

Для цитирования: Бауэр В. П., Еремин В. В., Сильвестров С. Н., Смирнов В. В. Экономическое моделирование процессов цифровой трансформации // Журнал экономической теории. — 2019. — Т. 16. — № 3. — С. 428-443

doi 10.31063/2073-6517/2019.16-3.11

УДК 338.242.2

JEL D24, E22, G31

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ¹

В. П. Бауэр, В. В. Еремин, С. Н. Сильвестров, В. В. Смирнов

Целью исследования является построение модели цифровой трансформации предприятия, включающей взаимные связи проекта цифровой трансформации с внешней и внутренней средами предприятия, рыночным механизмом ценообразования, процессами распределения ресурсов и готовой продукции. Основой разработки модели являются известные подходы к цифровой трансформации предприятия и гипотеза о том, что ресурсная теория системной организации экономики Г.Б. Клейнера является наиболее подходящим ядром для формирования указанной модели.

В работе известные ресурсные модели дополнены факторами, учитывающими влияние цифровой трансформации предприятия на изменение стоимости ресурсов, готовой продукции, динамики и структуры финансовых потоков предприятия.

В дальнейшем планируется применить разработанную модель для создания универсальных моделей цифровой трансформации предприятий с различной отраслевой и региональной спецификой, позволяющих оценивать влияние цифровой трансформации на финансовую эффективность предприятий. Разработанную модель можно применять также к оценке целесообразности и обоснованности цифровой трансформации социальных проектов, проектов регионального развития, а также проектов межрегионального взаимодействия, в которых набор финансовых показателей потребует расширения с учетом специфики предметной области.

Авторы полагают, что модель цифровой трансформации предприятия, представленная в статье, может использоваться в указанных целях в качестве базовой.

Ключевые слова: ресурсная теория Г. Б. Клейнера, экономические системы, теория экономических систем, цифровизация, цифровая трансформация предприятия, финансовые потоки, финансовые показатели

Введение

Актуальность все большей цифровизации экономических процессов не вызывает сомнений. Цифровизация ускоряет процессы производства, распределения и обмена, снижает затраты, стимулирует потребление. В современной экономике разворачивается новый тренд, приходящий на смену компьютеризации и информатизации общества, — это его глобальная цифровизация (Вайл, Ворнер, 2019). Значительными по своей скорости и масштабам темпами развивается мировая цифровая экономика, с одной стороны обостряющая конкуренцию, но с другой стороны — предоставляющая предприятиям множество новых

инструментов для адаптации в этой высококонкурентной среде (Линц и др., 2019).

Таковы мировые тренды, влиянию которых подвержена и российская экономика. Более того, если отечественные предприятия хотят сохранить и расширить занимаемые рыночные доли, остаться конкурентоспособными в динамично развивающейся среде, выйти на новые рынки сбыта, они должны активно внедрять в свою деятельность технологии четвертой промышленной революции (Шваб, Дэвис, 2018; Добрынин и др., 2016), которые формируют тренды цифровой трансформации всей мировой экономики (Стародубцева, Маркова, 2018; Володько, 2018).

Но нельзя заниматься цифровой трансформацией предприятия исключительно ради цифровой трансформации. Ради моды, цели

¹ © Бауэр В. П., Еремин В. В., Сильвестров С. Н., Смирнов В. В. Текст. 2019.

ради цели. Цифровая трансформация деятельности предприятия — это чрезвычайно сложный, затратный проект, затрагивающий его взаимоотношения с конкурентами, поставщиками ресурсов, потребителями продукции. Ее результатами должны быть повышение эффективности деятельности предприятия, рост его выручки, прибыли, рентабельности. Поэтому, как и любой другой сложный и дорогостоящий проект, цифровая трансформация деятельности предприятия требует предварительного моделирования, которое, в свою очередь, позволяет применять методы сценарного анализа, анализа чувствительности и т. п. Именно моделирование позволит получить предварительный ответ на вопросы об объемах ресурсов, необходимых для цифровой трансформации предприятия, ее эффективности и, как следствие, целесообразности требуемых масштабов.

Вопросам развития предприятий на основе технологий цифровой экономики посвящено достаточно много работ (Попкова и др., 2018; Плотников, 2018; Бауэр и др., 2018). Так, в работах (Куликов и др., 2018; Крылатков, Минеева, 2018) исследуются подходы к созданию «цифровых двойников» процессов, технологий и производственных объектов. В ряде исследований обсуждаются результаты внедрения цифровых двойников в сферы производства товаров (Ильин, Ильин, 2015), работ и банковских услуг (Ильин, 2018). После замены физических активов цифровым контентом они могут функционировать в качестве их дополненной реальности (Бауэр и др., 2018).

Целью данного исследования является формирование модели цифровой трансформации предприятия, учитывающей взаимодействие проекта цифровой трансформации с внешней и внутренней средой предприятия, системами распределения ресурсов и готовой продукции, а также с финансовыми потоками и рыночным механизмом.

В связи со сложностью взаимоотношений в рамках данной модели предлагается использовать в качестве основы для ее создания ресурсную теорию системной организации экономики Г.Б.Клейнера (Клейнер, 2011а) как теорию, соединяющую в своей основе взаимодействие проектных, объектных, процессных и средовых систем, а также — интенсивность использования пространства и временную активность — т. е. все те явления и взаимодействия, которые являются отличительной чертой цифровой трансформации предприятия.

1. Теоретические подходы к моделированию цифровой трансформации предприятия на основе ресурсной теории Г. Б. Клейнера

Анализу процессов цифровой трансформации предприятия посвящен достаточно широкий перечень работ. Так, анализ процессов цифровой трансформации зарубежных предприятий позволил определить в качестве координатной точки инициатив цифровой трансформации интересы клиента (заказчика) (Куприяновский, 2017). При этом конкретные модели цифровой трансформации предприятий, их целевые показатели определяются конкретными обстоятельствами их реализации в конкретном месте, а также зависят от организационной культуры предприятия. Совокупность времени и пространства генерирует как возможности и риски, так и степень глубины цифровой трансформации предприятий. Моделирование этих рисков и возможностей — имитационная система сценарного анализа — является неотъемлемой частью современного цифрового предприятия.

Практические подходы к цифровой трансформации предприятий основаны на архитектурном моделировании, включающем в себя цифровые модели управленческих функций, потоков информации и ресурсов, бизнес-процессов и т. п., модели бизнес-архитектуры предприятия (Ильина, 2018). В качестве конкретных инструментов описания бизнес-архитектуры предлагаются моментальный снимок (Ферр, Даер, 2017), «канва Остервальдера» (Остервальдер, 2011), четырехэлементные шаблоны моделей бизнес-архитектуры (Гассман, Франкенбергер, 2016) и т. п. Созданы программные продукты, позволяющие имитировать бизнес-процессы цифровых двойников (Гончаров, Саклаков, 2018). В целом этапы цифровой трансформации включают в себя создание цифровых двойников продукции, технологий производства, самого производства, маркетинга и сбыта (Смирнов, 2018).

Широкий пласт работ посвящен анализу и классификации цифровых платформ ведения бизнеса. В рамках формирования общей теории платформ большой интерес представляет работа (Паркер и др., 2017). В качестве преимуществ цифровых платформ выделяют модульность, возможность работы с обширной экосистемой партнеров, возможность агрегирования деятельности поставщиков и покупателей (Тапскотт, Уильямс, 2009). Анализу практического использования цифровых платформ в современной экономике посвящены работы Д. Йоффе (Йоффе, Кусумано, 2016), Ф. Саймона

(Simon, 2011), С. Мюгге (Muegge, 2013) и многих других исследователей.

Перечисленные работы достаточно объемны и многоаспектны. Но все они и подобные им исследования охватывают процессы цифровой трансформации предприятия фрагментарно, не выстраивая их в единую теорию, позволяющую моделировать динамику процессов цифровой трансформации внутри предприятия, развивая ее в трансформацию отношений с партнерами, цифровую трансформацию бизнес-процессов и общую цифровую трансформацию экономики как средовой системы.

С учетом описанных выше взаимодействий процессов цифровой трансформации предприятия с проектной деятельностью, процессом взаимодействия с контрагентами, а также зависимости трансформации от средовой системы, в данной статье формируется гипотеза о том, что именно ресурсная теория Г.Б. Клейнера наилучшим образом позволяет связать в единую систему разрозненные в настоящее время фрагменты анализа процессов цифровой трансформации предприятий, создавая методiku цифровой трансформации.

В ресурсной теории системной организации экономики, разработанной Г.Б. Клейнером (2011б; 2007) в рамках новой теории экономических систем и существенно дополненной Е.Г. Карповой (2017), предложена классификация экономических систем в зависимости от того, насколько каждый их тип локализован во времени и пространстве. Согласно данному критерию Г.Б. Клейнер выделяет четыре типа экономических систем:

1. Проектная система (проект) — имеет границы, определенные и во времени, и в пространстве.

2. Объектная система (объект) — ее границы определены в пространстве, но не определены во времени.

3. Процессная система (процесс) — границы такой системы определены во времени, но не определены в пространстве.

4. Средовая система (среда) — не имеет определенных границ ни во времени, ни в пространстве.

