



ЖУРНАЛ  
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

# ЭКОНОМИКА

---

JOURNAL  
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

# ECONOMICS

Издается с января 1969 г.  
(до 2017 г. – под названием «Веснік БДУ.  
Серія 3, Гісторыя. Эканоміка. Права»)

Выходит один раз в полугодие

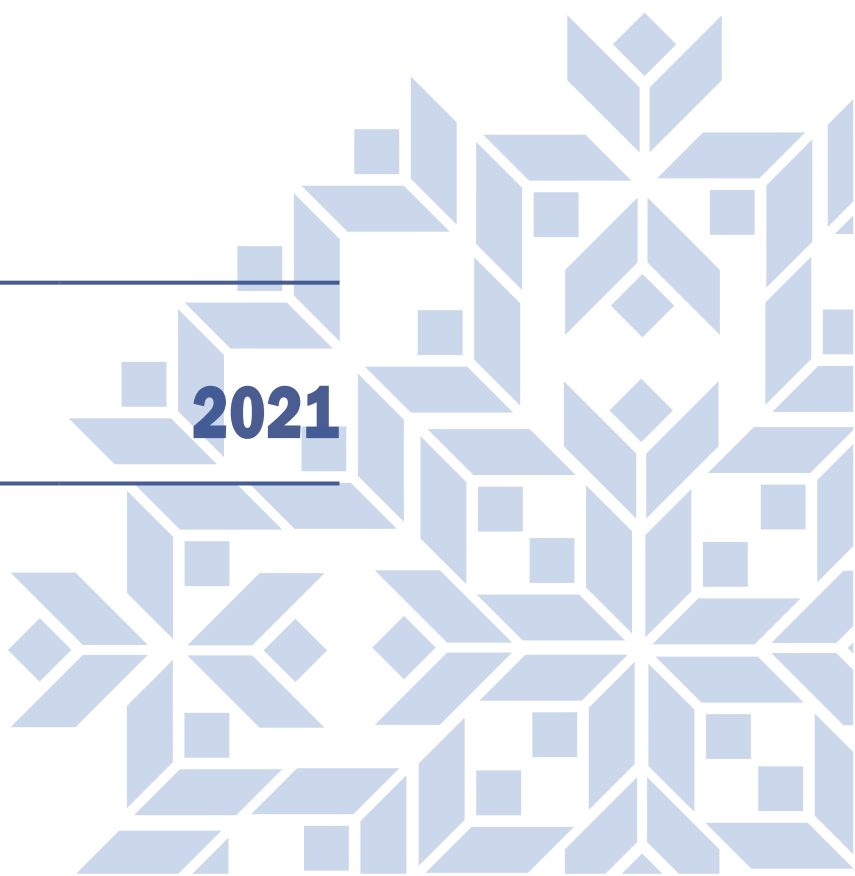
---

# 1

# 2021

---

МИНСК  
БГУ



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Главный редактор</b>                       | <b>КОВАЛЕВ М. М.</b> – доктор физико-математических наук, профессор; профессор кафедры аналитической экономики экономического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.<br>E-mail: kovalev@bsu.by               |
| <b>Заместитель<br/>главного<br/>редактора</b> | <b>ЛЕМЕЩЕНКО П. С.</b> – доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой теоретической и институциональной экономики экономического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.<br>E-mail: liamp@bsu.by |
| <b>Ответственный<br/>секретарь</b>            | <b>ГОСПОДАРИК Е. Г.</b> – кандидат экономических наук, доцент; заведующий кафедрой аналитической экономики и эконометрики экономического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.<br>E-mail: gospodarik@bsu.by |

- Аузан А. А.* Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия.
- Воробьев В. А.* Белорусский государственный экономический университет, Минск, Беларусь.
- Гриценко А. А.* Институт экономики и прогнозирования Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.
- Давыденко Е. Л.* Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Данильченко А. В.* Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь.
- Королева А. А.* Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Несветайлова А.* Городской центр исследований политической экономики Лондонского университета, Лондон, Великобритания.
- Нуреев Р. М.* Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия.
- Петренко Е. С.* Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия.
- Салаходжаев Р. Ф.* Консалтингово-исследовательский центр ERGO Research & Advisory; Международный Вестминстерский университет в Ташкенте, Ташкент, Узбекистан.
- Хацкевич Г. А.* Институт бизнеса и менеджмента технологий Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
- Шаховская Л. С.* Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия.

## EDITORIAL BOARD

- Editor-in-chief**      **KOVALEV M. M.**, doctor of science (physics and mathematics), full professor; professor at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics, Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
E-mail: kovalev@bsu.by
- Deputy editor-in-chief**      **LIAMESHCHANKA P. S.**, doctor of science (economics), full professor; head of the department of theoretical and institutional economics, faculty of economics, Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
E-mail: liamp@bsu.by
- Executive secretary**      **GOSPODARIK C. G.**, PhD (economics), docent; head of the analytical economics and econometrics department, faculty of economics, Belarusian State University, Minsk, Belarus.  
E-mail: gospodarik@bsu.by

- Auzan A. A.* Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.
- Vorob'ev V. A.* Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus.
- Gritsenko A. A.* Institute for Economics and Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
- Davydenko E. L.* Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Danilchanka A. V.* Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus.
- Koroleva A. A.* Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Nesvetailova A.* City Political Economy Research Centre of the University of London, London, United Kingdom.
- Nureev R. M.* Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia; National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Russia.
- Petrenko Y. S.* Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.
- Salahodjaev R. F.* Consulting and research center ERGO Research & Advisory; Westminster International University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan.
- Khatskevich G. A.* School of Business and Management of Technology of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Shakhovskaya L. S.* Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

## МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА КОНКУРЕНТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ю. Л. АСТРАУХ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Рассматривается институциональная организация конкурентных отношений с позиции феноменологического подхода. Отмечается, что противоречивые представления об этом явлении требуют изучения в рамках традиций с использованием инструментов неинституционального анализа. Описаны результаты исследования механизма конкурентных отношений в социальных системах с позиции методологии общей теории систем, приобретающие особое значение в условиях фрагментаризации знания о современных хозяйственных процессах и цивилизационного кризиса.

**Ключевые слова:** институт конкуренции; конкурентный анализ; системный анализ организации; общая теория систем.

**Благодарность.** Автор выражает глубокую признательность доктору экономических наук, профессору П. С. Лемещенко и кандидату экономических наук, доценту И. А. Лаврухиной за помощь и поддержку в проведении исследования.

## METHODOLOGY OF SYSTEM ANALYSIS OF COMPETITIVE INTERACTION OF INSTITUTIONAL ORGANISATION

Yu. L. ASTRAUKH<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

The article examines the problem of institutional competitive relations from the standpoint of the phenomenological approach. The analysis, presented in the text of the article, reveals the prevailing contradictory ideas about this phenomenon within the framework of the traditions of comparison using the tool of neoinstitutional analysis. The article

---

### Образец цитирования:

Астраух ЮЛ. Методология системного анализа конкурентного взаимодействия институциональной организации. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2021;1:4–12.

### For citation:

Astraukh YuL. Methodology of system analysis of competitive interaction of institutional organisation. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:4–12. Russian.

---

### Автор:

**Юрий Леонидович Астраух** – аспирант кафедры международной политической экономики экономического факультета. Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор П. С. Лемещенко.

### Author:

**Yuri L. Astraukh**, postgraduate student at the department of international political economy, faculty of economics.  
[yuriy.astraukh@gmail.com](mailto:yuriy.astraukh@gmail.com)

presents the results of the analysis of the mechanisms of competitive relations in social systems from the standpoint of the methodology of the general theory, which acquire special significance in the context of the fragmentation of knowledge about modern economic processes and the emerging civilisation crisis.

