показали систематически более высокие и более значительные коэффициенты, чем компании, работающие в средне- и низкотехнологичных отраслях.

¹³ Деление произведено согласно рекомендациям Росстата. К высокотехнологичным отраслям отнесены производство фармацевтической продукции, офисного оборудования и вычислительной техники, электронных компонентов и аппаратуры для радио, телевидения и связи, производство медицинских изделий, летательных аппаратов, включая космические. К среднетехнологичным отраслям отнесены химическое производство, производство машин и оборудования, электрических машин и оборудования, автомобилей, нефтепродуктов, резиновых и пластмассовых изделий, металлургическое производство, производство готовых металлических изделий. К низкотехнологичным отраслям отнесены производство пищевых продуктов, табачных изделий, текстильное производство, производство одежды, обработка древесины и производство изделий из дерева, производство целлюлозы, бумаги, картона, издательская и полиграфическая деятельность, обработка вторичного сырья.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВА

Для проверки гипотезы о влиянии новых технологий было проведено анкетирование представителей промышленных компаний. Ответы были отнесены к общим нагрузкам факторов (технологиям), влияющим на трансформацию промышленного производства, если коэффициенты нагрузки в абсолютном значении превышали 0,4. Вопросы анкеты, частота ответов и общие нагрузки представлены в табл. 3.

Большинство технологий признаны представителями промышленных предприятий как способные улучшать операционную эффективность и тем самым повышать конкурентоспособность. Наибольшее влияние на трансформацию производства оказывают такие технологии, как робототехника, интернет вещей, аддитивное производство, большие

данные и аналитика и кибербезопасность. По мнению респондентов, именно эти технологии позволяют уменьшить долю брака, снизить потребность в контроле качества, сократить продолжительность производственного цикла и повысить уровень адаптивности, усовершенствовать продукцию и оптимизировать производственные процессы.

Среди эффектов от внедрения новых технологий респондентами наиболее часто отмечались:

- уменьшение объема запасов, хранимых на складе (78%);
- уменьшение бракованной продукции (73%);
- повышение производительности (73%);
- повышение удовлетворенности клиентов (68%);
- сокращение затрат (53%).

Таким образом, наша первая гипотеза подтверждена в части влияния на повышение производительности и трансформацию промышленного производства технологий «робототехника», «интернет вещей», «аддитивное производство», «большие данные и аналитика», «кибербезопасность». Влияние технологий «виртуальная и дополненная реальности», «искусственный интеллект», «облачные технологии» не подтверждено, что, вероятно, связано с их меньшим внедрением в производственные процессы у предприятий, попавших в выборку.

4.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЛОЖЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЙ

Результаты оценки двухэтапной модели Хекмана склонности компаний к вложениям в технологии индустрии 4.0 представлены в табл. 4. Склонность компаний к вложениям в новые технологии (первая стадия) оценена пробит-моделью как функция факторов внутренней среды: технической выполнимости (x_1), воспринятых преимуществ (x_2) и рисков (x_3), а также факторов внешней среды: влияния органов-регуляторов (x_4), давления рыночной среды (x_5) и технологических изменений в отрасли (x_6).

Кроме того, на принятие новых технологий влияют факторы, характеризующие компанию и отрасль, в которой она функционирует, поэтому в качестве контрольных переменных использованы размер компании, исчисленный как логарифм среднесписочной численности сотрудников, наличие экспортной деятельности (бинарная переменная: 1 – да, 0 – нет), логарифм числа сотрудников, занятых в инновационной деятельности, логарифм спрогнозированной суммы прибыли от продажи новых продуктов, инвестиции в текущую деятельность (логарифм вложений в оборотные активы).

Интенсивность вложений в технологии четвертой промышленной революции измерена как объем вложений в новые технологии в расчете на одного сотрудника.

Полученные результаты показали, что на склонность промышленных компаний к вложениям в технологии четвертой промышленной революции в большей степени оказывают влияние внутренние факторы (техническая выполнимость, воспринятые преимущества и риски), чем давление внешней среды. При этом на компании высоко- и среднетехнологич-

ных отраслей оказывает влияние фактор технологических изменений в отрасли.

Органы-регуляторы не оказывают значимого влияния на принятие технологий индустрии 4.0 компаниями во всех секторах промышленности.

Переменные размера компании, экспортной деятельности, инвестиций в основной капитал и доли затрат на НИОКР также оказывают значимый эффект в высоко- и среднетехнологичных отраслях, но не влияют на решение компаний низкотехнологичных отраслей.

Таким образом, компании, склонные к вложениям в технологии, имеют в среднем больший размер, и это предприятия-экспортеры. Компании с меньшим размером и работающие на внутреннем рынке больше склонны к использованию уже имеющихся технологий, то есть используют стратегию следования за лидером.

Показатели интенсивности вложений в новые технологии, выраженные как затраты на новые технологии в расчете на одного сотрудника, существенно различаются по характеристикам отрасли. Наибольшая интенсивность расходов наблюдается у компаний в высокотехнологичных отраслях и компаний-экспортеров – в среднетехнологичных. При этом в высокотехнологичных отраслях интенсивность вложений в технологии практически не зависит от того, является ли компания экспортером или нет, и примерно одинакова у компаний, работающих на внутреннем рынке, и компаний-экспортеров. В то же время в низкотехнологичных отраслях интенсивность вложений в новые технологии значительно выше у компаний неэкспортеров (работающих на внутреннем рынке), чем у компаний-экспортеров. В среднетехнологичных отраслях наблюдается обратная зависимость – интенсивность расходов на новые технологии значительно выше у компаний-экспортеров.

4.3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ВЛОЖЕНИЙ КОМПАНИИ В ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ НА ПАТТЕРНЫ ИННОВАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ

Для анализа паттернов инновационного поведения нами были проанализированы шесть показателей: затраты на продуктовые инновации, продукты, выведенные на рынок впервые, затраты на процессные инновации, затраты на маркетинговые и организационные инновации, а также количество патентов.

В табл. 5 отражены маргинальные эффекты для детерминантов технологических инноваций в трех секторах промышленности.

Следует отметить ограничения данного исследования: так как все показатели были взяты из статистической формы № 4 – инновации, то они являются новыми для компании, но могут не быть новыми для рынка.

В качестве ключевой переменной, объясняющей изменение инновационного поведения, взяты расчетные значения интенсивности вложений в технологии четвертой промышленной революции (первая часть модели).

Вместе с тем на трансформацию инновационного поведения оказывает значительное влияние возможность кооперации с внешними партнерами с целью вовлечения заказчиков в процесс производства и/или создания нового знания.