Более подробное и строгое описание этих систем приведено в работе (Клейнер, 2008).

Каждая система для осуществления своей деятельности использует те ресурсы пространства и времени, которые она контролирует. Но при этом четыре типа данных систем устойчиво взаимодействуют друг с другом. Эти взаимодействия заключаются в обмене систем друг с

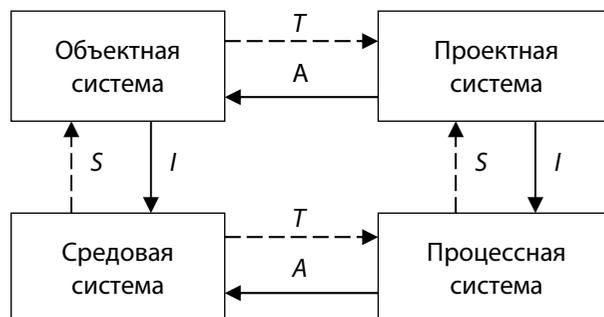


Рис. 1. Обмен ресурсами и возможностями в рамках экономической тетрады (обозначения Г.Б. Клейнера)

другом базовыми ресурсами и способностями, одни из которых имеются в наличии у одного типа систем, но у другого типа отсутствуют. К таким ресурсам относятся пространство (S) и время (T). К возможностям относятся:

- интенсивность (I) — способность к эффективному использованию пространства;
- активность (A) — способность к эффективному использованию времени.

Для описания этих устойчивых взаимодействий Г.Б. Клейнером вводится ключевое понятие «тетрада» — комплекс из четырех систем разных типов. Общий вид тетрады представлен на рисунке 1.

Проектная система повышает активность использования объектов (A), устанавливая временные ограничения, вследствие чего повышаются производительность труда и отдача капитала — интенсифицируются процессы (I).

Процессная система предоставляет проектной пространство протекающих процессов (S), а объектная — время для осуществления конкретных проектов на конкретных объектах (T).

Средовая система предоставляет объектной системе пространство для осуществления производственной деятельности и реализации ее результатов (S), а процессной системе она предоставляет время (T) для сохранения тех изменений, которые процессная система произвела в пространстве.

Объектная система интенсифицирует использование пространственного ресурса средовой системы (I), а процессная система активизирует (A) использование временного ресурса средовой системы.

Эти взаимодействия отражаются в изменении динамики финансовых потоков, описанной в модели традиционного предприятия Е.Г. Карповой (2016), также основанной на ресурсной теории Г.Б. Клейнера (рис. 2, таблица).

Сформируем на основе ресурсной теории Г.Б. Клейнера и модели Е.Г. Карповой модель

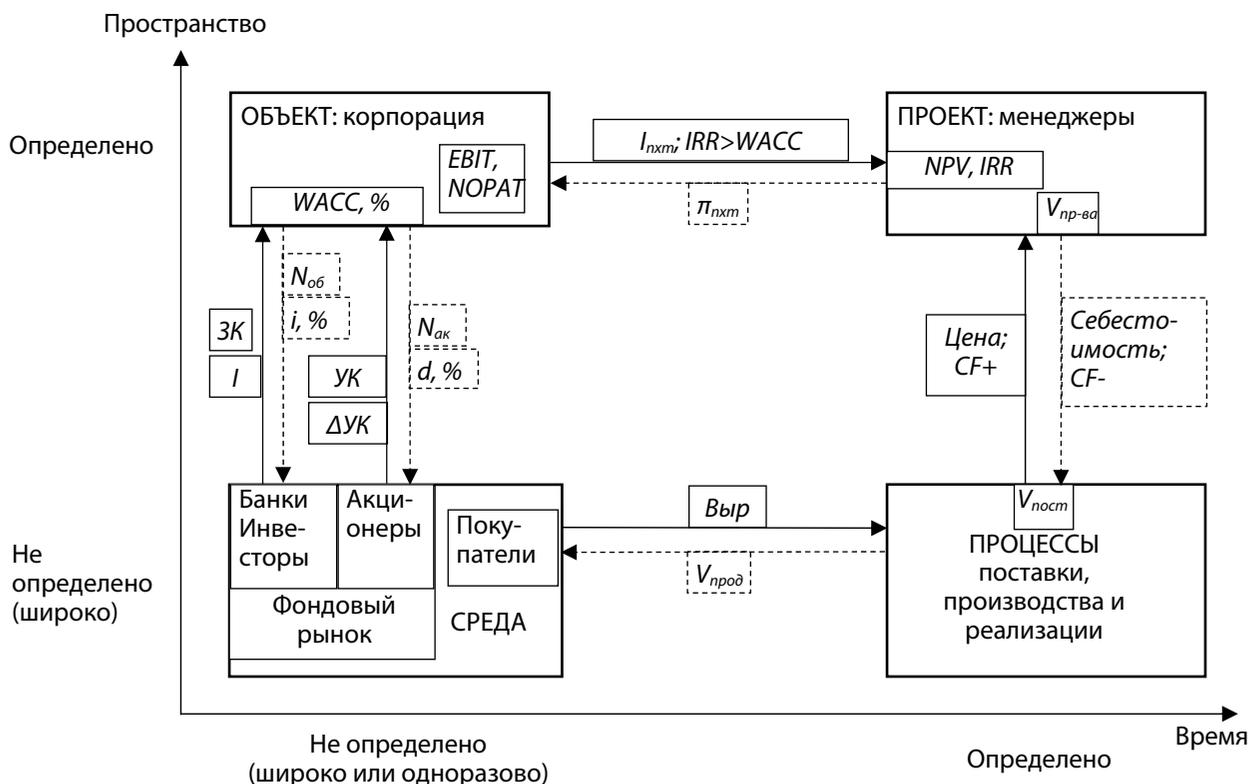


Рис. 2. Модель работы традиционного предприятия (по Карповой Е. Г.)

Таблица

Обозначения в модели традиционного предприятия Е. Г. Карповой (2016)

Показатель	Обозначение
EBIT	Прибыль компании до вычета налога на прибыль и начисленных процентов по кредитам
NOPAT	Чистая операционная прибыль за вычетом налогов
WACC	Средневзвешенная стоимость капитала
IRR	Внутренняя норма доходности
NPV	Чистый приведенный доход
$I_{\text{пкт}}$	Инвестиционные затраты на проект
$\pi_{\text{пкт}}$	Прибыль от реализации проекта
CF-, CF+	Исходящие и поступающие денежные потоки
$V_{\text{пр-ва}}, V_{\text{пост}}, V_{\text{прод}}$	Объемы производства, поставки, продажи продукции в результате реализации проекта
Выр	Объем выручки
ZK, UK	Среднегодовая стоимость заемного и уставного капитала соответственно
$N_{\text{обл}}, N_{\text{акц}}$	Выпуск корпоративных облигаций и акций соответственно
I	Инвестиции
i, %	Проценты по заемному капиталу
d, %	Дивиденды по акциям

цифровой трансформации предприятия. При этом под цифровой трансформацией будем подразумевать интеграцию цифровых технологий в экономические процессы предприятия в целях кардинального повышения его производительности, эффективности деятельности и стоимости. Эта интеграция может включать в себя как модернизацию существующих, так и

создание абсолютно новых бизнес-процессов, технологий и продуктов, создание новой бизнес-среды и культуры.

Для формирования детализированной модели прежде всего необходимо формализовать отношения между четырьмя типами экономических систем, а также — характеристики этих систем, перейдя от более общих понятий

время, пространство, активность и интенсивность к более конкретизированным для отдельного предприятия показателям:

1. Объектной системой в данном случае является само предприятие, проводящее цифровую трансформацию.

2. Проектной системой является реализуемый этим предприятием проект его цифровой трансформации.

3. Процессной системой является совокупность процессов поставки сырья на анализируемое предприятие и его готовой продукции потребителям.

4. Средовой системой является совокупность покупателей продукции предприятия, поставщиков сырья и материалов, акционеров предприятия, инвесторов в его деятельность, банковских организаций и т. п.

В предлагаемой ниже модели инфляция равна нулю, но это ограничение введено исключительно для упрощения формул, выводимых в рамках данной статьи, и его достаточно легко устраним.

2. Формализация взаимоотношений между объектной и средовой системами в рамках цифровой трансформации предприятия

Средовая система дает объекту пространство (S) для осуществления цифровой трансформации. Это пространство заключается в возможности привлечения финансовых ресурсов для осуществления проекта цифровой трансформации путем:

1) получения средств в виде долевого финансирования. Источники — эмиссия акций, изменение величины уставного капитала компании ($\Delta УК$);

2) получения средств в виде долгового финансирования. Источники — привлечение кредитов, размещение облигаций, изменение величины заемного капитала компании ($\Delta ЗК$);

3) финансирования за счет собственных средств предприятия. Источник — изменение величины реинвестируемой прибыли ($\Delta П_p$).

Интенсификация использования этого пространства со стороны объектной системы (I) заключается в необходимости выплачивать дивиденды (d) по привлеченному долевному финансированию, проценты (p) по привлеченному заемному финансированию и обеспечить такую рентабельность реинвестированной прибыли, которая будет не меньше рентабельности инвестиций этой прибыли в альтернативные проекты (p_a).