**Keywords:** competition institution; competitive analysis; system analysis of organisation; general systems theory.

**Acknowledgements.** The author expresses deep gratitude to doctor of science (economics), full professor P. S. Lemeshchenko, and PhD (economics), docent I. A. Lavrukina for help and support in the research process.

## Введение

Развитие экономической теории конкуренции как формы описания окружающей действительности неразрывно связано с эволюцией представления человека о феноменологической стороне данного явления.

История развития социальных отношений на протяжении тысячелетий вносила изменения в общественное восприятие соперничества. В основе созданного в Древней Греции представления о формальной стороне конкуренции лежали равные гражданские права жителей античного полиса. История раннего Средневековья дополнила представление о соперничестве теорией формирования иерархии классов общества, опиравшейся на право земельного владения, всеобщую сословную зависимость и, как следствие, всеобщее соперничество за отстаивание права собственности. Новое время и его правопреемник Новейшее время принесли человечеству скачок индустриального и экономического развития, выразившийся в изменении роли социальных групп в процессе общественного труда.

Феномен конкуренции имеет множество интерпретаций, суть которых в массовом сознании сводится к одностороннему восприятию формы явления, диктуемого временем. Редкими выступают высказывания в поддержку сущностного описания конкурентных отношений. Формальное представление о конкуренции, основанное лишь на частном восприятии, субъективных оценках конкурентного взаимодействия, не позволяет объективно оценить ее роль в экономической системе.

Предельная формализация образа конкуренции, присущая каждой исторической эпохе, создает стереотипное представление о соперничестве и, как следствие, ведет к однобокому восприятию явления. Принципы теории конкуренции в различные исторические периоды можно отождествить с правилами игры, принятыми в сообществе в конкретно-исторических условиях. Согласно интерпретации гипотезы семиотической непрерывности Виноградова – Гинзбурга система конкурентных отношений социальной группы есть образ той среды, в которой они протекают [1]. Приведенная гипотеза описывает организацию отношений в социальных группах как результат сформированного представления в сознании людей.

Для описания сущностных черт процесса институционализации конкурентных отношений нами выбрана методология анализа, основанная на феноменологическом подходе и дополненная инструментальными и методами системного анализа.

Выбранная методология анализа позволит систематизированно представить процесс развития феномена конкуренции и определить механизмы и принципы функционирования социальных отношений в соперничестве, описать их влияние на формирование общественных групп, а также использовать накопленный в рамках междисциплинарного направления опыт для объяснения глубинных закономерностей конкурентного взаимодействия.

## Обзор методологии и результатов исследования

Значимый этап в развитии института конкуренции пришелся на переломный для мировой истории период, связанный с изменением устоев, норм и правил функционирования экономической системы на рубеже XV–XVI вв. Произошел переход от системы традиционных для европейского континента отношений феодального общества к новой форме цивилизации – Новому времени.

Общественные отношения, сложившиеся в Западной Европе в период смены исторической парадигмы на рубеже XIII–XV вв., можно описать как устойчивые иерархические связи института феодальных отношений, в основе которого лежала система распределения прав собственности на совокупный продукт общественного производства. Сложившаяся система опиралась на сословную всеобщую зависимость, сформированную в эпоху зарождения феодальных отношений в раннем Средневековье. Общественные науки определяют всеобщую зависимость в рамках феодализма как систему поголовного рабства, характерной чертой которого является иерархическая зависимость в распределении прав собственности, где абсолютное право принадлежит лицу, находящемуся на вершине иерархической вертикали. Особенность организации феодального способа производства подчеркнул К. Маркс,



присвоив системе общественных отношений, в которой отсутствует право собственности на землю, наименование «азиатский способ производства».

Элементы нижестоящих уровней в иерархии общественных отношений всеобщей зависимости выполняют двойственную функцию: участвуют в перераспределении, а также в защите прав собственности владельцев земли. Иерархическая система подчинения предполагала личную зависимость участников, которые присваивали часть продукта производства зависимых от них участников перераспределительной иерархии. Наряду с присвоением продукта труда функцией участников распределительного процесса была защита личных прав собственности, а также защита имущественных интересов вышестоящих участников иерархии, платой за которую являлось право перераспределения результатов производства [2].

Структуру общественных отношений периода позднего Средневековья целесообразно описать в модели (рис. 1), центральными звеньями которой являются категории «система прав собственности» и «система производственных отношений». Опосредующими элементами отношений выступают институты «религия» и «культура» как механизмы реализации интересов участников иерархической системы распределения.

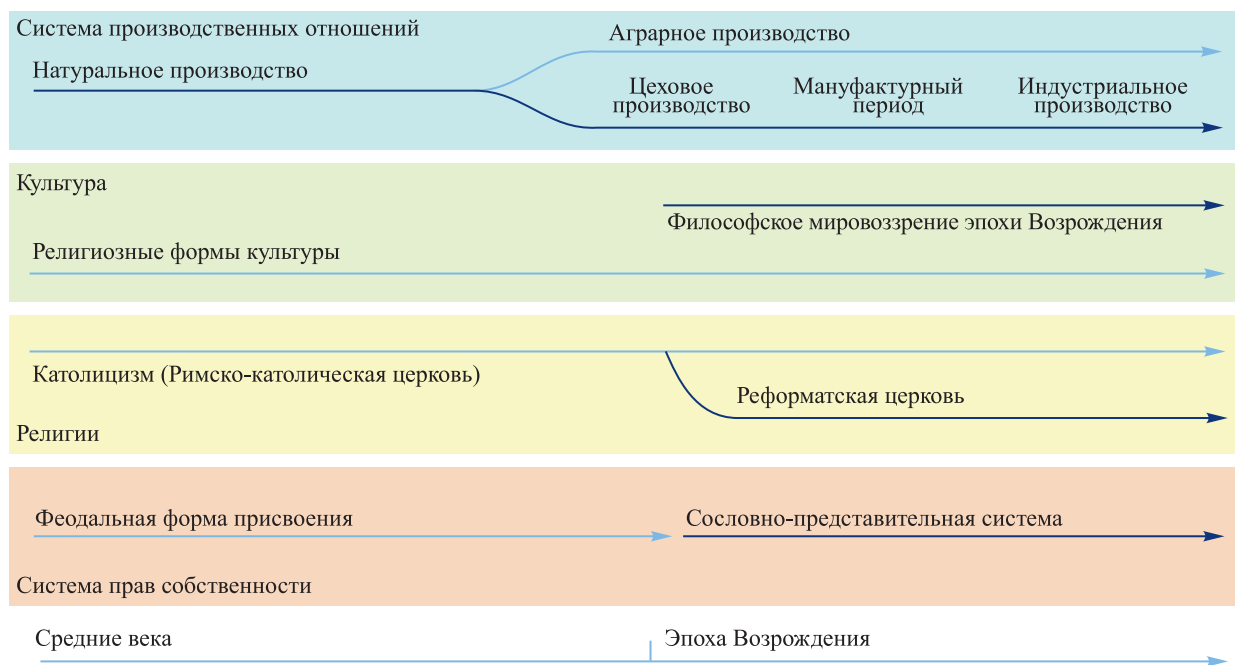


Рис. 1. Векторная модель конкуренции институтов общественных отношений

Fig. 1. Vector model of competition of institutions of public relation

В рамках описываемой модели общественные институты «религия» и «культура» выступают в качестве обеспечивающих устойчивость системы распределения механизмов, закрепляя неформальные нормы отношений сословной зависимости и являясь негласными инструментами поддержания феодализма.