Таблица 4
Предельные эффекты влияния факторов на принятие технологий четвертой промышленной революции
(результаты расчетов первой части модели)

Зависимые переменные	Высокотехнологичные отрасли		Среднетехнологичные отрасли		Низкотехнологичные отрасли	
	Решение о вложениях в технологии индустрии 4.0	Объем вложений в новые технологии	Решение о вложениях в технологии индустрии 4.0	Объем вложений в новые технологии	Решение о вложениях в технологии индустрии 4.0	Объем вложений в новые технологии
Метод анализа	<i>Центрированная регрессия – модель Хекмана</i>					
	Первое уравнение	Второе уравнение	Первое уравнение	Второе уравнение	Первое уравнение	Второе уравнение
Техническая выполнимость (x_1)	0,317*** (0,072)	0,384*** (0,097)	0,245*** (0,041)	0,232*** (0,043)	0,187*** (0,032)	0,173*** (0,022)
Восприятые преимущества (x_2)	0,416*** (0,012)	0,207*** (0,037)	0,372*** (0,021)	0,294*** (0,043)	0,302*** (0,032)	0,299*** (0,022)
Восприятые риски (x_3)	0,292*** (0,013)	0,271*** (0,025)	0,225*** (0,048)	0,306*** (0,051)	0,353*** (0,067)	0,404*** (0,062)
Влияние органов-регуляторов (x_4)	0,016*** (0,012)	0,032*** (0,074)	0,072*** (0,088)	0,048*** (0,097)	0,029*** (0,071)	0,034*** (0,092)
Давление рыночной среды (x_5)	0,192*** (0,059)	0,221*** (0,078)	0,185*** (0,065)	0,166*** (0,087)	0,253*** (0,082)	0,276*** (0,033)
Технологические изменения в отрасли (x_6)	0,312*** (0,066)	0,521*** (0,059)	0,305*** (0,062)	0,401*** (0,074)	0,053*** (0,083)	0,044*** (0,071)
Размер компании (log средн.числ.)	0,154*** (0,021)	—	0,173*** (0,036)	—	0,183*** (0,041)	—
Показатель экспортной деятельности (1 – да, 0 – нет)	0,113*** (0,049)	0,219 (0,103)	0,212*** (0,059)	0,281*** (0,108)	0,088* (0,032)	0,053*** (0,084)
Логарифм числа сотрудников, занятых в инновационной деятельности	0,320*** (0,042)	0,205 (0,121)	0,184*** (0,061)	0,275* (0,071)	0,161*** (0,022)	0,182*** (0,096)
Логарифм спрогнозированной суммы прибыли от продажи новых продуктов	0,427*** (0,077)	0,381*** (0,064)	0,387** (0,109)	0,207** (0,107)	0,098** (0,134)	0,054** (0,094)
Число наблюдений	874		874		874	
Оценка качества модели – лямбда Хекмана	0,219 (0,116)		0,173** (0,228)		0,212*** (0,108)	
Тест Вальда для $H_0: \rho = 0$	2,42		6,77**		21,78***	
Логарифмическая функция правдоподобия	3701,02		1287,94		5230,00	

Примечания: 1) Представленные числа имеют значения маржинального эффекта.
2) Статистическая значимость коэффициентов: *** – $p \leq 0,001$, ** – $p \leq 0,01$, * – $p \leq 0,05$.
3) В скобках указаны робастные стандартные ошибки.

Специализированные знания также могут быть приобретены у консалтинговых компаний или игроков рынка интеллектуальных услуг [Asikainen, 2015]. И наконец, создание нового знания может происходить в сотрудничестве с университетами или другими специализированными научными подразделениями [Doloreux, Shearmur, 2013; Asikainen, 2015]. В этой связи мы включили в уравнение регрессии показатели сотрудничества компаний в инновационной деятельности, являющиеся фиктивными переменными, принимающими значение 1, если компания имеет партнеров данного типа, и 0, если нет. Также мы учитывали факторы наличия у компании собственного подразделения НИОКР, исследований и разработок новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов; производственного проектирования, дизайна и других разработок (не связанных с научными исследованиями и разработками) новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов; численность сотрудников, занимающихся ИиР в компании, и вложения компании в обучение и развитие персонала, занятого инновационной деятельностью.

В качестве контрольных переменных были использованы такие показатели, как размер компании, наличие экспортной деятельности, доля экспортируемых товаров и услуг в общем объеме от реализации, рост доходов от продаж инновационных продуктов, рентабельность продаж, инвестиции в основной капитал.

Как и ожидалось, для всех промышленных секторов внедрение технологий четвертой промышленной революции стимулирует интенсивность технологических инноваций, однако более крупные компании имеют большую задачу от их внедрения. Вероятно, это можно объяснить тем, что крупные компании имеют большие возможности внедрения технологий индустрии 4.0 по всей цепочке добавленной стоимости, в то время как более мелкие компании точно внедряют те или иные технологии.

Анализ показал, что вложения в новые технологии положительно влияют на продуктовые инновации во всех трех секторах промышленности, в том числе на вывод новых продуктов, но наиболее сильное влияние они оказывают на процессные инновации.

В низкотехнологичных отраслях технологии индустрии 4.0 оказывают более сильное влияние на технологические инновации в тех компаниях, где наиболее высоки инвестиции в основной капитал. Вероятно, для этих компаний товары-новинки имеют высокую значимость и они больше инвестируют в основной капитал и в новые технологии.

Для компаний всех трех секторов промышленности взаимодействие с партнерами является значимым фактором трансформации инновационного поведения. Вместе с тем наиболее сильное влияние оказывает взаимодействие с поставщиками и потребителями. Взаимодействие с консалтинговыми компаниями оказывает большее воздействие

Таблица 5
Паттерны инновационного поведения: детерминанты технологических инноваций промышленных компаний
(результаты расчетов второй части модели)