В таком случае общая сумма финансирования проекта цифровой трансформации

предприятия ($СФ$) будет определяться по формуле:

$$СФ = d \times \Delta УК + n \times \Delta ЗК + p_a \times \Delta П_p, \quad (1)$$

На основании формулы (1) можно вывести средневзвешенную стоимость финансирования проекта ($ЦФ$):

$$ЦФ = d \times \frac{\Delta УК}{ИК} + n \times \frac{\Delta ЗК}{ИК} + p_a \times \frac{\Delta П_p}{ИК}, \quad (2)$$

где $ИК$ — общая сумма капитала, инвестированного в проект цифровой трансформации предприятия.

В том случае, если финансирование будет поступать в виде денежных потоков, распределенных во времени ($СФ_n$), эти потоки необходимо дисконтировать — формула (3):

$$СФ_d = \sum_{n=1}^m \frac{СФ_n}{(1+r)^n}, \quad (3)$$

где $СФ_d$ — дисконтированная величина потоков финансирования проекта цифровой трансформации предприятия; n — временной период поступления финансирования проекта; m — общее количество временных периодов поступления финансирования проекта; r — ставка дисконтирования.

Необходимо отметить, что слагаемые формулы (2) также могут потребовать процедуры дисконтирования.

3. Формализация взаимоотношений между средовой и процессной системами в рамках цифровой трансформации предприятия

Средовая система является средой реализации продукции и закупок ресурсов. Фактически это рынок, формирующий объемы спроса и предложения, цены на ресурсы и готовую продукцию, передающий эту информацию процессной системе, которая является совокупностью процессов взаимодействия предприятия с конкретными поставщиками, подрядчиками и заказчиками.

Средовая система дает процессной системе время (T). Что заключается в формировании в анализируемом периоде времени рыночного объема предложения ресурсов каждого i -го вида, необходимых как для осуществления проекта цифровой трансформации ($MSP_i^{пт}$), так и для производства продукции в анализируемом периоде времени ($MSP_i^{пп}$), а также — в формировании рыночного объема спроса на производимую продукцию j -го вида в анализируемом периоде времени ($MDPr_j$).

В свою очередь, процессная система активизирует деятельность средовой системы,

поставляя ей определенное количество продукции, произведенной в единицу времени ($MSPr_j$), и предъявляя рыночный спрос на ресурсы как для реализации проекта ($MDP_i^{пт}$), так и для производства продукции ($MDP_i^{пп}$) также в единицу времени.

Взаимодействие рыночного спроса и предложения определяет цены на ресурсы и готовую продукцию. При этом цифровая трансформация предприятия может привести к изменению объема предлагаемой им продукции j -го вида (ΔSPr_j):

$$\Delta SPr_j = SPr_j^1 - SPr_j^0, \quad (4)$$

где SPr_j^0 — объем продукции j -го вида, реализуемой предприятием до реализации проекта цифровой трансформации; SPr_j^1 — объем продукции, реализуемой предприятием после реализации проекта цифровой трансформации.

Следовательно, рыночные цены на продукцию до реализации проекта цифровой трансформации ($ЦPr_j^0$) определяются из равенства:

$$MSPr_j = MDPr_j, \quad (5)$$

Рыночные цены на продукцию после реализации проекта цифровой трансформации ($ЦPr_j^1$) определяются из равенства:

$$MSPr_j + \Delta SPr_j + MSPr_j = MDPr_j + \Delta MDPr_j, \quad (6)$$

где $\Delta MDPr_j$ — изменение объема рыночного спроса на продукцию j -го вида после реализации проекта цифровой трансформации анализируемым предприятием; $\Delta MSPr_j$ — изменение объема рыночного предложения на продукцию j -го вида после реализации проекта цифровой трансформации анализируемым предприятием (без учета изменения объема предложения самого предприятия — ΔSPr_j).

Слагаемое $\Delta MSPr_j$ необходимо для учета последствий распространения результатов цифровой трансформации анализируемого предприятия на деятельность других предприятий.

Изменение рыночных цен на продукцию j -го вида, производимую и предлагаемую к продаже предприятием в результате реализации им проекта цифровой трансформации ($\Delta ЦPr_j$), определяется по формуле:

$$\Delta ЦPr_j = ЦPr_j^1 - ЦPr_j^0. \quad (7)$$

Изменение объема спроса предприятия на ресурсы i -го вида для производства продукции в результате реализации им проекта цифровой трансформации ($\Delta DP_i^{пт}$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta DP_i^{пт} = DP_i^{пт1} - DP_i^{пт0}, \quad (8)$$

где $DP_j^{пт0}$ — объем спроса предприятия на ресурсы для производства продукции до реализации им проекта цифровой трансформации; $DP_j^{пт1}$ — объем спроса предприятия на ресурсы для производства продукции после реализации им проекта цифровой трансформации.

В таком случае рыночные цены на ресурсы для производства продукции предприятием до реализации проекта цифровой трансформации ($ЦPr_i^{пт0}$) определяются из равенства:

$$MSP_i^{пт} = MDP_i^{пт} \quad (9)$$

Рыночные цены на ресурсы для производства продукции предприятием после реализации им проекта цифровой трансформации ($ЦPr_i^{пт1}$) определяются из равенства:

$$MSP_i^{пт} + \Delta MSP_i^{пт} = MDP_i^{пт} + \Delta DP_i^{пт} + \Delta MDP_i^{пт}, \quad (10)$$

где $\Delta MSP_i^{пт}$ — изменение объема рыночного предложения ресурсов i -го вида для производства продукции анализируемым предприятием после реализации проекта его цифровой трансформации; $\Delta MDP_i^{пт}$ — изменение объема рыночного спроса на ресурсы i -го вида для производства продукции анализируемым предприятием после реализации проекта его цифровой трансформации (без учета изменения объема спроса самого предприятия — $\Delta DP_i^{пт}$).

Изменение рыночных цен на ресурсы i -го вида, необходимые для производства продукции предприятием, в результате реализации им проекта цифровой трансформации ($\Delta ЦPr_i^{пт}$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta ЦPr_i^{пт} = ЦPr_i^{пт1} - ЦPr_i^{пт0}. \quad (11)$$

Помимо ресурсов на производство продукции предприятию необходимы ресурсы на реализацию самого проекта цифровой трансформации. Велика вероятность того, что ранее предприятие не предъявляло спрос на такие ресурсы и рассчитывать изменение цен на них не надо. Но такой подход сделает рассматриваемую модель более узкой, поэтому применим к анализу изменения цен на них такой же подход, как и примененный к анализу изменения цен на ресурсы для производства продукции. Тогда:

1. Изменение объема спроса предприятия на ресурсы i -го вида для цифровой трансформации рассчитывается по формуле:

$$\Delta DP_i^{пт} = DP_i^{пт1} - DP_i^{пт0}, \quad (12)$$

где $DP_i^{пт0}$ — объем спроса предприятия на ресурсы для цифровой трансформации до реализации этого проекта; $DP_i^{пт1}$ — объем спроса

предприятия на ресурсы для цифровой трансформации после реализации этого проекта.

2. Рыночные цены на ресурсы для реализации проекта цифровой трансформации до реализации предприятием этого проекта ($ЦР_i^{пт0}$) определяются из равенства:

$$MSP_i^{пт} = MDP_i^{пт}. \quad (13)$$

После реализации этого проекта ($ЦР_i^{пт1}$) — из равенства:

$$MSP_i^{пт} + \Delta MDP_i^{пт} = MDP_i^{пт} + \Delta DP_i^{пт} + \Delta MDP_i^{пт}. \quad (14)$$

Расшифровку обозначений слагаемых не приводим, так как она аналогична расшифровке, приведенной для формул (9) и (10).

3. Изменение рыночных цен на ресурсы, необходимые для цифровой трансформации предприятия в результате реализации им этого проекта ($\Delta ЦР_i^{пт}$), рассчитывается по формуле:

$$\Delta ЦР_i^{пт} = \Delta ЦР_i^{пт1} - \Delta ЦР_i^{пт0}. \quad (15)$$

Необходимо отметить, что показатели $\Delta СПр_j$, $\Delta DP_i^{пт}$ и $\Delta MDP_i^{пт}$ определяются в процессе взаимоотношений между проектной и процессной системами и в данной части статьи введены для того, чтобы выстроить четкую логику рассуждений.

Так как видов продукции и ресурсов может быть несколько, то все изменения объемов спроса и предложения, а также цен, должны быть рассчитаны для каждого из них.

В результате взаимодействие средовой и процессной систем позволяет определить изменение рыночных цен на продукцию предприятия ($\Delta ЦПр_j$), ресурсы для ее производства ($\Delta ЦР_i^{пт}$) и ресурсы для проведения цифровой трансформации предприятия ($\Delta ЦР_i^{пт}$) в результате реализации проекта этой трансформации.