Экономические отношения феодального общества предполагали перераспределение продукта общественного производства, в основе которого лежали потребление и сбережение. Их признаком являлась тезаврация – процесс изъятия и накопления богатства в форме золота и серебра [3, с. 331].

На протяжении длительного периода эпохи Средневековья организация феодальных отношений имела статический характер. Начало изменений на рубеже X–XII вв. было обусловлено формированием буржуазного класса общества, состав которого определялся принадлежностью к роду деятельности.

Выделение буржуазного класса общества из системы феодальных отношений вызвано процессом специализации деятельности, связанной с развитием производственных отношений. К переходу от натурального хозяйства к специализации трудовой деятельности привели совершенствование производства и формирование ценности и стоимости продукта труда. Дифференциация труда обусловлена возникновением дифференциальной стоимости продуктов определенного рода деятельности. Данное явление можно отождествить с процессом формирования дифференциальной ренты, описанной Д. Рикардо [4].

Образование буржуазного класса общества стало причиной длительного общественного противоречия в рамках сложившейся системы распределения продуктов общественного производства. Этот

конфликт является отправной точкой институциональной трансформации социальных отношений европейского общества на рубеже Средневековья и эпохи Возрождения. Суть конфликта между классами общества можно описать с помощью телеологического подхода. Участники феодальной системы применяли специальное право на участие в распределении общественного продукта для того, чтобы получать доход посредством тезаврации. В основе формирования буржуазных отношений лежат процесс производства продукта и установление специальных прав собственности на продукт. Результатом накопления продукта в исторической перспективе выступает такая форма богатства, как капитал.

Для оценки институциональной организации экономических систем требуется найти метод, который сможет описать как сравнительную статику формирования условий конфликта, так и динамический процесс разрешения возникшего противоречия.

Научное познание, как непрерывный процесс эволюционного поиска более совершенного метода отражения окружающей действительности, пережило коренные изменения парадигмы в XX в. Утвердившиеся в научном обиходе термины «синергия» и «синергетическая парадигма», описанные Г. Хакеном, определили понимание общей взаимосвязи естественных и гуманитарных наук, тем самым формируя научную картину мира, в которой нет физики, математики, психологии, химии, биологии как отдельных дисциплин научного познания, а есть лишь различные аспекты научного знания об окружающем мире.

Исследование системы отношений в обществе периода позднего Средневековья и институциональной организации экономической, политической, религиозной и культурной жизни общества того периода требует обращения к методу, позволяющему описать связи и отношения входящих в ее состав элементов, их взаимодействие и развитие. Для изучения процесса институционализации системы общественных отношений, в основе которой лежит конкуренция, целесообразно обратиться к методу системного анализа в рамках теоретических взглядов основоположников общей теории систем А. А. Богданова и Л. фон Берталанфи.

Формирование науки о системном описании мира и всеобщей организации связано с именем русского физиолога, мыслителя-утописта и философа А. А. Богданова. Предметом всеобщей организационной науки, названной автором тектологией (от древнегреч. *τεκτων* «строитель»), является проблема тождественности организации систем разных уровней в рамках социальных и биологических групп, закономерности и принципы взаимодействия. В своих работах ученый исследует процесс образования организационных форм материи различной природы, подчиненных единым правилам. Объектом анализа выступает организация структурных форм и механизмов преобразования систем в процессе их функционирования и развития.

Методология А. А. Богданова опирается на принципы анализа объективных общесистемных закономерностей, с помощью которых обосновываются критерии организационной деятельности и эффективности систем. Данный подход можно описать как сочетание системно-онтологических и организационно-праксиологических методов исследования.

В теории А. А. Богданова формирование организационной структуры комплексов базируется на диалектических принципах изменения и развития, которые автор описывает как устойчивую последовательность преобразований. Механизм создания систем является собирательным понятием, рассматриваемым с позиции отдельных процессов, к которым относятся конъюгация – соединение комплексов; ингрессия, опосредуемая последовательным вхождением звеньев комплекса; дезингрессия – распад системы.

Функционирование комплексов рассматривается автором с позиции эффективности сложившейся организации, в основании которой лежит принцип отбора, направленный на сохранение формы системы (консервативный подход) и изменение состава комплекса, обуславливающее его положительную либо отрицательную динамику (прогрессивный подход).

Историческое развитие конфликта классов, на взгляд А. А. Богданова, следует оценивать как процесс дезингрессии, характерным проявлением которого выступает исключение из состава феодальной системы производительных сил, направленных на создание специфического института защиты прав собственности (примером последнего выступает выделение комплексов, именуемое в истории как создание городов).

Согласно определению М. Вебера «средневековый город имел ряд существенных отличий по сравнению с привычными для крестьян условиями жизни: его можно сравнить с корпорацией, имевшей единые цели, с устоявшимся классовым табелем о рангах, системой права» [5, с. 342]. Города стремились освободиться от феодального влияния, получить независимость в экономической и политической сферах. С этим связан процесс установления особых норм регулирования отношений в границах городов, а также формирование управляющего органа, которому жители делегировали полномочия в принятии решений. Первым в истории независимым от феодала городом стал Магдебург, получивший право самоуправления в XIII в.



Преимущество города также заключалось в том, что развитие ремесел давало крестьянам возможность избавиться от личной феодальной зависимости. Этому способствовали нормы гражданского права, установленные на территории городов. «Из крепостных Средневековья вышло свободное население первых городов» [6, с. 425].

Исключение из системы феодальных отношений распределения дохода дает право личной свободы, обладающее специфическими чертами института прав собственности как метода конкуренции между участниками конфликта. Созданные в период позднего Средневековья города-государства с системой внутреннего налогового распределения демонстрируют дезинтеграцию – исключение социальной группы из системы распределения.

*Принцип взаимно-дополнительных соотношений* А. А. Богданов дополняет идеи, сформулированной Г. Спенсером в законе равной свободы [7], при этом описывает дифференциацию тождественных систем. Расширяя представление Г. Спенсера, А. А. Богданов рассматривает структурные изменения в рамках одного комплекса как процесс создания обменных связей внутри его подчиненных элементов [8, с. 91]. Данный организационный принцип характеризует способность комплексов к трансформации внутренней среды, направленной на достижение эффективности.

Способность комплекса к регуляции посредством изменения внутренней структуры и отношений между его элементами связана с принципом организационной непрерывности [9, с. 88], который следует трактовать как открытость и способность систем к частичному или полному изменению. А. А. Богданов расширяет данное определение, утверждая, что «между всякими двумя комплексами вселенной при достаточном исследовании устанавливаются промежуточные звенья, вводящие их в одну цепь ингрессии» [8, с. 75], тем самым подчеркивая связанность элементов природы и возможность развития посредством их объединения либо исключения.

Принцип взаимно-дополнительных соотношений в тектологии применяется для описания частного результата конкуренции, целью которой является установление прав собственности: выделение городов в качестве отдельных объектов самоуправления изменило организацию отношений в процессе обмена, институционализируя рыночные правила организации распределения в противовес феодальному праву присвоения части продуктов труда.

*Принцип моноцентризма комплекса* А. А. Богданов трактует как свойство системы, при котором она характеризуется «единым центром, а если она представляет из себя сложную, цепную, то она имеет один высший, общий центр» [8, с. 96]. Наличие множества управляющих центров приводит к дезорганизации, неэффективности. Описанное свойство моноцентризма является значимой чертой организационной системы отношений в рамках установления прав собственности: эффективность существования сообществ в процессе организации напрямую зависит от метода управления и установления формальных прав экономических агентов. Историческим примером принципа моноцентризма является управление городской и цеховой организацией как механизм консолидации и распределения ресурсов, а также представления интересов участников системы.