Сектор промышленности	Высокотехнологичные отрасли			Среднетехнологичные отрасли			Низкотехнологичные отрасли			
	Зависимая переменная	Продуктовые инновации	Впервые внедренные продукты	Процессные инновации	Продуктовые инновации	Впервые внедренные продукты	Процессные инновации	Продуктовые инновации	Впервые внедренные продукты	Процессные инновации
Метод анализа	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель
Расчетные значения вложений компании в технологии индустрии 4.0 на одного сотрудника	0,274*** (0,022)	0,301*** (0,067)	0,424*** (0,083)	0,281*** (0,048)	0,254*** (0,093)	0,341*** (0,127)	0,221*** (0,095)	0,174*** (0,102)	0,288*** (0,053)	
Сотрудничество с предприятиями внутри компании (1 – да, 0 – нет)	0,241** (0,064)	0,181 (0,032)	0,132** (0,047)	0,205* (0,117)	0,214* (0,106)	0,052* (0,009)	0,144* (0,017)	0,130* (0,059)	0,163 (0,082)	
Сотрудничество с потребителями (1 – да, 0 – нет)	0,425* (0,113)	0,491** (0,069)	0,118 (0,076)	0,518** (0,135)	0,491** (0,101)	0,198** (0,105)	0,419* (0,105)	0,317* (0,098)	0,154 (0,027)	
Сотрудничество с поставщиками (1 – да, 0 – нет)	0,372* (0,078)	0,272** (0,069)	0,301** (0,103)	0,363* (0,055)	0,317* (0,117)	0,175* (0,022)	0,377 (0,073)	0,329** (0,112)	0,103** (0,004)	
Сотрудничество с конкурентами (1 – да, 0 – нет)	0,115** (0,025)	0,107** (0,053)	0,026* (0,064)	0,138 (0,063)	0,174 (0,046)	0,062 (0,024)	0,119 (0,013)	0,144* (0,062)	0,061* (0,036)	
Сотрудничество с консалтинговыми информационными компаниями (1 – да, 0 – нет)	0,284** (0,072)	0,237* (0,045)	0,370* (0,028)	0,371** (0,062)	0,245 (0,081)	0,541 (0,049)	0,419 (0,018)	0,348* (0,035)	0,449* (0,116)	
Сотрудничество с университетами и другими учебными заведениями (1 – да, 0 – нет)	0,093** (0,018)	0,048* (0,074)	0,175 (0,097)	0,057* (0,019)	0,089* (0,074)	0,081* (0,052)	0,073 (0,028)	0,109* (0,067)	0,094 (0,041)	
Сотрудничество с научными организациями (1 – да, 0 – нет)	0,109** (0,088)	0,113 (0,059)	0,132 (0,028)	0,099 (0,018)	0,086 (0,047)	0,091 (0,063)	0,058 (0,027)	0,069 (0,018)	0,068 (0,025)	
Наличие собственного подразделения НИОКР (1 – да, 0 – нет)	0,537** (0,077)	0,636** (0,061)	0,209** (0,054)	0,469* (0,084)	0,395* (0,087)	0,226** (0,077)	0,495** (0,138)	0,502** (0,079)	0,216** (0,092)	
Исследование и разработка новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов (1 – да, 0 – нет)	0,697*** (0,173)	0,549*** (0,136)	0,614** (0,182)	0,728** (0,087)	0,494** (0,063)	0,483*** (0,071)	0,279** (0,082)	0,301** (0,091)	0,352** (0,046)	
Производственное проектирование, дизайн и другие разработки (не связанные с научными исследованиями и разработками) новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов (1 – да, 0 – нет)	0,705** (0,044)	0,732** (0,037)	0,295*** (0,039)	0,649** (0,074)	0,511** (0,137)	0,186** (0,062)	0,528** (0,047)	0,627** (0,082)	0,195** (0,031)	
Обучение и подготовка персонала, вовлеченного в инновационный процесс (логарифм расходов на обучение в расчете на одного сотрудника)	0,408 (0,073)	0,369 (0,047)	0,129 (0,027)	0,364 (0,138)	0,356* (0,081)	0,155** (0,064)	0,429** (0,085)	0,337** (0,122)	0,169** (0,096)	
Размер компании (лог средн. числ.)	0,064** (0,042)	0,083** (0,036)	0,097 (0,033)	0,171*** (0,084)	0,158** (0,109)	0,069*** (0,056)	0,242*** (0,024)	0,185 (0,061)	0,123*** (0,111)	
Показатель экспортной деятельности (1 – да, 0 – нет)	0,219 (0,051)	0,248 (0,104)	0,307 (0,131)	0,162*** (0,039)	0,199** (0,108)	0,396** (0,162)	0,265** (0,086)	0,325 (0,051)	0,408* (0,086)	
Логарифм числа сотрудников, занятых в инновационной деятельности	0,327** (0,054)	0,407* (0,093)	0,423* (0,084)	0,317* (0,037)	0,369** (0,086)	0,276** (0,068)	0,321* (0,054)	0,268* (0,065)	0,338* (0,079)	
Логарифм спрогнозированной суммы прибыли от продажи новых продуктов	0,428* (0,043)	0,415* (0,064)	0,378** (0,063)	0,339** (0,054)	0,328* (0,029)	0,274** (0,067)	0,189** (0,068)	0,265** (0,063)	0,223** (0,037)	
Инвестиции в текущую деятельность (логарифм вложений в оборотные активы)	0,389* (0,047)	0,287 (0,120)	0,147 (0,006)	0,361 (0,004)	0,513 (0,051)	0,167* (0,0031)	0,257* (0,0038)	0,381* (0,109)	0,294* (0,0106)	
Число наблюдений		874			874			874		
McFadden R-squared		47,6%			53,1%			54%		
LR-statistic		68,106			62,34			54,71		
Prob(LR-statistic)		0			0			0		

Примечания:

- 1) Представленные числа имеют значения предельных эффектов.
- 2) Статистическая значимость коэффициентов: *** – $p \leq 0,001$, ** – $p \leq 0,01$, * – $p \leq 0,05$.
- 3) В скобках указаны робастные стандартные ошибки.

Таблица 6
Паттерны инновационного поведения промышленных компаний: анализ влияния факторов на нетехнологические инновации и патентную деятельность (результаты расчетов второй части модели)