4. Формализация взаимоотношений между проектной и процессной системами в рамках цифровой трансформации предприятия

Анализ необходимо начать с акцента на очевидном утверждении о том, что проект цифровой трансформации предприятия должен быть прибыльным. То есть разработка, внедрение, поддержка и модернизация этого проекта потребуют затрат. Но эти затраты должны принести предприятию выгоду, которая в течение определенного периода времени позволит их окупить, после чего предприятие начнет получать прибыль от реализации проекта своей цифровой трансформации. Выгода от реализации этого проекта заключается в увеличении объемов выручки предприятия и (или) сокра-

щении объема затрат на производство и реализацию продукции.

В свою очередь объемы выручки увеличиваются за счет роста объемов реализации (возможно с нуля) или (и) снижения цены на продукцию. В таком случае рост объемов реализации происходит за счет новизны продукта и (или) эффекта эластичности спроса по цене.

Процессная система дает проекту пространство для реализации (S), а именно — сеть поставок ресурсов как для самого проекта цифровой трансформации предприятия, так и для производства с учетом этого проекта продукции. А также — сеть реализации этой продукции.

Результат предоставления данного пространства процессной системой проекту заключается в изменении выручки от реализации j -го вида продукции ($\Delta B_{птj}^n$) анализируемого предприятия в период времени n в результате реализации проекта его цифровой трансформации:

$$\Delta B_{птj}^n = \Delta СПр_j^n \times \Delta ЦПр_j^n, \quad (16)$$

где $\Delta СПр_j^n$ — изменение в результате реализации проекта цифровой трансформации объема предлагаемой предприятием продукции j -го вида в период времени n (см. формулу (4)) — для упрощения формул считаем, что вся она будет реализована; $\Delta ЦПр_j^n$ — изменение в результате реализации проекта цифровой трансформации рыночных цен на продукцию j -го вида, производимую и предлагаемую к продаже предприятием в период времени n (см. формулу (7)).

В том случае, если значение одного из показателей $\Delta СПр_j^n$ или $\Delta ЦПр_j^n$ равно нулю, значение второго показателя в формуле (16) берется на уровне до внедрения предприятием проекта цифровой трансформации, т. е. $СПр_j^0$ или $ЦР_j^{пт0}$. В таком случае показатель ($\Delta B_{птj}^n$) будет отражать изменение выручки предприятия от реализации j -го вида продукции в период времени n либо в результате изменения объемов его реализации, либо в результате изменения его цены под влиянием реализации проекта цифровой трансформации предприятия.

Если же оба показателя $\Delta СПр_j^n$ и $\Delta ЦПр_j^n$ равны нулю, то изменение выручки предприятия в результате действия проекта цифровой трансформации также будет равно нулю ($\Delta B_{птj}^n = 0$).

В том случае, если выручка будет меняться по нескольким видам продукции, необходимо объединить изменение выручки по k -видам продукции в единый показатель изменения общей выручки в период времени n ($\Delta B_{птj}^n = 0$):

$$\Delta BO_{\text{цт}}^n = \sum_{j=1}^k \Delta B_{\text{цт}j}^n, \quad (17)$$

Интенсификация использования предоставляемого пространства (I) проистекает из условия платности его предоставления — как сами ресурсы, так и деятельность процессной системы являются платными. Следовательно, интенсификация использования пространства заключается в повышении эффективности использования ресурсов, что в финансовом виде выражается в изменении себестоимости продукции предприятия под влиянием реализации проекта его цифровой трансформации.

Фактически процессная система является посредником между проектом и частью среды (покупателями и продавцами ресурсов и продукции), а еще точнее, между объектом и частью среды, через проектное изменение его деятельности с помощью посреднической процессной системы, что является диагональным рычагом воздействия (Карпова, 2016).

В связи с платностью действия посреднической процессной системы затраты, учитываемые при моделировании механизмов цифровой трансформации предприятий, необходимо классифицировать на три вида:

1. Затраты на осуществление процесса цифровой трансформации (затраты на ресурсы) в период времени n по i -му виду ресурса — $Z_{\text{цт}i}^n$;

$$Z_{\text{цт}i}^n = (\Delta DP_i^{\text{цт}})^n \times (\Delta ЦР_i^{\text{цт}})^n, \quad (18)$$

где $(\Delta DP_i^{\text{цт}})^n$ — изменение в результате реализации проекта цифровой трансформации спроса на ресурсы i -го вида для цифровой трансформации предприятия в период времени n (см. формулу (14)); $(\Delta ЦР_i^{\text{цт}})^n$ — изменение в результате реализации проекта цифровой трансформации рыночных цен на ресурсы i -го вида, производимые и предлагаемые к продаже предприятием в период времени n (см. формулу (15)).

Так как для реализации проекта цифровой трансформации может быть использовано h видов ресурсов, необходимо рассчитать общую сумму затрат на реализацию проекта цифровой трансформации предприятия в период времени n ($OZ_{\text{цт}}^n$):

$$OZ_{\text{цт}}^n = \sum_{i=1}^h Z_{\text{цт}i}^n, \quad (19)$$

2. Затраты на функционирование процессной системы, а именно:

— изменение затрат на реализацию j -го вида продукции в период времени n в резуль-

тате осуществления проекта цифровой трансформации предприятия ($\Delta OZ_{\text{реал}j}^n$):

$$\Delta OZ_{\text{реал}j}^n = \Delta СПр_j^n \times \Delta Z_{\text{ред}j}^n, \quad (20)$$

где $\Delta Z_{\text{ред}j}^n$ — изменение затрат на процесс реализации одной единицы j -го вида продукции в период времени n .

Так как количество видов продукции k , то общая сумма затрат на процесс их реализации в период времени n ($\Delta Z_{\text{реал}}^n$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta Z_{\text{реал}}^n = \sum_{j=1}^k \Delta Z_{\text{реал}j}^n, \quad (21)$$

— изменение затрат на закупку i -го вида ресурса для производства продукции j -го вида в период времени n в результате осуществления проекта цифровой трансформации предприятия ($\Delta Z_{\text{рп}pi}^n$):

$$\Delta Z_{\text{рп}pi}^n = (\Delta DP_i^{\text{рп}})^n \times \Delta Z_{\text{рп}pi}^n, \quad (22)$$

где $(\Delta DP_i^{\text{рп}})^n$ — изменение спроса предприятия на i -й вид ресурсов для производства продукции в период времени n ; $\Delta Z_{\text{рп}pi}^n$ — изменение затрат на процесс закупки одной единицы i -го вида ресурса для производства продукции в период времени n .

Так как количество видов продукции k , а ресурсов h , то изменение общей суммы затрат на процесс их закупки в период времени n ($\Delta Z_{\text{рп}p}^n$) в результате реализации проекта цифровой трансформации предприятия рассчитывается по формуле:

$$\Delta Z_{\text{рп}p}^n = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^h \Delta Z_{\text{рп}pi}^n, \quad (23)$$

— изменение затрат на закупку i -го вида ресурса для реализации проекта цифровой трансформации в период времени n в результате осуществления проекта цифровой трансформации предприятия ($\Delta Z_{\text{рцт}i}^n$):

$$\Delta Z_{\text{рцт}i}^n = (\Delta DP_i^{\text{рцт}})^n \times \Delta Z_{\text{рцт}i}^n, \quad (24)$$

где $(\Delta DP_i^{\text{рцт}})^n$ — изменение спроса предприятия на i -й вид ресурсов для цифровой трансформации в период времени n ; $\Delta Z_{\text{рцт}i}^n$ — изменение затрат на процесс закупки одной единицы i -го вида ресурса для цифровой трансформации в период времени n .

Так как количество видов ресурсов h , то общая сумма затрат на процесс их закупки в период времени n ($\Delta Z_{\text{рцт}}^n$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta Z_{\text{рцт}}^n = \sum_{i=1}^h \Delta Z_{\text{рцт}i}^n, \quad (25)$$

Необходимо отметить, что аналогично формуле (16) в формулах (18), (20), (22), (24) при значении одного из множителей, равно нулю, значение второго множителя берется на уровне до внедрения предприятием проекта цифровой трансформации. Если значения двух множителей равны нулю, то и значение произведения тоже равно нулю.

Таким образом, изменение общего объема затрат предприятия на его взаимодействие с процессной системой в результате реализации проекта цифровой трансформации в период времени n ($\Delta Z_{\text{проц}}^n$) будет рассчитываться по формуле:

$$\Delta Z_{\text{проц}}^n = \Delta Z_{\text{реал}}^n + \Delta Z_{\text{рпр}}^n + \Delta Z_{\text{рцт}}^n, \quad (26)$$

3. Изменение затрат i -го вида ресурсов на производство j -го вида продукции в результате реализации проекта цифровой трансформации в период времени n ($\Delta Z_{\text{пр}i}^n$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta Z_{\text{пр}i}^n = (\Delta DP_i^{\text{пр}})^n \times (\Delta ЦР_i^{\text{пр}})^n, \quad (27)$$

где $(\Delta DP_i^{\text{пр}})^n$ — изменение спроса предприятия на i -й вид ресурсов для производства j -го вида продукции в период времени n ; $(\Delta ЦР_i^{\text{пр}})^n$ — изменение цены на i -й вид ресурса для производства j -го вида продукции в период времени n .