Тектология – это описание процесса организации систем, их морфологии (статическая характеристика организации) и законов изменения (динамическая характеристика механизмов развития). В рамках всеобщей организационной методологии А. А. Богданов уделял большое внимание характеру социальных процессов. Так, по мнению ученого, любая деятельность человека имеет организующий или дезорганизующий характер. Дезорганизационный характер взаимодействия А. А. Богданов связывал с борьбой организационных форм, результатом которой является установление эффективного способа взаимодействия. Характер данного процесса согласуется с определением созидательного разрушения [10, с. 128], представленного Й. Шумпетером. Он описывает принцип взаимодействия агентов, на основе которого происходит изменение организации их отношений. Следует отметить, что взаимодействие агентов в рамках социальной системы функционирует как диалектический механизм, основанный на единстве и борьбе противоположностей, при этом реализуется задача по поиску наилучшей формы установления взаимоотношений.

Несомненным достоинством тектологии является обилие эмпирического материала, позволившее А. А. Богданову расширить ее терминологический аппарат. В частности, следует отметить обоснование теории изоморфизма, до этого применявшейся в математике для обозначения модификаций структур различного генеза. Так, ученый рассматривает явление изоморфизма для объектов физической, биологической и социальной природы на различных уровнях организации: от неживой материи – до больших социальных групп. Данный термин в рамках системной методологии исследуется с позиции одного из направлений тектологии – теории самоорганизации, впоследствии описанной Л. фон Берталанфи.

Теория Л. фон Берталанфи связана с формированием зрелого этапа науки о системной организации. В [12] ученый обобщает концепции предшествующих исследователей теории систем (в частности,

А. А. Богданова, У. Уивера, Г. Спенсера), на основании которых развивает исследовательский аппарат системного анализа, вводя в научное обращение систематизацию видов организационных структур и методы анализа их функционирования.

Предметом системной теории Л. фон Берталанфи выступает многофакторный анализ организации биологических, социальных, кибернетических систем как противопоставление сложившейся к началу XX в. парадигме каузального исследования явлений, в основе которой лежит ограниченное количество переменных [11].

На взгляд Л. фон Берталанфи, на место механистического представления об организации систем приходит изоморфный подход, предполагающий множественность вариантов протекания однородных явлений. Автор общей теории систем рассматривает концепцию изоморфизма как универсальный инструмент описания законов природы и общества.

Частной формой развития классового конкурентного конфликта в истории европейских государств выступает английская революция 1641–1660 гг. Она стала переломным этапом в истории человечества, положившим начало Новому времени. Беспрецедентный по масштабу политический переворот произошёл на почве классовой конфронтации, противостояния институтов абсолютизма и капитализма.

Первопричиной английской революции являлось столкновение интересов торгово-промышленной буржуазии, отстаивавшей либеральные ценности, и монопольных полномочий монарха. Абсолютистская политика правления представляла угрозу для буржуазных кругов общества, стремившихся защитить свой капитал путем создания системы норм, ограждающих частную собственность от присвоения участниками феодальной перераспределительной системы.

Процесс институционализации норм требует наличия властных полномочий. Политическая система Англии в первой половине XVII в. характеризовалась абсолютной властью Карла I Стюарта, стремившегося упрочить свое положение и защитить престол, которому угрожало восстание пресвитериан в Шотландии. Необходимые денежные ресурсы для подавления мятежа монарх стремился получить путем увеличения налогового бремени, что, предполагалось, поддержит общественность. Для этого в 1639 г. был созван парламент, большинство мест в котором принадлежало пресвитерианам: предложенные Карлом I изменения в сфере налогообложения были отклонены, монархическая аристократия признала парламент неэффективным. Он был распущен, просуществовав две недели и получив название «короткий парламент».

Становление новой формы организации института общественных отношений в Англии изучаемого периода Л. фон Берталанфи описывает как изоморфное явление: существование республиканского строя в период протектората О. Кромвеля (1653–1660) характеризуется перераспределением властных полномочий в системе общества. Период протектората О. Кромвеля следует рассматривать как частный (частичный) изоморфизм системы распределения властных полномочий ввиду исключения из ее состава монархического правления.

Динамический характер трансформации системных процессов в рамках комплексов обусловлен изменением их организационной структуры: потеря связи между элементами системы в результате ее развития, происходящая по принципу прогрессирующей сегрегации [12, с. 148], является продолжением закона равной свободы Г. Спенсера [7], согласно которому тождественные системы, испытывающие влияние внешних факторов, накапливают различия. Следствием этого является выделение комплекса из вышестоящей системы, обладающей существенными отличиями по родовому признаку. В результате сегрегации системы образуют иерархию отношений, в которой изменение связи между уровнями определяет самостоятельный характер сформированного комплекса.

Реставрация английским парламентом монархического строя (период правления Стюартов), полномочия которого ограничивались сословно-представительной ветвью власти, привела к институционализации прав равновесия в распределении благ и разрешению конфликта между буржуазным и феодальным классами общества. Таким образом, данные преобразования обусловили восстановление той системы организации общества, которая существовала в дореволюционный период, т. е. до 1634 г. Изменения коснулись лишь отношений между элементами системы в форме перераспределения властных полномочий.

Рассматривая морфологию отношений в комплексах различной природы, Л. фон Берталанфи расширяет категориальный аппарат науки, вводя в обращение определение закрытых и открытых систем, основанием для различия которых выступает возможность «обмена веществ» с внешними объектами по отношению к рассматриваемой системе.

Специфическое свойство систем в концепции ученого описывается определением «эквифинальность». Это состояние открытой системы, которое достигается при различных начальных условиях ее функционирования [12, с. 79]. Как одна из форм конечных состояний системы, эквифинальность является противоположной состоянию равновесия, характерного для закрытой системы, которая не



подвержена внешним изменениям. Характер функционирования открытой системы определяется возможностью связи с внешней средой и способностью к обмену, обусловленному наличием входов и выходов, что обеспечивает динамическое равновесие описываемого комплекса.

На основе анализа, Л. фон Берталанфи приходит к выводу о том, что функционирование открытых систем характеризуется термином «негэнтропия» (упорядоченность), противоположным по смыслу энтропии, рассматриваемой в термодинамике. Негэнтропия – процесс нарастания порядка и сложности в открытых системах.

Начиная с 1660 г. открытая система общественных отношений характеризуется состоянием негэнтропии, которое обеспечило установление порядка распределения прав собственности на продукт общественного производства между классами. Институционализация норм функционирования системы английского общества стала результатом разрешения конфликта и установления равновесия сил в системе распределения властных полномочий.

Снижение энтропии в общественных отношениях проявляется в процессе самоорганизации, направленной на поддержание баланса внутренней среды посредством включения в состав системы государства сословно-представительных органов управления (палаты общин). Изменение состава и качества элементов системы общественного управления обусловило равновесие противостоящих общественных институтов и, как следствие, разрешение классового конфликта.

Принцип прогрессирующей механизации в развитии системы означает, что ее компоненты являются «фиксированными относительно определенных механизмов» [13, с. 149]. В рамках системы формируются особые комплексы, определяющие ее внутренний состав и ограничивающие пределы изменений. Данный принцип перекликается с категорией «дегрессивные комплексы», описанной А. А. Богдановым [8, с. 172]. Иллюстрацией принципа прогрессирующей механизации в живой природе может служить генетический код живого организма, в социальных системах – формальные и неформальные нормы организации.