Зависимая переменная	Высокотехнологические отрасли			Среднетехнологические отрасли			Низкотехнологические отрасли		
	Маркетинговые инновации	Организационные инновации	Патенты	Маркетинговые инновации	Организационные инновации	Патенты	Маркетинговые инновации	Организационные инновации	Патенты
Метод анализа	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель	пробит-модель
Расчетные значения вложений компании в технологии индустрии 4.0 на одного сотрудника	0,262*** (0,012)	0,195*** (0,008)	0,164*** (0,017)	0,064*** (0,028)	0,072*** (0,023)	0,149*** (0,062)	0,046*** (0,034)	0,025*** (0,049)	0,034*** (0,051)
Сотрудничество с предприятиями внутри компании (1 – да, 0 – нет)	0,041** (0,016)	0,018** (0,009)	0,218 (0,092)	0,071*** (0,014)	0,018** (0,0015)	0,129*** (0,017)	0,042*** (0,021)	0,005 (0,0008)	0,023*** (0,013)
Сотрудничество с потребителями (1 – да, 0 – нет)	0,119 (0,061)	0,108 (0,04)	-0,017 (0,031)	0,134*** (0,039)	0,127** (0,008)	-0,078** (0,065)	0,069** (0,006)	0,0025 (0,0021)	-0,068* (0,006)
Сотрудничество с поставщиками (1 – да, 0 – нет)	0,223* (0,049)	0,231* (0,045)	-0,258** (0,0063)	0,119** (0,0051)	0,152* (0,0021)	-0,171** (0,0017)	0,186** (0,0065)	0,562** (0,0034)	-0,127** (0,0036)
Сотрудничество с конкурентами (1 – да, 0 – нет)	0,085 (0,104)	0,062 (0,013)	-0,069 (0,086)	0,048 (0,103)	0,097 (0,107)	-0,045** (0,0024)	0,078** (0,00315)	0,077** (0,0032)	-0,082** (0,002)
Сотрудничество с консалтинговыми информационными компаниями (1 – да, 0 – нет)	0,154 (0,097)	0,138 (0,0071)	0,074 (0,075)	0,156 (0,108)	0,102* (0,0051)	0,043** (0,004)	0,179** (0,0027)	0,132** (0,0036)	0,029** (0,003)
Сотрудничество с университетами и другими учебными заведениями (1 – да, 0 – нет)	0,047 (0,106)	0,096 (0,098)	0,063 (0,0061)	0,046 (0,072)	0,073 (0,064)	0,047 (0,071)	0,031* (0,0096)	0,058* (0,0123)	0,018* (0,106)
Сотрудничество с научными организациями (1 – да, 0 – нет)	0,062** (0,0052)	0,071* (0,0091)	0,148* (0,004)	0,019* (0,007)	0,076** (0,0006)	0,137** (0,0061)	0,068* (0,031)	0,072* (0,0062)	0,046* (0,081)
Наличие собственного подразделения НИОКР (1 – да, 0 – нет)	0,074** (0,0013)	0,063** (0,0017)	0,045* (0,0019)	0,015* (0,086)	0,083* (0,12)	0,078* (0,1830)	0,021* (0,064)	0,031** (0,12)	0,084* (0,0075)
Исследование и разработка новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов (1 – да, 0 – нет)	0,139* (0,047)	0,042 (0,120)	0,186 (0,006)	0,174 (0,004)	0,153 (0,051)	0,166* (0,0031)	0,102* (0,0038)	0,015* (0,109)	0,103* (0,0106)
Производственное проектирование, дизайн и другие разработки (не связанные с научными исследованиями и разработками) новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов (1 – да, 0 – нет)	0,121* (0,043)	0,127** (0,0065)	0,134 (0,016)	0,118** (0,0165)	0,112** (0,0041)	0,094** (0,106)	0,119* (0,112)	0,97* (0,118)	0,054 (0,016)
Обучение и подготовка персонала, вовлеченного в инновационный процесс (логарифм расходов на обучение в расчете на одного сотрудника)	0,184* (0,0086)	0,219** (0,0070)	0,316** (0,119)	0,141* (0,108)	0,144* (0,0127)	0,169* (0,069)	0,148 (0,121)	0,163** (0,0102)	0,143** (0,0041)
Размер компании (log средн.числ.)	0,121** (0,0045)	0,057** (0,0043)	0,026* (0,0062)	0,178 (0,0053)	0,194 (0,196)	0,212 (0,0084)	0,217 (0,0190)	0,117* (0,112)	0,123* (0,0031)
Показатель экспортной деятельности (1 – да, 0 – нет)	0,077** (0,0076)	0,081* (0,0041)	0,127* (0,0069)	0,059** (0,0072)	0,061 (0,086)	0,241 (0,041)	0,165 (0,005)	0,047* (0,007)	0,243* (0,105)
Логарифм числа сотрудников, занятых в инновационной деятельности	0,076** (0,006)	0,048* (0,0064)	0,185 (0,0094)	0,042* (0,0038)	0,093* (0,0097)	0,146* (0,091)	0,064 (0,0021)	0,096 (0,0095)	0,137* (0,0061)
Логарифм спрогнозированной суммы прибыли от продажи новых продуктов	0,146** (0,0079)	0,144 (0,0057)	0,173 (0,0032)	0,159 (0,108)	0,179 (0,0051)	0,091 (0,0059)	0,198 (0,117)	0,129 (0,097)	0,059 (0,008)
Инвестиции в текущую деятельность (логарифм вложений в оборотные активы)	0,151* (0,043)	0,097** (0,0065)	0,015 (0,016)	0,114** (0,0165)	0,205** (0,0041)	0,074** (0,106)	0,119* (0,112)	0,117* (0,118)	0,054 (0,016)
Число наблюдений	874			874			874		
McFadden R-squared	47,6%			53,1%			54%		
LR-statistic	68,106			62,34			54,71		
Prob (LR-statistic)	0			0			0		

Примечания: 1) Представленные числа имеют значения маржинального эффекта.
2) Статистическая значимость коэффициентов: *** – $p \leq 0,001$, ** – $p \leq 0,01$, * – $p \leq 0,05$.
3) В скобках указаны робастные стандартные ошибки.

на результативность процессных инноваций, а не на продуктовые инновации и вывод компаний на рынок.

Не оказывает значимого влияния на трансформацию инновационного поведения взаимодействие компаний с университетами во всех трех секторах промышленного производства. Влияние взаимодействия с научными организациями подтверждено только для компаний высокотехнологичных секторов промышленности.

Как и ожидалось, наличие собственного подразделения НИОКР оказывает высокое влияние на результативность продуктовых инноваций и вывод новых продуктов на рынок в компаниях всех трех секторов промышленности. Подтверждено значимое влияние и других показателей – исследований и разработок новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов и производственного проектирования, дизайна и других разработок (не связанных с научными исследованиями и разработками) новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов.

Как показал анализ, на трансформацию инновационного поведения оказывает влияние не просто международная деятельность, но и объемы выручки от экспортной деятельности: чем выше выручка от экспорта, тем выше результативность продуктовых инноваций и тем чаще компании выводят на рынок новые продукты и стараются совершенствовать операционную деятельность, в том числе за счет внедрения новых технологий.

Рост объема продаж и рентабельность продаж также оказывают значимое влияние на результативность технологических инноваций.

Инвестиции в основной капитал не оказывают существенного влияния на результативность технологических инноваций в компаниях высокотехнологичных отраслей; в то же время для компаний средне- и низкотехнологичных отраслей наблюдается зависимость: чем выше инвестиции в основной капитал, тем выше результативность технологических инноваций.

В табл. 6 представлены расчеты для нетехнологических – маркетинговых и организационных – инноваций, а также патентной деятельности. В качестве зависимых переменных использовались те же показатели, что и для технологических инноваций.