Так как количество видов продукции k , а ресурсов h , то изменение общей суммы затрат на ресурсы для производства продукции в период времени n ($\Delta Z_{\text{прод}}^n$) в результате реализации проекта цифровой трансформации предприятия рассчитывается по формуле:

$$\Delta Z_{\text{прод}}^n = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^h \Delta Z_{\text{пр}i}^n \quad (28)$$

Определим экономическую эффективность проекта цифровой трансформации предприятия. Для этого рассчитаем изменение финансовых потоков от реализации предприятием продукции в период времени n ($\Phi\Pi_n$), произошедшее в результате реализации им проекта цифровой трансформации — формула (29):

$$\Phi\Pi_n = \Delta BO_{\text{цт}}^n - \Delta Z_{\text{реал}}^n - \Delta Z_{\text{прод}}^n - \Delta Z_{\text{рпр}}^n, \quad (29)$$

где $\Delta BO_{\text{цт}}^n$ — изменение выручки предприятия (формула (17)); $\Delta Z_{\text{реал}}^n$ — изменение затрат на реализацию продукции предприятия (формула (21)); $\Delta Z_{\text{прод}}^n$ — изменение затрат на ресурсы для производства продукции предприятием (формула (28)); $\Delta Z_{\text{рпр}}^n$ — изменение затрат на закупку ресурсов для производства продукции предприятием (формула (23)).

Так как денежные потоки распределены во времени, их необходимо дисконтировать:

$$\Phi\Pi_{\text{д}} = \sum_{n=1}^m \frac{\Phi\Pi_n}{(1+r)^n} \quad (30)$$

где $\Phi\Pi_{\text{д}}$ — дисконтированная величина изменения денежных потоков от производства и реализации продукции предприятия в результате осуществления проекта его цифровой трансформации; n — временной период поступления финансового потока; m — общее количество временных периодов поступления финансовых потоков; r — ставка дисконтирования.

Сумма инвестиций, связанная с проектом реализации цифровой трансформации предприятия в период времени n (I_n), рассчитывается по формуле:

$$I_n = OZ_{\text{цт}}^n + \Delta Z_{\text{рцт}}^n. \quad (31)$$

Эти инвестиционные потоки будут также распределены во времени, следовательно, также должны быть дисконтированы (32):

$$I_{\text{д}} = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+r)^n}, \quad (32)$$

где $I_{\text{д}}$ — дисконтированная величина инвестиционных потоков для финансирования проекта цифровой трансформации предприятия.

Переход к формулам (30) и (32) позволяет рассчитать такие показатели эффективности проекта, как NPV и PI :

$$NPV = \Phi\Pi_{\text{д}} - I_{\text{д}} \quad (33)$$

$$PI = \frac{\Phi\Pi_{\text{д}}}{I_{\text{д}}} \quad (34)$$

Использование показателей (33) и (34) позволяет не только оценить эффективность проекта цифровой трансформации предприятия, но и описать последний вид взаимодействий в рамках экономической тетрады Г.Б. Клейнера — взаимодействие между проектной и объектной системами.

5. Формализация взаимоотношений между проектной и объектной системами в рамках цифровой трансформации предприятия

Объектная система предоставляет время (T) для реализации проекта. Фактически это время выражается в финансировании. Так как прекращение финансирования означает прекращение реализации проекта — т. е. сокращение времени его оставшегося функционирования до нуля, то реализация финансируется за счет собственных, заемных и привлеченных объектов средств, что описано выше формулами (2) и (3).

Взамен проект привносит в существование объекта активность (A) — т. е. возможность использовать время эффективно. Эффективность использования времени означает возможность получать в единицу времени такую прибыль (π), которая позволит всем поставщикам финансовых ресурсов для финансирования проекта получить достойный доход.

Исходя из последнего утверждения, не следует рассматривать предоставление проекту времени исключительно как предоставление для его финансирования собственных, заемных и привлеченных средств. Такой подход является односторонним и показывает, что время существования проекта зависит лишь от внешних вкладчиков. Но в реальности это не так. Время существования проекта зависит и от того, насколько прибыльным он является, в том числе, насколько эта прибыль устраивает участников проекта и насколько они готовы его финансировать (не покидать проект, не забирать вложенные в него ресурсы и т. п.). Следовательно, объект будет предоставлять проекту время при выполнении условия :

$$IRR > ЦФ, \quad (35)$$

где IRR — внутренняя норма рентабельности проекта, значение ЦФ определяется по формуле (2).

Также обязательными условиями являются $NPV > 0$ и то, что средства, вложенные инвесторами в осуществление проекта, должны вернуться в их распоряжение в приемлемый период времени, что определяется сравнением потоков NPV и $СФ_d$ (формула (3)). То есть определяется приемлемость периода времени T , по истечении которого будет выполнено условие:

$$NPV > СФ_d. \quad (36)$$

Объяснение этому условию следующее. Средства, вложенные инвесторами, по сути станут активами компании. T — это период времени, за который инвесторы смогут получить от реализации проекта прибыль, равную их инвестициям, без реализации своей доли активов в данном предприятии.

Все вышеуказанное позволяет на основе ресурсной теории системной организации экономических систем Г.Б. Клейнера и модели Е.Г. Карповой, представленной на рис. 2, сформировать детальную модель цифровой трансформации предприятия, которая не только позволит отследить все связи проекта трансформации с объектом, процессами и средой, но и определить необходимость внедрения проекта цифровой трансформации исходя из параме-

тров его окупаемости. Данная модель включает в себя все уравнения (1) — (36) и может быть представлена в виде следующей схемы (рис. 3).

Представленная на рисунке 3 модель может быть использована для оценки последствий цифровой трансформации на разных уровнях — как на уровне отдельного предприятия, так и на уровне группы предприятий, секторов экономики. Модель может быть усложнена и дополнена другими компонентами, например, при ее применении на уровне региона возможно дополнение предлагаемой модели балансовой моделью движения финансовых потоков (Наумов, 2018). Для оценки последствий цифровой трансформации региональных проектов возможно дополнение предлагаемой модели системой территориальных счетов (Захарчук, Пасынков, 2018). Модель может быть использована не только для оценки последствий трансформации коммерческих предприятий, но и (при применении других показателей оценки эффективности) для оценки цифровой необходимости и последствий трансформации социально ориентированных проектов (Попов и др., 2019), проектов пространственного развития, основанных на взаимодействии экономик регионов (Петров, Урушина, 2018).

Необходимо отметить, что взаимодействия среды и объекта, среды и процессов, объекта и проекта, проекта и процессов, также как и изменения во времени и экономическом пространстве, будут генерировать мультипликативные эффекты (взаимодействие мультипликатора и акселератора инвестиций), смещающие траекторию процесса цифровой трансформации предприятия, изменяющие среду, структуру и динамику процессов и, как следствие, оказывающие непосредственное влияние на планы объекта по собственному развитию, включая его цифровую трансформацию. Структура и динамика процесса взаимодействия мультипликатора и акселератора инвестиций более подробно рассмотрены в предыдущих работах авторов (Еремин, 2015; Еремин, 2014; Сильвестров и др., 2018).

Выводы

В результате проведенных в данной работе исследований были получены следующие результаты:

1. На основе анализа научной литературы сделан вывод о том, что существующие научные исследования в области цифровой трансформации предприятия, несмотря на их многоаспектность, охватывают цифровую транс-