Процесс установления норм и правил функционирования социальной группы демонстрирует суть принципа прогрессирующей механизации, описанного Л. фон Берталанфи.

Данное явление в истории английского государства представлено в более широком смысле: формирование механизма связывания элементов общественного устройства позволило реализовать интересы социальных групп по институционализации процесса целенаправленного накопления капитала как инструмента развития, противостоящего тезаврации.

Описанная Л. фон Берталанфи теория системной организации является значимым шагом в развитии научного знания XX в. Исследуемая проблематика элиминировала ряд вопросов, которые не могли быть рассмотрены в рамках частнонаучного знания. Л. фон Берталанфи рассматривает развитие общей теории систем как целостного направления науки, задачей которого является построение концепции, ориентированной на выявление предельных, общих принципов организации живой природы и общества, их взаимодействия.

## Заключение

Представленный в исследовании синтетический метод анализа развития экономической системы сочетает феноменологический и синергетический подходы. В условиях современных гносеологических ограничений идеи А. А. Богданова и Л. фон Берталанфи приобретают особую актуальность, обусловленную применением морфологических (статических) и диалектических приемов описания сущностной стороны организации и развития норм социальных сообществ.

В качестве объединяющего признака в рамках системного подхода описания институциональной динамики следует выделить цель и характер взаимодействия участников конкурентного процесса. В представленном исследовании рассматривается диалектический характер отношений участников экономической системы.

Методологические позиции А. А. Богданова и Л. фон Берталанфи представляют комплексное описание конкурентного взаимодействия в социальных сообществах. Инструменты морфологического анализа взаимодействия социальных групп позволяют оценить отношения элементов изучаемой системы и ее институциональную организацию. Диалектический характер метода анализа дает возможность реализовать прогностическую функцию, описать этапы развития институциональной структуры, принципы организации элементов системы общества, устойчивые закономерности в процессе их взаимодействия.

Методы диалектического описания мира лежат в основе методологии теории систем. «Системность как характеристика философского метода – это не отдельная самостоятельная сфера, а интегральное

выражение, определенного рода синтез основных логико-методологических принципов материалистической диалектики» [14, с. 69]. Являясь основанием статической организации системы и ее динамического развития, методы диалектики определяют целостность, конструктивность, интегративность и прикладную действенность системного анализа.

Интегративный характер системно-диалектического анализа проявляется в таких категориях, как «связь» и «развитие», которые обеспечивают разрешение системопорождающих противоречий. Конструктивность и прикладная действенность системной диалектики обуславливаются доказательностью состоятельностью выявления формируемых связей.

Методологическое ядро системного подхода, который используется для описания онтологии конкурентного взаимодействия, формируется на основании диалектического метода, позволяющего определить характер связей (статический, динамический). Задачами системной теории являются изучение и выявление общих системных закономерностей, создание методологического аппарата исследования, проектирование сложных объектов и управление ими.

Диалектические принципы конкурентного взаимодействия классов в истории европейского общества можно иллюстрировать на примере модели Эджуорта (рис. 2), которая демонстрирует процесс установления равновесия обмена в рамках экономической теории.

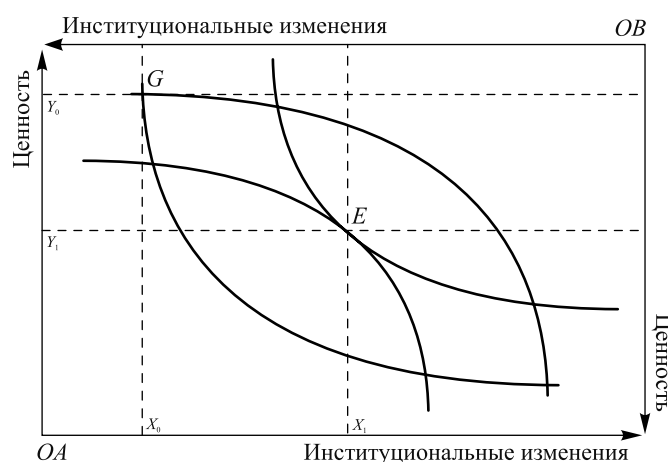


Рис. 2. Равновесие институциональной трансформации в модели Эджуорта:  
 OA, OB – кривые безразличия участников институциональных преобразований;  
 G – равновесие институциональных изменений;  
 E – Парето-оптимальное равновесие институциональных изменений

Fig. 2. Equilibrium of institutional transformation in Edgeworth's model:  
 OA, OB – indifference curves of participants in institutional transformations;  
 G – equilibrium of institutional changes;  
 E – Pareto-optimal equilibrium of institutional changes

При использовании данной модели для описания достижения равновесия на институциональном рынке в качестве параметров выступают полезность и ценность институциональных изменений, проявляющиеся в стоимости обладания правом собственности. Разрешение конфликта сторон, регулирование институциональных норм выражаются в достижении оптимума распределения результатов соглашения о перераспределении прав в процессе изменения норм в системе (переход от G к E). Установление равновесия по Парето в описанной интерпретации модели Эджуорта трактуется в качестве формирования долгосрочного равновесия на рынке институциональных преобразований, что характеризует доктрину функционирования общественного политического института.

## Библиографические ссылки

1. Виноградов ВА, Гинзбург ЕЛ. Система, ее актуализация и описание. В: *Системные исследования. Ежегодник*. Москва: Наука; 1971. с. 93–103.
2. Карпов СП, редактор. *История Средних веков. Том 1*. 6-е издание. Москва: Издательство Московского университета; 2008. 681 с. Совместно с издательством «Печатные Традиции».
3. Нечаев ВИ, Михайлушкин ПВ. *Экономический словарь*. Краснодар: Арти; 2011. 464 с.



4. Рикардо Д. Опыт о влиянии низкой цены хлеба на прибыль с капитала. В: Автономов ВС, Макашева НА, Гловели ГД, Латов ЮВ, редакторы; Ананьин ОИ, составитель. *Классики экономической мысли. Коллекция важнейших работ выдающихся экономистов XVI–XX вв.* [CD-ROM]. Москва: Директмедиа Паблишинг; 2008. 1 CD-ROM: 16 Мб.
5. Вебер М. *История хозяйства. Город*. Гревс И, редактор. Москва: КАНОН-пресс-Ц; 2001. 576 с. Совместно с издательством «Кучково поле».
6. Маркс К. *Капитал. Часть I*. 2-е издание. Москва: Государственное издательство политической литературы; 1961. 554 с.
7. Спенсер Г. *Научные основания нравственности: индукция этики. Этика индивидуальной жизни*. 2-е издание. Москва: Издательство ЛКИ; 2008. 248 с.
8. Богданов АА. *Тектология: всеобщая организационная наука. Книга 1*. Москва: Экономика; 1989. 304 с.
9. Локтионов МВ. А. А. Богданов как основоположник общей теории систем. *Философия науки и техники*. 2016;21(2):80–96.
10. Шумпетер Й. *Капитализм, социализм и демократия*. Москва: Экономика; 1995. 540 с.
11. Блауберг ИВ, Садовский ВН, Юдин ЭГ. Системные исследования и общая теория систем. В: *Системные исследования. Ежегодник*. Москва: Наука; 1973. с. 7–29.
12. von Bertalanffy L. *General system theory: Foundations, development, applications*. New York: George Braziller; 1969. 289 p.
13. von Bertalanffy L. Outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*. 1950;1(2):134–165.
14. Вьяккерев ФФ, редактор. *Методология «Капитала» К. Маркса и современная наука*. Ленинград: Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет имени А. А. Жданова; 1984. 208 с.