Вложения компаний в технологии четвертой промышленной революции оказывают значимое влияние только на организационные инновации в секторе высоко- и среднетехнологичных отраслей. Ни на маркетинговые инновации, ни на патентную деятельность технологии индустрии 4.0 значимого влияния не оказывают во всех трех секторах промышленного производства.

Относительно партнерств наблюдается следующая тенденция: сотрудничество с поставщиками и покупателями не оказывает влияния на маркетинговые и организационные инновации во всех трех секторах промышленности, но оно значимо для патентной деятельности для компаний высоко- и среднетехнологичных отраслей; в то же время влияние на патентную деятельность компаний низкотехнологичных секторов не подтверждено. Сотрудничество с консалтинговыми организациями, напротив, оказывает существенное

влияние на маркетинговые и организационные инновации, но отрицательное – на патентную деятельность компаний всех трех секторов.

Сотрудничество с университетами, как и в предыдущем случае, не оказывает значимого воздействия ни на нетехнологические инновации, ни на патентную деятельность. В то же время для компаний высокотехнологичных секторов сотрудничество с научными организациями оказывает влияние на результативность патентной деятельности.

Наличие собственного подразделения НИОКР оказывает значимое влияние на результативность патентной деятельности, но не оказывает – на нетехнологические инновации.

На нетехнологические инновации и патентную деятельность оказывают существенное воздействие вложения компании в обучение сотрудников и инвестиции в основной капитал. Для патентной деятельности важным является фактор международной деятельности и рентабельности продаж.

4.4. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ВЛОЖЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ПАТТЕРНОВ ИННОВАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЙ

В табл. 7 отражена оценка влияния величины вложений промышленных компаний в технологии четвертой промышленной революции и паттернов инновационного поведения на производительность компаний рассмотренных трех секторов промышленности, рассчитанная как отношение выручки от реализации к среднесписочной численности сотрудников компании.

Полученная модель в целом является значимой, поскольку значение вероятности для LR-статистики равно 0,00. Значение коэффициента R^2 равно 0,476–0,619.

Расчеты таблицы показывают, что в высоко- и среднетехнологичном секторах паттерны инновационного поведения и расходы на технологии четвертой промышленной революции положительно связаны с производительностью промышленных компаний, при этом наиболее сильная взаимосвязь между результатами инновационной деятельности и производительностью наблюдается в высокотехнологичном секторе для патентов (эластичность производительности относительно количества патентов равняется 0,344), в среднетехнологичных отраслях – для прибыли от продаж новых продуктов (0,351).

В низкотехнологичном секторе наблюдается эффект нерентабельности инвестиций в инновации (arrprogriability effect) (эластичность расходов на инновации и доля расходов на новые технологии отрицательно коррелированы с производительностью компаний), то есть дополнительная прибыль от инвестирования незначительна. Этот эффект в дальнейшем может привести к ловушке недоинвестирования, так как большинство фирм данного сектора не видят стимула проводить крупные инновационные проекты из-за их неполной рентабельности.

Вместе с тем компаниям данного сектора было бы неправильно перестать инвестировать в инновации и новые технологии, так как не все отрасли данного сегмента стагнируют;

Таблица 7

Влияние вложений промышленных компаний в технологии четвертой промышленной революции и инновационного поведения на производительность (результаты расчетов третьей части модели)

Метод анализа (МНК – метод наименьших квадратов)	Уравнение производительности (зависимая переменная – отношение выручки к численности сотрудников)		
	Компании высокотехнологических отраслей	Компании среднетехнологических отраслей	Компании низкотехнологических отраслей
Логарифм прогнозируемых вложений в технологии индустрии 4.0	0,281** (0,011)	0,213** (0,009)	0,141** (0,008)
Интенсивность вложений в новые технологии (логарифм расчетных значений вложений компании в технологии индустрии 4.0 в расчете на одного сотрудника)	0,192*** (0,027)	0,134** (0,084)	0,004*** (0,013)
Интенсивность вложений в технологические инновации (логарифм удельного веса затрат на продуктовые и технологические инновации в общем объеме выручки от реализации)	0,186*** (0,153)	0,157*** (0,092)	- 0,007** (0,0271)
Интенсивность вложений в нетехнологические инновации (логарифм удельного веса затрат на организационные и маркетинговые инновации в общем объеме выручки от реализации)	0,112*** (0,0276)	0,054*** (0,0143)	- 0,101*** (0,029)
Размер компании (log средн. числ.)	0,018** (0,0015)	0,017 (0,0009)	0,071*** (0,014)
Показатель экспортной деятельности (1 – да, 0 – нет)	0,120*** (0,032)	0,190* (0,023)	0,112 (0,017)
Логарифм числа сотрудников, занятых в инновационной деятельности	0,157** (0,038)	0,126** (0,042)	0,178** (0,165)
Логарифм спрогнозированной суммы прибыли от продажи новых продуктов	0,13*** (0,014)	0,11*** (0,1583)	0,06*** (0,068)
Инвестиции в текущую деятельность (логарифм вложений в оборотные активы)	0,181* (0,017)	0,096** (0,064)	0,135* (0,038)
Число наблюдений	874	874	874
McFadden R-squared	47,6%	53,1%	61,9%
LR-statistic	68,106	62,34	54,71
Prob (LR-statistic)	0	0	0

Примечания:

- 1) Представленные числа имеют значения маржинального эффекта.
- 2) Статистическая значимость коэффициентов: *** – $p \leq 0,001$, ** – $p \leq 0,01$, * – $p \leq 0,05$.
- 3) В скобках указаны робастные стандартные ошибки.

например, в целлюлозно-бумажной отрасли производство упаковочной бумаги растет, в пищевой промышленности вложения в инновации позволяют компаниям выпускать товары по более низкой цене, за счет этого увеличивая производительность.

Полученные нами эмпирические результаты показали, что предельный эффект вложений в технологии индустрии 4.0 и производительности труда в высокотехнологических отраслях равен 0,28, в среднетехнологических отраслях эластичность равна 0,21, в низкотехнологическом секторе – 0,14. Таким образом, вложения в технологии четвертой промышленной революции повышают производительность промышленных компаний в среднем по отраслям промышленности с эластичностью 0,21.

Взаимосвязь интенсивности вложений в технологии четвертой промышленной революции и производительности имеет диапазон эластичности от 0,04 в низкотехнологических отраслях с более низкими показателями интенсивности до 0,19 в высокотехнологических отраслях, где показатели объемов вложений самые высокие.

Интенсивность вложений в технологические инновации, рассчитанная как удельный вес затрат на продуктовые и процессные инновации в общем объеме выручки от реализации, имеет диапазон эластичности от 0,186 в высокотехнологических отраслях до 0,156 в среднетехнологических. Эластичность вложений в нетехнологические инновации – от 0,112 до 0,054.