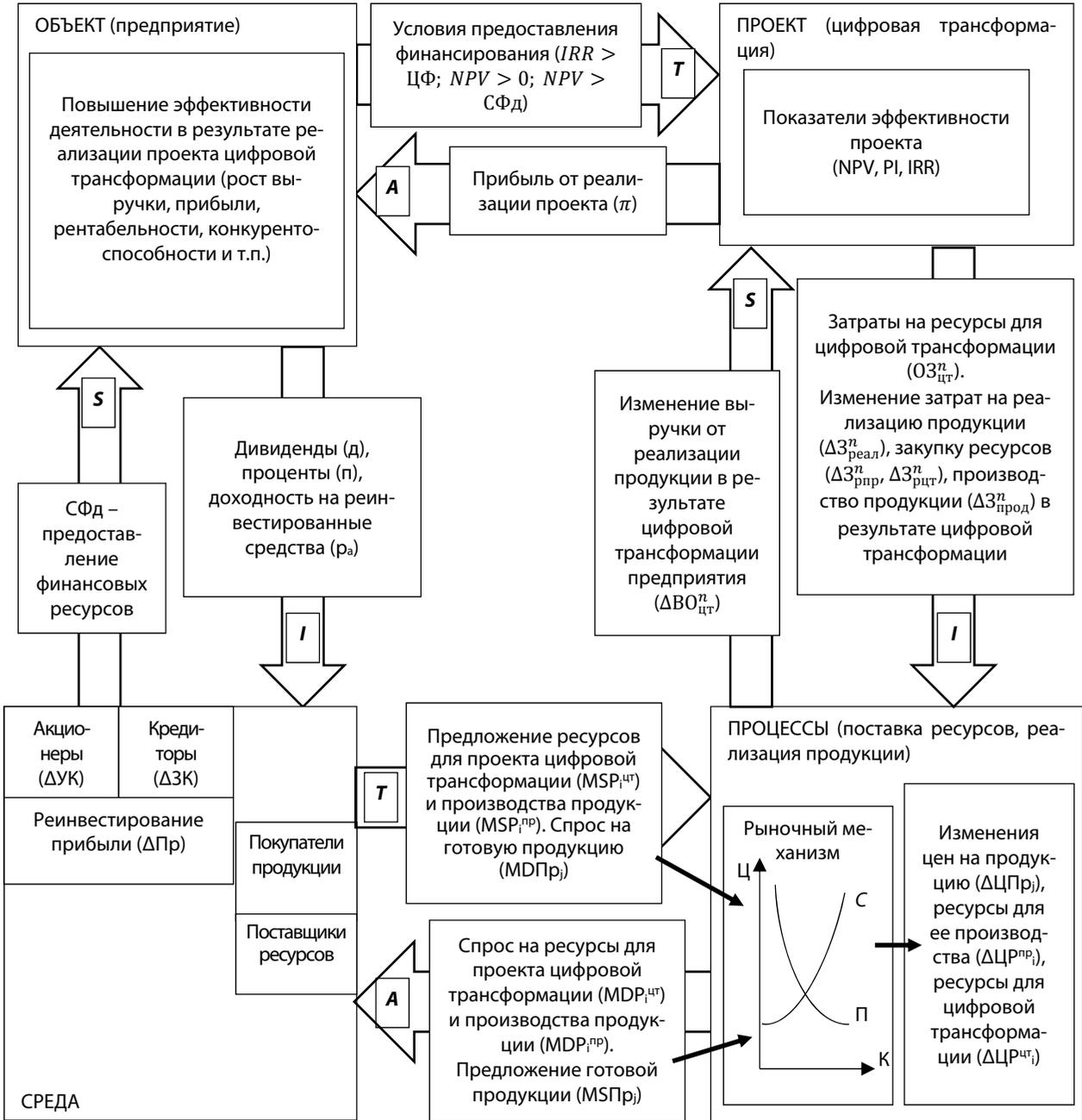


Рис. 3. Детализация тетрады Г. Б. Клейнера путем усложнения модели Е. Г. Карповой в целях моделирования последствий цифровой трансформации предприятия

формацию фрагментарно, не выстраивая единую модель системы изменений, которые она повлечет во внутренней и внешней средах предприятия, в динамике рыночной конъюнктуры и процессах распределения ресурсов и готовой продукции.

2. В настоящей работе обоснованы возможность и адекватность описания цифровой трансформации предприятия в ее широком смысле — как совокупности взаимодействий проектной, процессной, средовой и объектной систем на основе тетрады Г. Б. Клейнера, расширенной Е. Г. Карповой.

3. Предложена модель, позволяющая с достаточно высокой степенью детализации описывать изменения ресурсных потоков объекта, проекта, среды и процессов тетрады Г.Б. Клейнера в результате цифровой трансформации предприятия.

4. В модель цифровой трансформации предприятия предложено встроить действие механизма рыночной конкуренции, обеспечивающего взаимодействия между средовой и процессной системами тетрады Г.Б. Клейнера.

5. Предложенная модель позволяет учитывать порождаемые цифровой трансформацией

изменения в пространстве, происходящие в результате изменения динамики финансовых потоков, а также изменения во времени, выражаемые через дисконтирование этих потоков.

Сформированную модель предлагается использовать для создания универсальных и практически ориентированных моделей цифровой трансформации предприятий лю-

бых сфер деятельности (торговля, банки, промышленное производство и сфера услуг). Расширенные модели позволят упростить их переход к цифровой трансформации, включая применение сценарного анализа, повысят предсказуемость результатов и в итоге снизят риски цифровой трансформации.

Благодарность

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансовому университету.

Список источников

Авдошин С. М., Ананьин В. И., Песоцкая Е. Ю., Чернов А. В. Управление информатизацией предприятия с использованием архитектурных подходов. Книга 1. Формирование и оценка архитектуры предприятия. — М.: Изд-во АСИТЭКС, 2018. — 468 с.

Бауэр В. П., Подвойский Г. Л., Котова Н. Е. Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства // Мир новой экономики. — 2018. — № 12(2). — С. 78–89.

Бауэр В. П., Побываев С. А., Сильвестров С. Н. Блокчейн как дополненная реальность: от гипотезы к основам теории и практики // Экономическая наука современной России. — 2018. — № 1. — С. 20–32.

Бойко И. П., Евневич М. А., Колышкин А. В. Экономика предприятия в цифровую эпоху // Российское предпринимательство. — 2017. — Т. 18. — № 7. — С. 1127–1136.

Вайл П., Ворнер С. Цифровая трансформация бизнеса. Изменение бизнес-модели для организации нового поколения: пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2019. — 257 с.

Володько Л. П., Володько О. В. Цифровая трансформация: возможности и последствия // Сб. научн. ст. девятой междунар. научно-практ. конф. «Банковская система: устойчивость и перспективы развития» (Пинск, 25–26 октября 2018 г.). — Пинск: Полесский гос. ун-т, 2018. — С. 328–332.

Гасман О., Франкенбергер К., Шик М. Бизнес-модели. 55 лучших шаблонов — М.: Альпина, 2016. — 432 с.

Гончаров А. С., Саклаков В. М. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. 24–26.

Добрынин А. П., Черных К. Ю., Куприяновский В. П., Куприяновский П. В., Синягов С. А. Цифровая экономика — различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и других) // International Journal of Open Information Technologies. — 2016. — Vol. 4. — No. 1. — P. 4–11.

Дятлов С. А., Лобанов О. С., Гильманов Д. В. Цифровая нейросетевая экономика: институты и технологии развития: монография — СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2018. — 325 с.

Еремин В. В. Математический анализ мультипликатора автономных расходов в статистике и динамике: монография. — Уфа: Издательство «Аэтерна», 2015. — 130 с.

Еремин В. В. Влияние изменения склонности к предпочтению ликвидности на мультипликативные эффекты в статичной модели Хикса-Хансена // Экономика. Предпринимательство. Окружающая среда. — 2014. — № 2(58). — С. 19–22.

Захарчук Е. А., Пасынков А. Ф. Оценка финансовой устойчивости территорий на основе показателей системы территориальных счетов // Журнал экономической теории. — 2018. — Т. 15. — № 1. — С. 57–65.

Ильин В. Д. Технология назначенных платежей в среде цифровых двойников // Системы и средства информатики. — 2018. — Т. 28. — № 3. — С. 227–235.

Ильин А. В., Ильин В. Д. Информатизация экономического механизма. — М.: ИПИ РАН, 2015. — 130 с.

Ильина И. М. Моделирование бизнес-архитектуры цифрового предприятия // Конвергенция цифровых и материальных миров: экономика, технологии, образование : сб. науч. статей Международной научно-практической конференции, 21–22 июня 2018 г., Санкт-Петербург. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского гос. экономического ун-та, 2018. — С. 106–117.

Йоффе Д., Кусумано М. Искусство стратегии. Уроки Билла Гейтса, Энди Гроува и Стива Джобса. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 240 с.

Карпова Е. Г. Модель финансового обеспечения инновационного проекта в теории экономических систем // Экономика и предпринимательство. — 2016. — № 3–2(68). — С. 841–848.

Карпова Е. Г. Проблемы взаимодействия организаций при реализации инновационного проекта в теории экономических систем // Экономика и предпринимательство. — 2017. — № 7. — С. 692–700.

Клейнер Г. Б. Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. — 2011. — Т. 9. — № 3. — С. 3–28.

Клейнер Г. Б. Новая теория экономических систем и ее приложения // Вестник РАН. — 2011. — № 9. — С. 794–808.