## References

1. Vinogradov VA, Ginzburg EL. [System, its actualisation and description]. In: *Sistemnye issledovaniya. Ezhegodnik* [Systemic research. Yearbook]. Moscow: Nauka; 1971. p. 93–103. Russian.
2. Karpov SP, editor. *Istoriya Srednikh vekov. Tom 1* [History of the Middle Age. Volume 1]. 6<sup>th</sup> edition. Moscow: Moscow University press; 2008. 681 p. Co-published by the «Pechatnye Traditsii». Russian.
3. Nechaev VI, Mikhailushkin PV. *Ekonomicheskii slovar'* [Economic dictionary]. Krasnodar: Arti; 2011. 464 p. Russian.
4. Ricardo D. [Essay on the influence of a low price of corn on the profits of stock]. In: Avtonomov VS, Makasheva NA, Gloveli GD, Latov YuV, editors; Anan'in OI, compiler. *Klassiki ekonomicheskoi mysli. Kolleksiya vazhneishikh rabot vydayushchikhsya ekonomistov XVI–XX vv.* [The classics of economic thought. A collection of the most important works of the leading economists of the 16–20 centuries] [CD-ROM]. Moscow: Directmedia Publishing; 2008. 1 CD-ROM: 16 Mb. Russian.
5. Weber M. *Istoriya khozyaistva. Gorod* [History of the economy. City]. Grevs I, editor. Moscow: KANON-press-Ts; 2001. 576 p. Co-published by the «Kuchkovo Pole». Russian.
6. Marks K. *Kapital. Chast' I* [Capital. Part 1]. 2<sup>nd</sup> edition. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo politicheskoi literatury; 1961. 554 p. Russian.
7. Spencer G. *Nauchnye osnovaniya nravstvennosti: induksiya etiki. Etika individual'noi zhizni* [The scientific foundations of morality: the induction of ethics. Ethics of individual life]. 2<sup>nd</sup> edition. Moscow: LKI Publishing House; 2008. 248 p. Russian.
8. Bogdanov AA. *Tektologiya: vseobshchaya organizatsionnaya nauka. Kniga 1* [Tectology: general organisational science. Book 1]. Moscow: Ekonomika; 1989. 304 p. Russian.
9. Loktionov MV. [A. A. Bogdanov as the founder of the general theory of systems]. *Filosofiya nauki i tekhniki*. 2016;21(2):80–96. Russian.
10. Schumpeter J. *Kapitalizm, sotsializm i demokratiya* [Capitalism, socialism and democracy]. Moscow: Ekonomika; 1995. 540 p. Russian.
11. Blauberg IV, Sadovskii VN, Yudin EG. [System research and general theory of systems]. In: *Sistemnye issledovaniya. Ezhegodnik* [Systemic research. Yearbook]. Moscow: Nauka; 1973. p. 7–29. Russian.
12. von Bertalanffy L. *General system theory: Foundations, development, applications*. New York: George Braziller; 1969. 289 p.
13. von Bertalanffy L. Outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*. 1950;1(2):134–165.
14. Vyakkerev FF, editor. *Metodologiya «Kapitala» K. Marksa i sovremennaya nauka* [Methodology of «Capital» K. Marx and modern science]. Leningrad: Leningradskii ordena Lenina i ordena Trudovogo Krasnogo Znameni gosudarstvennyi universitet imeni A. A. Zhdanova; 1984. 208 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 03.02.2021.

Received by editorial board 03.02.2021.

## ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНТЕНСИВНОГО ПУТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

Е. С. БОГОЛЮБСКАЯ-СИНЯКОВА<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Исследуется путь производственного развития предприятия, основанный на интенсификации, которая предполагает совершенствование производственного процесса за счет более эффективного использования имеющихся в распоряжении организации факторов производства. Построение экономико-математической модели выручки фирмы с использованием таких параметров, как коэффициент снижения цены ввиду внедрения в процесс производства инноваций, коэффициент ценовой эластичности спроса и темпа роста цены, зависящий от уровня инфляции, позволяет найти наилучшие варианты ведения бизнеса. По результатам исследования модели определяются условия совершенствования процесса производства в целях получения предприятием большей выгоды и выявляются основополагающие принципы и закономерности интенсивного пути развития.

**Ключевые слова:** выручка; путь производственного развития; интенсификация производства; закон роста выручки; выгода предпринимателя.

## BASIC LAWS OF THE INTENSIVE WAY OF PRODUCTION DEVELOPMENT

K. S. BAHALIUBSKAYA-SINIAKOVA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

The paper examines the way of enterprise's production development based on the intensification of production. Intensification involves improving the production process through more efficient use of the factors of production available to the organisation. The analysis of the best options for doing business is based on the economic and mathematical model of firm's revenue, which includes such parameters as the coefficient of price reduction due to the introduction of innovations into the production process, the coefficient of price elasticity of demand and the rate of price growth, which depends on the inflation rate. The results of the study of this model determine the conditions of improving the production process in order to obtain greater benefits for the entrepreneur. Based on these conditions, the fundamental principles and patterns of the intensive way of production development are identified.

**Keywords:** revenue; way of production development; intensification of production; revenue growth law; entrepreneur's benefit.

### Образец цитирования:

Боголюбская-Синякова Е.С. Основные закономерности интенсивного пути производственного развития. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2021;1:13–25.

### For citation:

Bahaliubskaya-Siniakova KS. Basic laws of the intensive way of production development. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:13–25. Russian.

### Автор:

Екатерина Сергеевна Боголюбская-Синякова – аспирантка кафедры аналитической экономики и эконометрики экономического факультета. Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Б. С. Калитин.

### Author:

Katsiaryna S. Bahaliubskaya-Siniakova, postgraduate student at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics.  
katya\_bglb@mail.ru



## Введение

Развитие производственной деятельности предприятия обычно связано либо с простым наращиванием объемов производимой продукции, что соответствует экстенсивному пути развития, либо с совершенствованием самого производственного процесса за счет более эффективного использования имеющихся факторов производства, что соответствует интенсивному пути.

В рамках исследования способов производственного развития поднимаются такие проблемы, как разграничение экстенсивного и интенсивного путей развития [1], оценка вклада выбранного пути развития в прирост объемов производства [2], ограничение экстенсивного пути развития в конкретных отраслях экономики [3; 4]. При этом не затрагивается вопрос потенциального выигрыша предпринимателя от перехода к экстенсивному или интенсивному пути развития производства.

Настоящая работа представляет собой продолжение исследований [5–16], в которых рассмотрены сущности экстенсивного и интенсивного путей производственного развития посредством анализа экономико-математических моделей выручек, соответствующих каждому из путей, и установлено, каким образом каждый из параметров модели влияет на величину выручки, получаемой предпринимателем в случае ориентации на определенный производственный путь развития.

Часть исследований направлена на выявление качественных характеристик установленных зависимостей с использованием функций эластичности выручки по каждому из параметров моделей. Данные качественные характеристики зависимостей определены как для экстенсивного пути развития [7], так и для интенсивного [6]. В результате выявлены характеристики рынков, функционирование на которых принесет предпринимателю наибольшую выгоду при переходе к конкретному пути развития. В работе [8] на примере предприятия розничной торговли исследована эластичность выручки при наращивании объемов реализации конкретных продовольственных групп товаров.