Это свидетельствует о том, что отношения между вложениями в технологии четвертой промышленной революции, результатами инновационной деятельности и ростом производительности нелинейны и имеют устойчивую положительную взаимосвязь только после того, как достигнута определенная критическая масса вложений в технологии индустрии 4.0.

И наконец, результаты нашего исследования показывают, что значительное влияние на зависимость между вложениями в новые технологии и производительностью оказывает разнородность секторальных различий в одной и той же отрасли. Согласно расчетам, компании высокотехнологических отраслей имеют большие вложения в новые технологии, инновационную деятельность, но и эластичность производи-

тельности по всем видам инновационных вложений в этих компаниях выше, что обусловлено научными исследованиями и разработками.

5. ВЫВОДЫ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе проведен анализ взаимосвязи между вложениями компаний в технологии четвертой промышленной революции, паттернами инновационного поведения и производительностью российских промышленных компаний. Для этого использована эконометрическая модель одновременных уравнений CDM, рассчитанная для трех секторов промышленности – высоко-, средне- и низкотехнологических.

Результаты проведенного исследования показали, что в двух из трех рассматриваемых секторах промышленности имеется устойчивая положительная взаимосвязь между вложениями в новые технологии, инновационной результативностью и производительностью. Данная взаимосвязь не подтверждена для низкотехнологических секторов промышленности: здесь наблюдается положительная взаимосвязь между вложениями в технологии четвертой промышленной революции и производительностью и отрицательная – между вложениями в инновации и производительностью. В среднем по отрасли вложения в технологии индустрии 4.0 повышают производительность труда с эластичностью 0,21, вложения в инновации – с эластичностью 0,16. Наибольшую значимость для производительности имеет прибыль компании от продажи новых продуктов во всех секторах промышленности. Наличие патентов в организации имеет гораздо менее выраженное влияние на производительность.

Показатели сотрудничества достаточно значимы как для результативности, выраженной в прибыли от продажи новых продуктов, так и для патентов. Наибольший предельный эффект выражен в сотрудничестве с другими компаниями внутри своей группы (если компания интегрирована) – в высоко- и среднетехнологических отраслях; с поставщиками – в высоко- и среднетехнологических отраслях; с клиентами – в средне- и низкотехнологических отраслях; с научно-исследовательскими организациями – в высокотехнологических отраслях; с консалтинговыми компаниями – в средне- и низкотехнологических отраслях. Для патентной деятельности наблюдается отрицательный эффект от сотрудничества с клиентами, поставщиками и конкурентами.

Проведенный эмпирический анализ показал нелинейность отношений между объемами вложений в технологии четвертой промышленной революции, результативностью инновационной деятельности и ростом производительности. Полученные результаты показали, что вложения в новые технологии в среднем повышают производительность промышленных компаний с эластичностью 0,21; воздействие вложений в инновационную деятельность на производительность имеет диапазон эластичности от 0,04 (для низких объемов вложений в инновации) до 0,19 (при высоких объемах вложений); отношения между вложениями в новые технологии, инновациями и ростом производительности нелинейны и имеют устойчивую положительную взаимосвязь только после того, как достигнута определенная критическая масса

вложений в новые технологии; значительную роль на взаимосвязь вложений в инновации и производительности оказывает характеристика отрасли, в которой работает компания, – компании, работающие в высокотехнологических отраслях, не только больше вкладывают в инновационную деятельность и новые технологии, но и имеют более высокую производительность, обусловленную научными исследованиями и разработками; компании низкотехнологических отраслей имеют отрицательную эластичность вложений в инновации и производительность, что связано с влиянием эффекта нерентабельности инвестиций в инновации (*appropriability effect*), то есть дополнительная прибыль от инвестирования не очень существенна.

Наше исследование также показало значительное влияние отраслевой разнородности на взаимозависимость между объемами вложений в новые технологии, расходами на инновации и производительностью. Компании высокотехнологических отраслей имеют большие вложения в новые технологии в расчете на одного сотрудника, но и эластичность производительности по всем видам инновационных вложений в этих компаниях выше, что обусловлено результатами научных исследований и разработок.

В качестве направлений дальнейших исследований можно предложить включение в анализ компаний малого и среднего бизнеса, а также рассмотрение других факторов влияния на вложения компаний в технологии четвертой промышленной революции и инновационное поведение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абросимов К.А., Борисова О.В.* (2020). Цифровые технологии нефтедобывающих компаний // Российский экономический интернет-журнал. № 1. С. 1.
2. *Боровков А.И., Рябов Ю.А., Марусева В.М.* (2018). Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения: препринт. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета, 2018.
3. *Голикова В.В., Гончар К.Р., Кузнецов Б.В.* (2012). Влияние экспортной деятельности на технологические и управленческие инновации российских фирм // Российский журнал менеджмента. Т. 10. № 1. С. 3–28.
4. *Кадочников С.М., Есин П.В.* (2006). Факторы продуктивных инноваций в процессе реструктуризации современных российских компаний (на примере компаний Уральского региона) // Российский журнал менеджмента. Т. 4. № 1. С. 29–54.
5. *Казанцев А.К., Логачева А.В.* (2014). Инновационные способности российских компаний: измерение и управление развитием // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8: Менеджмент. № 4. С. 3–26.
6. *Косоруков А.А.* (2020). Технологии дополненной реальности в сфере государственного управления // Социодинамика. № 1. С. 1–11.
7. *Кузнецов А.В.* (2019). Экономическая устойчивость России в условиях технологических трансформаций // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. Т. 9. № 6(42). С. 45–52.