- Клейнер Г. Б. Системная парадигма и экономическая политика // *Общественные науки и современность*. — 2007. — № 3. — С. 99–114.
- Клейнер Г. Б. Системная парадигма и системный менеджмент // *Российский журнал менеджмента*. — 2008. — № 6 (3). — С. 37–50.
- Крылатков П. П., Минеева Т. А. Информационное пространство машиностроительного предприятия // *Известия Уральского государственного экономического университета*. — 2018. — Т. 20. — № 5. — С. 117–129.
- Куликов Г. Г., Ризванов К. А., Петров Ю. Е. Системный подход к построению структуры организационно-функциональной модели цифрового моделирования производственных процессов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. — 2018. — Т. 18. — № 2. — С. 60–70.
- Куприяновский В. П. и др. Целостная модель трансформации в цифровой экономике — как стать цифровыми лидерами // *International Journal of Open Information Technologies*. — 2017. — Т. 5. — No. 1. — P. 26–33.
- Линц Г., Мюллер-Стивенс Г., Циммерман А. Радикальное изменение бизнес-модели. Адаптация к выживанию в конкурентной среде: пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2019. — 410 с.
- Наумов И. В. Сценарное проектирование процессов движения финансовых потоков между банковским и институциональными секторами в региональной системе // *Журнал экономической теории*. — 2018. — Т. 15. — № 4. — С. 621–632.
- Остервальдер А. Построение бизнес-моделей. — М.: Альпина, 2011. — 288 с.
- Паркер Дж., Альстин М., Чаудари С. Революция платформ. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. — 440 с.
- Петров М. Б., Курушина Е. В. Методология управления пространственным развитием на основе межрегиональной интеграции // *Журнал экономической теории*. — 2018. — Т. 15. — № 4. — С. 592–606.
- Плотников В. А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. — 2018. — № 4(112). — С. 16–24.
- Попкова Е. Г., Морозова И. А., Позднякова У. А. Модернизация экономики России с помощью построения индустрии 4.0: проблемы, тенденции, перспективы // *Известия ВолгГТУ*. — 2018. — № 6 (216). — С. 23–27.
- Попов Е. В., Веретенникова А. Ю., Сафронова А. А. Оценка социально-инновационных проектов региона // *Журнал экономической теории*. — 2019. — Т. 16. — № 1. — С. 12–21.
- Сильвестров С. Н., Бауэр В. П., Еремин В. В. Оценка зависимости мультипликатора инвестиций от изменения структуры экономики региона // *Экономика региона*. — 2018. — Т. 14. — № 4. — С. 1463–1476.
- Смирнов Ю. Н. О цифровых платформах совершенствования деятельности промышленных предприятий // *Развитие цифровой экономики как одно из приоритетных направлений «Стратегии-2030» Республики Татарстан: сб.* — Казань, 2018.
- Стародубцева Е. Б., Маркова О. М. Цифровая трансформация мировой экономики // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*. — 2018. — № 2. — С. 7–15.
- Тапскотт Д., Уильямс Э. Викиномика. Как массовое сотрудничество изменяет все. — СПб.: Бест Бизнес Букс, 2009. — 392 с.
- Ферр Н., Даер Дж., Кристенсен К. Создавая инновации. — М.: Эксмо, 2017. — 340 с.
- Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции / предисл. С. Наделла; пер. с англ. К. Ахметова и др. — М.: Бомбора, 2018. — 317 с.
- Muegge S. Platforms, communities and business ecosystems: Lessons learned about technology entrepreneurship in an interconnected world // *Technology Innovation Management Review*. — 2013. — Vol. 3. — No. 2. — P. 5–15.
- Simon Ph. The age of the platform: How Amazon, Apple, Facebook, and Google have redefined business. — New York: Motion Publishing, 2011.

Информация об авторах

Бауэр Владимир Петрович — доктор экономических наук, директор Центра стратегического планирования и прогнозирования, Институт экономической политики и проблем экономической безопасности Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Москва, Российская Федерация; e-mail: bvp09@mail.ru).

Еремин Владимир Владимирович — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Центра мониторинга и оценки экономической безопасности, Институт экономической политики и проблем экономической безопасности Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Москва, Российская Федерация; e-mail: villy.eremin@gmail.com).

Сильвестров Сергей Николаевич — доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист РФ, директор Института экономической политики и проблем экономической безопасности Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Москва, Российская Федерация; e-mail: silvestrsn@gmail.com).

Смирнов Владимир Васильевич — младший научный сотрудник Центра стратегического прогнозирования и планирования, Институт экономической политики и проблем экономической безопасности Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Москва, Российская Федерация; e-mail: Vladimir.Smirnov.fsg@gmail.com).

For citation: Bauer, V. P., Eremin, V. V., Silvestrov, S. N., & Smirnov, V. V. (2019). Economic Modeling of Digital Transformation Processes. *Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii* [Russian Journal of Economic Theory], 16(3), 428-443

Bauer V. P., Eremin V. V., Silvestrov S. N., Smirnov V. V.

Economic Modeling of Digital Transformation Processes

The aim of the study is to build a model of digital transformation of the enterprise, including the interrelationships of the digital transformation project with the external and internal environments of the enterprise, the market pricing mechanism, resource allocation processes and finished products. The basis for the development of the model comprises well-known approaches to the digital transformation of an enterprise and the hypothesis that the resource theory of the system organization of the economy is G. B. Kleiner is the most suitable core for the formation of this model.

In this paper, well-known resource models are supplemented by factors that take into account the impact of the digital transformation of an enterprise on changes in the cost of resources, finished products, and the dynamics and structure of financial flows of an enterprise.

In the future, it is planned to apply the developed model to create universal models of digital transformation of enterprises with different sectoral and regional specifics, allowing to evaluate the impact of digital transformation on the financial performance of enterprises. The developed model can also be applied to the assessment of feasibility and validity of digital transformation of social projects, regional development projects, as well as projects of interregional cooperation, in which the set of financial indicators will be expanded to reflect the specifics of the subject area.

The authors believe that the model of digital transformation of the enterprise presented in the article can be used for these purposes as a basic one.

Keywords: G. B. Kleiner's resource theory, economic systems, theory of economic systems, digitalization, digital transformation of an enterprise, financial flows, financial indicators

Acknowledgements

The article has been prepared on the basis of the results of studies carried out at the expense of budgetary funds under the state task of the Financial University.

References

- Avdoshin, S. M., Anan'in, V. I., Pesotskaya, E. Yu., & Chernov, A. V. (2018). *Upravlenie-informatizaciej predpriyatiya s ispolzovaniem arhitekturnyh podhodov. Kniga 1. Formirovanie i ocenka arhitektury predpriyatiya* [Management of enterprise information using architectural approaches. Book 1. Formation and evaluation of enterprise architecture]. Moscow, Russia: ASITEKS Publ., 468. (In Russ.)
- Bauer, V. P., Podvoyskiy, G. L., & Kotova, N. E. (2018). Strategii adaptacii kompanij SShA k cifrovizacii sfer proizvodstva [Adaptation strategies for US companies to digitize production areas]. *Mir novoy ekonomiki* [World of New Economy], 12(2), 78–89. (In Russ.)
- Bauer, V. P., Pobyvaev, S. A., & Sil'vestrov, S. N. (2018). Blokchejn kak dopolnennaya realnost: ot gipotezy k osnovam teorii i praktiki [Blockchain as an augmented reality: from hypothesis to the basics of theory and practice]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii* [Economics of Contemporary Russia], 1, 20–32. (In Russ.)
- Boyko, I. P., Evnevich, M. A., & Kolyshkin, A. V. (2017). Ekonomika predpriyatiya v cifrovuyu epohu [Enterprise economy in the digital age]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian Entrepreneurship], 18(7), 1127–1136. (In Russ.)
- Vayl, P., & Verner, S. (2019). *Cifrovaya transformaciya biznesa. Izmenenie biznes modeli dlya organizacii novogo pokoleniya* [Digital Business Transformation. Changing the Business Model for the Organization of a New Generation]. Moscow, Russia: Alpina Publ., 257. (In Russ.)
- Volod'ko, L. P., & Volod'ko, O. V. (2018). Cifrovaya transformaciya: vozmozhnosti i posledstviya [Digital Transformation: Opportunities and Consequences]. In *Collection of scientific articles of the 9th International Research to Practice Conference "Banking System: Sustainability and Development Prospects"* (pp. 328–332). Pinsk, Belarus: Polesye State University. (In Russ.)
- Gassmann, O., Frankenberger, K., & Csik, M. (2016). *Biznes modeli. 55-luchshih shablonov* [Business models. Best 55 patterns]. Moscow, Russia: Alpina, 432. (In Russ.)
- Goncharov, A. S., & Saklakov, V. M. (2018). Cifrovoy dvojniki: obzor sushchestvuyushchih reshenij i perspektivy razvitiya tekhnologii. [Digital twin: a review of existing solutions and prospects for the development of technology]. In *Informatsionno-telekommunikatsionnye sistemy i tekhnologii. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Information and telecommunication systems and technologies. Materials of the All-Russian research to practice conference] (pp. 24–26). (In Russ.)
- Dobrynin, A. P., Chernykh, K. Yu., Kupriyanovskiy, V. P., Kupriyanovskiy, P. V., & Sinyagov, S. A. (2016). Cifrovaya ekonomika — razlichnye puti k effektivnomu primeneniyu tekhnologij (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA i drugie) [Digital economy — various ways to efficiently apply technologies (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA, and others)]. *International Journal of Open Information Technologies*, 4(1), 4–11. (In Russ.)

Dyatlov, S. A., Lobanov, O. S., & Gil'manov, D. V. (2018). *Cifrovaya nejrosetevaya ekonomika: instituty i tekhnologii razvitiya: monografiya* [Digital neural network economics: development institutions and technologies: a monograph]. St. Petersburg, Russia: SPbGEU Publ., 325. (In Russ.)

Eremin, V. V. (2015). *Matematicheskij analiz multiplikatora avtonomnyh raskhodov v statistike i dinamike: monografiya* [Mathematical analysis of the multiplier of autonomous costs in statistics and dynamics: monograph]. Ufa, Russia: "Aeterna", 130. (In Russ.)

Eremin, V. V. (2014). Vliyanie izmeneniya sklonnosti k predpochteniyu likvidnosti na multiplikativnye efekty v statichnoj modeli Hiksa-Hansena [The effect of the change in the propensity to liquidity preference on multiplicative effects in the static Hicks-Hansen model]. *Ekonomika. Predprinimatel'stvo. Okruzhayushchaya sreda*. [Economy. Entrepreneurship. Environment], 2(58), 19–22. (In Russ.)