Определены возможности государственного регулирования объема выпуска продукции предприятия при расширенном производстве [9]. В данном случае государство оперирует льготной налоговой ставкой в целях увеличения масштабов производства фирмы. Исследованы и возможности государственного стимулирования для внедрения инноваций производителем через институт дотаций [10; 11].

Сопоставление общих характеристик экстенсивного и интенсивного путей развития представлено в [12; 13]. Также изучено влияние выбранного пути производственного развития на величину максимальной выручки предприятия [14].

Основные принципы и закономерности экстенсивного пути рассмотрены в работах [15; 16], где определены выигрышные условия функционирования предприятия в случае перехода к увеличению объемов реализуемой продукции.

Настоящая работа нацелена на выявление основополагающих принципов и закономерностей интенсивного пути развития (ИПР), следуя которым предприниматель получает выгоду от совершенствования процесса производства. Для определения закономерностей, присущих ИПР, исследуется экономико-математическая модель выручки предприятия, практикующего интенсификацию производства. Здесь и далее, когда речь идет об интенсификации производства, термин *выручка* означает не «денежные средства, полученные (вырученные) предприятием, фирмой, предпринимателем от продажи товаров и услуг» [17], а некий показатель, отражающий объем денежных средств, которые получает фирма от своей деятельности в случае перехода к интенсификации производства, и учитывающий снижение цены в результате более эффективного использования производственных факторов.

Исследование экономико-математической модели выручки предприятия, практикующего интенсификацию производства, проводится в рамках следующих предположений:

- первоначально производитель продает на рынке ежемесячно  $q$  единиц товара по цене  $p$  за единицу с выручкой от продажи  $qp$  денежных единиц;
- в конце наблюдаемого периода времени имеет место инфляция (общее повышение цен) в размере  $\sigma$  денежных единиц за единицу товара ( $\sigma > 0$ ). Она определена как фоновая инфляция на рассматриваемом периоде времени, связанная с внешними факторами. Предполагаем, что данная инфляция не является причиной изменения величины объема продаж (правительство нивелирует воздействие инфляции на потребительский спрос);
- в результате перехода к ИПР происходит увеличение объема продаж на рынке до значения  $q_1 = q + \Delta q$ ,  $\Delta q > 0$ , где  $\Delta q$  – величина в единицах товара, на которую произошло увеличение первоначального спроса  $q$ , при этом новая цена снизилась до значения  $p^1 = p - Y$ ,  $0 < Y < p$ , и с учетом инфляции до значения  $p^1 = p - Y + \sigma$ ,  $0 < Y < p + \sigma$ , где  $Y$  – величина в денежных единицах, на которую произошло снижение цены в результате внедрения инноваций в процесс производства (более эффективное

использование производственных факторов позволяет предприятию снизить часть издержек, заложенных в цене товара).

На основе данных предположений выручка в конце наблюдаемого периода составит

$$R_1 = q_1(p - Y + \sigma), \quad 0 < Y < p + \sigma.$$

Используем для выпуска  $q_1$  выражение, представленное в работе [6], в котором не учтена инфляция, так как она не является причиной изменений величины объема продаж (то есть  $p_1 = p - Y$ ):

$$q_1 = q \left( 1 - \frac{e(p_1 - p)}{p} \right) = q \left( 1 - \frac{e(-Y)}{p} \right) = q \left( 1 + \frac{eY}{p} \right) = q(1 + ey),$$

где  $y = \frac{Y}{p}$  – коэффициент снижения цены, означающий, на какую долю снизилась начальная цена за единицу продукции при переходе предприятия к ИПР. С учетом ограничений  $0 < Y < p + \sigma$  последовательно имеем  $0 < \frac{Y}{p} < 1 + \frac{\sigma}{p} \Leftrightarrow 0 < y < 1 + \frac{\sigma}{p}$ .

Подставляя в формулу выручки значение параметра  $q_1$  и вынося из второй скобки величину  $p$ , получаем следующее выражение:

$$R_1 = q(1 + ey)(p - Y + \sigma) = qp(1 + ey) \left( 1 + \frac{\sigma}{p} - \frac{Y}{p} \right).$$

Итоговая формула выручки предприятия при ИПР имеет вид

$$R_1 = qp(1 + ey)(K_p - y), \quad 0 < y < K_p, \quad (1)$$

где  $q$  и  $r$  – первоначальные значения объема продаж и цены;  $e$  – абсолютная величина коэффициента эластичности спроса по цене ( $e > 0$ );  $K_p = 1 + \frac{\sigma}{p} = 1 + k_p$  – темп роста цены ( $K_p > 1$ ),  $k_p = \frac{\sigma}{p}$  – уровень инфляции ( $k_p > 0$ );  $y = \frac{Y}{p}$  – коэффициент снижения цены ( $0 < y < K_p$ ).

Основными задачами настоящей работы являются изучение возможностей получения предпринимателем выгоды от перехода фирмы к ИПР и исследование риска возможных потерь и просчетов.

### Закон роста выручки ИПР

Сравним величину выручки  $R_1$  для ИПР с альтернативным вариантом, соответствующим торговле без внедрения инноваций в производственный процесс, но с учетом инфляции. При интенсификации производства реальное увеличение выручки в конце наблюдаемого периода будет происходить тогда и только тогда, когда выполняется неравенство  $R_1 > q(p + \sigma)$ . В этом случае имеем

$$qp(1 + ey)(K_p - y) > q(p + \sigma).$$

С учетом равенства  $p + \sigma = p(1 + k_p) = pK_p$  и в результате последовательного упрощения вышеприведенного неравенства получаем

$$\begin{aligned} p(1 + ey)(K_p - y) > p + \sigma &\Leftrightarrow p(1 + ey)(K_p - y) > pK_p \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow K_p + eyK_p - y - ey^2 > K_p \Leftrightarrow eyK_p - y - ey^2 > 0. \end{aligned}$$

Последнее равносильно следующему:

$$y(eK_p - 1 - ey) > 0.$$

Это неравенство при условии снижения цены в результате интенсификации производства, а именно при  $0 < y < K_p$ , равносильно соотношению

$$0 < y < K_p - \frac{1}{e}.$$



Выведенное условие имеет смысл лишь в случае, если правая часть положительная, а именно коэффициент эластичности спроса по цене подчинен ограничению

$$e > \frac{1}{K_p}.$$

В результате получаем следующий эффект торгового рынка: при интенсификации производства предприниматель будет иметь более высокую выручку, чем при первоначальных условиях, если коэффициент снижения цены подчинен условию  $0 < y < K_p - \frac{1}{e}$ , а коэффициент ценовой эластичности спроса – условию  $e > \frac{1}{K_p}$ .

Дополним полученные условия увеличения выручки при ИПР оговоренными в модели экономическими требованиями и выведем следующую систему неравенств:

$$\begin{cases} 0 < y < K_p - \frac{1}{e}, \\ eK_p - 1 > 0, \\ K_p > 1, \end{cases} \quad (2)$$

содержащую *необходимые и достаточные условия роста выручки при ИПР*. Другими словами, представленную систему неравенств можно трактовать как **закон роста выручки ИПР**, который в конечном итоге предоставляет руководителю предприятия главный критерий принятия решения для выбора оптимального пути развития производства. Ограничение на параметр  $y$ , заданное первоначальными условиями модели, а именно  $0 < y < K_p$ , не включено в систему (2), так как часть допустимых значений этого неравенства отбрасывается при наложении ограничений, связанных с выигрышем от внедрения ИПР, т. е. при соблюдении первого неравенства системы (2). Кроме того, в систему неравенств (2) не включено ограничение на параметр эластичности спроса по цене, т. е.  $e > 0$ , так как оно вытекает из условий  $eK_p - 1 > 0$  и  $K_p > 1$ .