8. Кун Т. (2003). Структура научных революций. М.: АСТ, 2003.
9. Майлс Й., Белоусова В., Чичканов Н. (2017). Режимы инновационной деятельности компаний в секторе интеллектуальных услуг // Форсайт. № 3(11). С. 94–102.
10. Мешиков В.Е., Мешикова Е.В., Чураков В.С. (2016). Новый техноклад и искусственный интеллект // Вестник науки и образования. № 5(17). С. 43–48.
11. Реальный сектор экономики в условиях новой промышленной революции (монография) (2019) / под ред. М.А. Эскиндарова, Н.М. Абдикеева М.: Когито-Центр.
12. Ребязина В.А., Куц С.П., Красников А.В., Смирнова М.М. (2011). Инновационная деятельность российских компаний: результаты эмпирического исследования // Российский журнал менеджмента. Т. 9. № 3. С. 29–54.
13. Солдатов В.В. (2018). Особенности развития текстильной и швейной промышленности в процессе осуществления третьей промышленной революции (на примере Ивановской области) // Многоуровневое общественное воспроизводство: вопросы теории и практики. № 15(31). С. 77–81.
14. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017). Инновации и производительность российских промышленных компаний // Инновации. № 4(222). С. 53–65.
15. Трачук А.В., Линдер Н.В., Убейко Н.В. (2017). Формирование динамических бизнес-моделей компаниями электронной коммерции // Управленец. № 4(68). С. 61–74.
16. Трачук А.В., Линдер Н.В., Тарасов И.В., Налбандян Г.Г., Ховалова Т.В., Кондратюк Т.В., Попов Н.А. (2018). Трансформация промышленности в условиях четвертой промышленной революции. М.: Реальная экономика.
17. Asikainen A.-L. (2015). Innovation modes and strategies in knowledge intensive business services // Service Business. Vol. 9. No. 1. P. 77–95.
18. Chandler A.D.Jr. (1977). The visible hand: The managerial revolution in American business. Cambridge: Harvard University Press.
19. Davis C., Hogarth T., Gambin L., Breuer Z., Garrett R. (2012). Sector skills insights: Advanced manufacturing. Evidence Report 48. July. London, UK: Commission for Employment and Skills.
20. Doloreux D., Shearmur R. (2013). Innovation strategies: Are knowledge-intensive business services just another source of information? // Industry and Innovation. Vol. 20. No. 8. P. 719–738.
21. Emerging trends report. MIT technology review special issue (2013). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. P. 51–60.
22. Gibson I., Rosenl D.W., Stucker B. (2010). Additive manufacturing technologies: Rapid prototyping to direct digital manufacturing. New York; Heidelberg; Dordrecht; London: Springer Science.
23. Griliches Z., Mairesse J. (1983). Comparing productivity growth: An exploration of French and U.S. industrial and firm data // European Economic Review. Vol. 21(1–2). P. 89–119.
24. Hall B. (2011). Innovation and productivity // Nordic Economic Policy Review. Vol. 2. P. 167–204.
25. Harhoff D. (1998). R&D and productivity in German manufacturing firms // Economics of Innovation and New Technology. Vol. 6(1). P. 29–50.
26. Janz N., Lööf H., Peters B. (2004). Innovation and productivity in German and Swedish manufacturing firms: Is there a common story? // Problems & Perspectives in Management. P. 184–204.
27. Kwon H., Inui T. (2003). R&D and productivity growth in Japanese manufacturing firms. Economic and Social Research Institute. ERSI Discussion Paper Series 44.
28. Mokyr J., Strotz R.H. (2000). The Second industrial revolution, 1870–1914. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/d3fc/63c43a656f01f021fb79526d9_ba3b25f6150.pdf?_ga=2.748-99602.122092665.1559886019-686518374.1559886019.
29. Molla A., Licker P.S. (2002). PERM: A model of e-commerce adoption in developing countries // Issues and Trends of Information Technology Management in Contemporary Organizations / M. Khosrowpour (ed.). Seattle, USA, Idea Group Publishing.
30. Molla A., Licker P.S. (2005). Perceived e-readiness factors in e-commerce adoption: An empirical investigation in a developing country // International Journal of Electronic Commerce. Vol. 10. No. 1. P. 83–110.
31. Rojko A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview // International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM). Vol. 11. No. 5. P. 77–90.
32. Siedschlag I., Zhang X. (2014). Internationalisation of firms and their innovation and productivity // Economics of Innovation and New Technology. July 17. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2014.918439>.
33. Verspagen B. (1995). R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look. Open access publications from Maastricht University, Maastricht University.

REFERENCES

1. Abrosimov K.A., Borisova O.V. (2020). Tsifrovye tekhnologii neftedobyvayushchey promyshlennosti [Digital technologies of oil companies]. *Rossiyskiy ekonomicheskii internet-zhurnal [Russian Economic Online Magazine]*, 1, 1.
2. Borovkov A.I., Ryabov Yu.A., Maruseva V. M. (2018). *Novaya paradigma tsifrovogo proektirovaniya i modelirovaniya global'no konkurentosposobnoy produktsii novogo pokoleniya: preprint [New paradigm of digital design and modeling of globally competitive production of new generation: pre-print]*. St. Petersburg: Publishing house St. Petersburg Polytechnic University, 2018.
3. Golikova V.V., Gonchar K.R., Kuznetsov B.V. (2012). Vliyaniye eksportnoy deyatelnosti na tekhnologicheskie i upravlencheskie innovatsii rossiyskikh firm [Influence of export activity on technological and administrative innovations of the Russian firms]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta [Russian Management Journal]*, 10(1), 3–28.
4. Kadochnikov S.M., Yesin P.V. (2006). Faktory produktivnykh innovatsiy v protsesse restrukturalizatsii sovremennykh rossiyskikh kompaniy (na primere kompaniy Ural'skogo regiona) [Factors of grocery innovations in the course of restructuring