Zaharchuk, E. A., & Pasyukov, A. F. (2018). Ocenka finansovoy ustojchivosti territorij na osnove pokazatelej sistemy territorialnyh schetov [Assessment of the financial sustainability of territories based on indicators of the system of territorial accounts]. *Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii* [Russian Journal of Economic Theory], 15(1), 57–65. (In Russ.)

Il'in, V. D. (2018). Tekhnologiya naznachennyh platezhej v srede cifrovyyh dvojnikov [Technology assigned payments in the environment of digital twins]. *Sistemy i sredstva informatiki* [Systems and means of informatics], 28(3), 227–235. (In Russ.)

Il'in, A. V., & Il'in, V. D. (2015). *Informatizatsiya ekonomicheskogo mekhanizma* [Informatization of the economic mechanism]. Moscow, Russia: IPI RAS, 130. (In Russ.)

Il'ina, I. M. (2018). Modelirovanie biznes-arhitektury cifrovogo predpriyatiya [Modeling the business architecture of a digital enterprise]. In *Konvergentsiya tsifrovyykh i material'nykh mirov: ekonomika, tekhnologii, obrazovanie* [Convergence of Digital and Material Worlds: Economics, Technology, Education] (pp. 106–117). (In Russ.)

Yoffie, D., & Cusumano, M. (2016). *Iskusstvo strategii: uroki Billa Gejtsa, Endi Grouva i Stiva Dzhobsa* [Strategy rules: Five timeless lessons from Bill Gates, Andy Grove and Steve Jobs]. Moscow, Russia: Mann, Ivanov i Ferber, 240. (In Russ.)

Karpova, E. G. (2016). Model finansovogo obespecheniya innovacionnogo proekta v teorii ekonomicheskikh sistem [Model of financial support for an innovative project in the theory of economic systems]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 3–2(68), 841–848. (In Russ.)

Karpova, E. G. (2017). Problemy vzaimodejstviya organizacij pri realizacii innovacionnogo proekta v teorii ekonomicheskikh sistem [Problems of interaction of organizations in the implementation of an innovative project in the theory of economic systems]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 7, 692–700. (In Russ.)

Kleyner, G. B. (2011). Resursnaya teoriya sistemnoj organizacii ekonomiki [Resource theory of the system organization of the economy]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta* [Russian Journal of Management], 9(3), 3–28. (In Russ.)

Kleyner, G. B. (2011). Novaya teoriya ekonomicheskikh sistem i ee prilozheniya [The new theory of economic systems and its applications]. *Vestnik RAN* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], 9, 794–808. (In Russ.)

Kleyner, G. B. (2007). Sistemnaya paradigma i ekonomicheskaya politika [Systemic paradigm and economic policy]. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'* [Social sciences and modernity], 3, 99–114. (In Russ.)

Kleyner, G. B. (2008). Sistemnaya paradigma i sistemnyj menedzhment [System paradigm and system management]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta* [Russian Journal of Management], 6(3), 37–50. (In Russ.)

Krylatkov, P. P., & Mineeva, T. A. (2018). Informacionnoe prostranstvo mashinostroitel'nogo predpriyatiya [Information space of a machine-building enterprise]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Journal of the Ural State University of Economics], 20(5), 117–129. (In Russ.)

Kulikov, G. G., Rizvanov, K. A., & Petrov, Yu. E. (2018). Sistemnyj podhod k postroeniyu struktury organizacionno-funkcionalnoj modeli cifrovogo modelirovaniya proizvodstvennyh processov [System approach to the construction of the structure of the organizational-functional model of digital modeling of production processes]. *Vestnik YuUrGU. Seriya "Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika"* [Series "Computer technology, management, electronics"], 18(2), 60–70. (In Russ.)

Kupriyanovskiy, V. P. et al. (2017). Celostnaya model transformacii v cifrovoj ekonomike — kak stat cifrovymi liderami [Holistic model of transformation in digital economy — how to become digital leaders]. *International Journal of Open Information Technologies*, 5(1), 26–33. (In Russ.)

Lints, G., Myuller-Stivens, G., & Tsimmerman, A. (2019). *Radikalnoe izmenenie biznes modeli. Adaptatsiya k vyzhivaniyu v konkurentnoj srede* [Radical change in a business model. Adaptation to survival in a competitive environment]. Moscow, Russia: Alpina Publ., 410. (In Russ.)

Naumov, I. V. (2018). Scenarnoe proektirovanie processov dvizheniya finansovyh potokov mezhdu bankovskim i institucionalnymi sektorami v regionalnoj sisteme [Scenario design of the processes of movement of financial flows between the banking and institutional sectors in the regional system]. *Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii* [Russian Journal of Economic Theory], 15(4), 621–632. (In Russ.)

Osterwalder, A. (2011). *Postroenie biznes modelej* [Business model generation]. Moscow, Russia: Al'pina, 288. (In Russ.)

Parker, G., Alstain, M., & Choudary, S. (2017). *Revoluciya platform* [Platform revolution]. Moscow, Russia: Mann, Ivanov i Ferber, 440. (In Russ.)

Petrov, M. B., & Kurushina, E. V. (2018). Metodologiya upravleniya prostranstvennym razvitiem na osnove mezhregionalnoj integracii [Methodology of managing spatial development based on interregional integration]. *Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii* [Russian Journal of Economic Theory], 15(4), 592–606. (In Russ.)

- Plotnikov, V. A. (2018). Cifrovizaciya proizvodstva: teoreticheskaya sushchnost i perspektivy razvitiya v rossijskoj ekonomike [Digitalization of production: theoretical nature and development prospects in the Russian economy]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Journal of the St. Petersburg State University of Economics]*, 4(112), 16–24. (In Russ.)
- Popkova, E. G., Morozova, I. A., & Pozdnyakova, U. A. (2018). Modernizaciya ekonomiki rossii s pomoshchyu postroeniya industrii 4.0: problemy, tendencii, perspektivy [Modernization of the Russian economy with the help of building industry 4.0: problems, trends, prospects]. *Izvestiya VolgGTU [Journal of VolgGTU]*, 6(216), 23–27. (In Russ.)
- Popov, E. V., Veretennikova, A. Yu., & Safronova, A. A. (2019). Ocenka socialno-innovacionnyh proektov regiona [Assessment of social and innovative projects in the region]. *Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii [Russian Journal of Economic Theory]*, 16(1), 12–21. (In Russ.)
- Sil'vestrov, S. N., Bauer, V. P., & Eremin, V. V. (2018). Ocenka zavisimosti multiplikatora investitsij ot izmeneniya struktury ekonomiki regiona [Evaluation of the dependence of the investment multiplier on changes in the structure of the regional economy]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 14(4), 1463–1476. (In Russ.)
- Smirnov, Yu. N. (2018). O cifrovyyh platformah sovershenstvovaniya deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatij [On digital platforms for improving the activities of industrial enterprises]. In *Razvitie tsifrovoy ekonomiki kak odno iz prioritnykh napravleniy "Strategii-2030 Respubliki Tatarstan" [Development of digital economy as one of the priority areas of the "Strategy-2030 of the Republic of Tatarstan"]*. Kazan, Russia. (In Russ.)
- Starodubtseva, E. B., & Markova, O. M. (2018). Cifrovaya transformaciya mirovoj ekonomiki [Digital Transformation of the World Economy]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Economy]*, 2, 7–15. (In Russ.)
- Tapscott, D., & Williams, A. (2009). *Vikinomika. Kak massovoe sotrudnichestvo izmenyaet vse [Wikinomics. How mass collaboration changes everything]*. St. Petersburg, Russia: Best Business Books, 392. (In Russ.)
- Furr, N., Dyer, J., & Christensen, C. (2017). *Sozdavaya innovacii [Creating innovations]*. Moscow, Russia: Eksmo, 340. (In Russ.)
- Shvab, K., & Devis, N. (2018). *Tekhnologii chetvertoj promyshlennoj revolyucii [Technologies of the Fourth Industrial Revolution]*. Moscow, Russia: Bombora, 317. (In Russ.)
- Muegge, S. (2013). Platforms, communities and business ecosystems: Lessons learned about technology entrepreneurship in an interconnected world. *Technology Innovation Management Review*, 3(2), 5–15.
- Simon, Ph. (2011). *The age of the platform: How Amazon, Apple, Facebook, and Google have redefined business*. New York: Motion Publishing.

Authors

Vladimir Petrovich Bauer — Doctor of Economics, Director of the Center of Strategic Forecasting and Planning, Institute for Economic Policy and Problems of Economic Security, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation; e-mail: bvp09@mail.ru).

Vladimir Vladimirovich Eremin — PhD in Economics, Leading Research Associate at the Center of Monitoring and Evaluation of Economic Security, Institute for Economic Policy and Problems of Economic Security, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation; e-mail: villy.eremin@gmail.com).

Sergey Nikolaevich Sil'vestrov — Doctor of Economics, Professor, Honored Economist of the Russian Federation, Director of the Institute for Economic Policy and Problems of Economic Security, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation; e-mail: silvestrsn@gmail.com).

Vladimir Vasil'evich Smirnov — Junior Research Associate at the Center of Strategic Forecasting and Planning, Institute for Economic Policy and Problems of Economic Security, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation; e-mail: Vladimir.Smirnov.fsg@gmail.com).