- ing of the modern Russian companies (on the example of the companies of the Ural region). *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta [Russian Management Journal]*, 4(1), 29-54.
5. Kazantsev A.K., Logacheva A.V. (2014). Innovatsionnye sposobnosti rossiyskikh kompaniy: izmerenie i upravlenie razvitiem [Innovation capabilities of Russian companies: Measurement and development management]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 8: Menedzhment [Vestnik of St. Petersburg University. Series 8: Management]*, 4, 3-26.
 6. Kosorukov A.A. (2020). Tekhnologii dopolnennoy real'nosti v sfere gosudarstvennogo upravleniya [Technologies of augmented reality in the sphere of public administration]. *Sotsiodinamika [Sociodynamics]*, 1, 1-11.
 7. Kuznetsov A.V. (2019). Ekonomicheskaya ustoychivost' Rossii v usloviyakh tekhnologicheskikh transformatsiy [Economic sustainability of Russia under the conditions of technological transformations]. *Gumanitarnye nauki. Vestnik Finansovogo universiteta [Humanities and Social Sciences. Bulletin of the Financial University]*, 9, 6(42), 45-52.
 8. Kun T. (2003). *Struktura nauchnykh revolyutsiy [Structure of scientific revolutions]*. Moscow, AST, 2003.
 9. Miles I., Belousova V., Chichkanov N. (2017). Rezhimy innovatsionnoy deyatel'nosti kompaniy v sektore intellektual'nykh uslug [Innovation configurations in knowledge-intensive business services]. *Foresight and STI Governance*, 3(11), 94-102.
 10. Meshkov V. E., Meshkova E.V., Churakov B.C. (2016). Novyy tekhnouklad i iskusstvennyy intellekt [New tekhnologicheskyy paradigm and artificial intelligence]. *Vestnik nauki i obrazovaniya [Bulletin of Science and Education]*, 5(17), 43-48.
 11. Eskindarov M.A., Abdikeev N.M. (eds.) (2019). *Real'nyy sektor ekonomiki v usloviyakh novoy promyshlennoy revolyutsii (monografiya) [Real sector of economy in the conditions of new industrial revolution (monograph)]*. Moscow, Kogito-tsentr.
 12. Rebyazina V.A., Kuch S.P., Krasnikov A.V., Smirnova M.M. (2011). Innovatsionnaya deyatel'nost' rossiyskikh kompaniy: rezul'taty empiricheskogo issledovaniya [Innovative activity of the Russian companies: Results of empirical research]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta [Russian Management Journal]*, 9(3), 29-54.
 13. Soldatov B.B. (2018). Osobennosti razvitiya tekstil'noy i shveyonoy promyshlennosti v protsesse osushchestvleniya tret'ey promyshlennoy revolyutsii (na primere Ivanovskoy oblasti) [Features of development of textile and clothing industry in the course of implementation of the third industrial revolution (on the example of the Ivanovo region)]. *Mnogourovnevoe obshchestvennoe vosproizvodstvo: voprosy teorii i praktiki [Multilevel Public Reproduction: Theory and Practice Questions]*, 15(31), 77-81.
 14. Trachuk A.V., Linder N.V. (2017). Innovatsii i proizvoditel'nost' rossiyskikh promyshlennykh kompaniy [Innovations and productivity of the Russian industrial companies]. *Innovatsii [Innovations]*, 4(222), 53-65.
 15. Trachuk A.V., Linder N.V., Ubeyko N.V. (2017). Formirovanie dinamicheskikh biznes-modeley kompaniyami elektronnoy kommersii [Formation of dynamic business models by the companies of electronic commerce]. *Upravlenets [Manager]*, 4(68), 61-74.
 16. Trachuk A.V., Linder N.V., Tarasov I.V., Nalbandian G.G., Hovalova T.V., Kondratyuk T.V., Popov N.A. (2018). *Transformatsiya promyshlennosti v usloviyakh chetvertoy promyshlennoy revolyutsii [Industry transformation in the conditions of the fourth industrial revolution]*. Moscow, Real'naya ekonomika.
 17. Asikainen A.-L. (2015). Innovation modes and strategies in knowledge intensive business services. *Service Business*, 9(1), 77-95.
 18. Chandler A.D.Jr. (1977). *The visible hand: The managerial revolution in American business*. Cambridge, Harvard University Press.
 19. Davis C., Hogarth T., Gambin L., Breuer Z., Garrett R. (2012). *Sector skills insights: Advanced manufacturing. Evidence Report 48*. July. London, UK, Commission for Employment and Skills.
 20. Doloreux D., Shearmur R. (2013). Innovation strategies: Are knowledge-intensive business services just another source of information? *Industry and Innovation*, 20(8), 719-738.
 21. *Emerging trends report. MIT technology review special issue* (2013). Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology, 51-60.
 22. Gibson I., Rosenl D.W., Stucker B. (2010). *Additive manufacturing technologies: Rapid prototyping to direct digital manufacturing*. New York, Heidelberg, Dordrecht, London, Springer Science.
 23. Griliches Z., Mairesse J. (1983). Comparing productivity growth: An exploration of French and U.S. industrial and firm data. *European Economic Review*, 21(1-2), 89-119.
 24. Hall B. (2011). Innovation and productivity. *Nordic Economic Policy Review*, 2, 167-204.
 25. Harhoff D. (1998). R&D and productivity in German manufacturing firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 6(1), 29-50.
 26. Janz N., Löf H., Peters B. (2004). Innovation and productivity in German and Swedish manufacturing firms: Is there a common story? *Problems & Perspectives in Management*, 184-204.
 27. Kwon H., Inui T. (2003). R&D and productivity growth in Japanese manufacturing firms. Economic and Social Research Institute. *ERSI Discussion Paper Series*, 44.
 28. Moky J., Strotz R.H. (2000). *The Second industrial revolution, 1870-1914*. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/d3fc/63c43a656f01f021fb79526d9ba3b25f6150.pdf?_ga=2.748-99602.122092665.1559886019-686518374.1559886019.
 29. Molla A., Licker P.S. (2002). PERM: A model of e-commerce adoption in developing countries. *Issues and Trends of Information Technology Management in Contemporary Organizations*. Khosrowpour M. (ed.). Seattle, USA, Idea Group Publishing.
 30. Molla A., Licker P.S. (2005). Perceived e-readiness factors in e-commerce adoption: An empirical investigation in a developing country. *International Journal of Electronic Commerce*, 10(1), 83-110.
 31. Rojko A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), 77-90.

32. Siedschlag I., Zhang X. (2014). Internationalisation of firms and their innovation and productivity. *Economics of Innovation and New Technology*, July 17. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2014.918439>.
33. Verspagen B. (1995). *R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look*. Open access publications from Maastricht University, Maastricht University.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аркадий Владимирович Трачук

Доктор экономических наук, профессор, декан факультета «Высшая школа управления», ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»; генеральный директор АО «Гознак».

Область научных интересов: стратегия и управление развитием компании, инновации, предпринимательство и современные бизнес-модели в финансовом и реальном секторах экономики, динамика и развитие четвертой промышленной революции, опыт функционирования и перспективы развития естественных монополий.

E-mail: Trachuk_A_V@goznak.ru

Наталья Вячеславовна Линдер

Кандидат экономических наук, профессор, заместитель декана факультета «Высшая школа управления», ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Область научных интересов: стратегия и управление развитием компаний, формирование стратегии развития промышленных компаний в условиях четвертой промышленной революции, инновации, трансформация бизнес-моделей, стратегии развития компаний энергетического сектора в условиях четвертой промышленной революции, стратегии выхода российских компаний на международные рынки.

E-mail: NVLinder@fa.ru

ABOUT THE AUTHORS

Arkady V. Trachuk

Doctor of economic sciences, professor, head of the faculty the Higher School of Management of the Financial University under the Government of the Russian Federation, general director of “Goznak” JSC.

Research interests: strategy and management of the company’s development, innovation, entrepreneurship and modern business models in the financial and real sectors of the economy, dynamics and development of e-business, operating experience and prospects for the development of natural monopolies.

E-mail: ATrachuk@fa.ru

Natalia V. Linder

Candidate of economic sciences, professor, deputy head of the faculty the Higher School of Management of the Financial University under the Government of the Russian Federation.

Research interests: strategy and development management companies, formation of development strategy of industrial companies in the context of the fourth industrial revolution, innovation transformation of business models, dynamics and development of e-business development strategies of companies in the energy sector in the fourth industrial revolution, exit strategies of Russian companies on international markets.

E - mail : NVLinder@fa.ru