### Следствия закона роста выручки ИПР

На основании построенной системы неравенств (2) поясним экономический смысл ограничений, определяя области допустимых значений для каждого из параметров  $y$ ,  $K_p$  и  $e$ . Для этого используем идею выражения выручки как функции от одной из переменных при фиксировании остальных параметров модели, т. е. при прочих равных условиях.

**Ограничения на коэффициент снижения цены  $y$ .** Рассмотрим уравнение выручки  $R_1(y)$  как функцию коэффициента снижения цены  $y$ :

$$R_1(y) = qp \left( K_p - y + eyK_p - ey^2 \right)$$

Пусть параметры  $e$  и  $K_p$  фиксированы и имеют место следующие ограничения:  $K_p > 1$ ,  $eK_p - 1 > 0$ . Первое неравенство системы, а именно

$$0 < y < K_p - \frac{1}{e}, \quad (3)$$

определяет множество допустимых значений переменной  $y$  для функции  $R_1(y)$ . Из этого неравенства ясно, что снижение цены не может быть как угодно большим, иначе нарушится желаемое бизнесменом свойство роста выручки. При этом укажем точную верхнюю границу снижения цены в случае интенсификации производства:

$$\bar{y} = K_p - \frac{1}{e}. \quad (4)$$

Отсюда следует важное утверждение: *увеличение выручки при использовании фирмой ИПР не будет наблюдаться в случае снижения цены на величину  $y \geq \bar{y}$ .*

Выражения (3) и (4) представляют собой рекомендации для предпринимателя при выборе гарантированного способа увеличения выручки при ИПР. В дальнейших рассуждениях полагаем, что каждый руководитель предприятия придерживается политики разумного поведения, т. е. предпочитает

рост прибыли (в результате увеличения выручки при переходе к ИПР), поэтому его будет интересовать только такое направление теоретических исследований. Именно по этой причине нас будет интересовать только случай выполнения системы неравенств (2), которую мы примем как закон роста выручки ИПР.

**Ограничения на параметр эластичности спроса по цене  $e$ .** Пусть параметры  $y$  и  $K_p$  фиксированы. Примем  $K_p > 1$ . Функция выручки в зависимости от коэффициента ценовой эластичности спроса имеет вид

$$R_1(e) = qp \left( K_p - y + e(yK_p - y^2) \right).$$

Первые два неравенства системы (2) определяют область допустимых значений относительно переменной  $e$ , соблюдая которые предприниматель получит выгоду от перехода к ИПР в виде увеличенной выручки. Используя (2), запишем следующую систему неравенств:

$$\begin{cases} 0 < y < K_p - \frac{1}{e}, \\ eK_p - 1 > 0, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} e > \frac{1}{K_p - y}, \\ e > \frac{1}{K_p}. \end{cases}$$

Отсюда ясно, что множество допустимых значений переменной  $e$  для функции  $R_1(e)$  определяется одним неравенством:

$$e > \frac{1}{K_p - y}. \quad (5)$$

На основе неравенства (5) можно сделать вывод о том, что предпринимателю будет выгодно внедрение инноваций в производство тех товарных групп, которым присущи относительно высокие показатели коэффициента ценовой эластичности спроса. Исходя из данного неравенства, самыми выгодными для предпринимателя будут рынки высокоэластичных товаров. К таким товарам относятся товары не первой необходимости, спрос на которые изменяется значительно даже при несущественном изменении цены. Такие товары являются легкозаменяемыми либо не играют важной роли для потребителя. При этом интенсификация не приведет к увеличению выручки фирмы, если внедрение новых технологий осуществляется в производственный процесс товаров с эластичностью спроса  $0 < e \leq \frac{1}{K_p - y}$ .

**Ограничения на темп роста цены  $K_p$ .** Предположим, что в формуле выручки (1) параметры  $y$  и  $e$  фиксированы, причем  $e > 0$ . В соответствии с (1) рассмотрим линейную функцию

$$R_1(K_p) = qp(1 + ey)(K_p - y).$$

Установим ее область определения. Из закона роста выручки ИПР (2) имеем последовательность равносильных систем неравенств

$$\begin{cases} 0 < y < K_p - \frac{1}{e}, \\ eK_p - 1 > 0, \\ K_p > 1, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} K_p > y + \frac{1}{e}, \\ K_p > \frac{1}{e}, \\ K_p > 1, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} K_p > y + \frac{1}{e}, \\ K_p > 1. \end{cases} \quad (6)$$

Отметим, что в зависимости от величины  $\underline{K}_p = y + \frac{1}{e}$  правая часть первого неравенства вышеприведенной системы может быть как больше единицы, так и меньше. В связи с этим рассмотрим два случая, полагая, что  $e > 0$ .

1. Пусть имеют место неравенства  $\underline{K}_p > 1$ . Тогда система (6) равносильна условиям

$$1 < y + \frac{1}{e} < K_p. \quad (7)$$

2. Пусть  $\underline{K}_p < 1$ . Тогда система (6) равносильна системе:

$$\begin{cases} K_p > 1, \\ y + \frac{1}{e} < 1. \end{cases} \quad (8)$$

Полученные условия (7) и (8) темпа роста цены  $K_p$  означают, что данный параметр модели хоть и вступает во взаимозависимость со всеми остальными параметрами, но не является существенно ограничительным для показателя роста выручки предпринимателя, поскольку он не зависит от функционирования предприятия. В частности, рост выручки возможен и при отсутствии инфляции, а именно когда  $K_p = 1$ .

**Пример.** Полученные области изменения параметров модели выручки позволяют представить график функции  $R_1$  в трехмерном пространстве по переменным  $y$  и  $e$  при фиксированном значении  $K_p > 1$ .

Для демонстрации графика используем следующие условия:

1) поскольку в формуле выручки произведение  $qr$  участвует лишь как множитель, то для простоты представления графика положим  $q = p = 1$ ;

2) предположим, что уровень инфляции составляет 5 %, в результате чего имеем  $K_p = 1,05$ ;

3) на практике чаще всего предприятие не имеет возможности в короткий срок добиться значительного снижения цены на свою продукцию, например на 70–80 % от первоначальной стоимости. Поэтому положим, что фирма может снизить первоначальную цену на свою продукцию максимум на 50 % посредством внедрения инноваций в производственный процесс. Так как по условию  $p = 1$ , то при

максимальном снижении цены имеем  $Y_{\max} = 0,5$  и  $y_{\max} = \frac{Y_{\max}}{p} = \frac{0,5}{1} = 0,5$ .

4) кроме того, максимально возможное значение абсолютной величины коэффициента ценовой эластичности спроса примем  $e_{\max} = 10$ . В результате функция от двух переменных  $R_1 = R_1(y, e)$  запишется в виде

$$R_1(y, e) = (1 + ey)(1,05 - y), \quad y \in (0; 0,5], \quad e \in (0; 10].$$

В рамках установленных ограничений переход предпринимателя к ИПР будет выигрышным, т. е. объем выручки фирмы станет больше лишь при соблюдении условий (3) и (5), а именно:

$$0 < y < 1,05 - \frac{1}{e}, \quad e > \frac{1}{1,05 - y}.$$

Для таких ограничений на рис. 1 представлен график функции  $R_1(y, e)$ , полученный при помощи программы *Wolfram Mathematica 10.0*. На графике по вертикальной оси отражена величина выручки  $R_1$ , а по горизонтальным осям – параметры  $e \in (0; 10]$  и  $y \in (0; 0,5]$ .

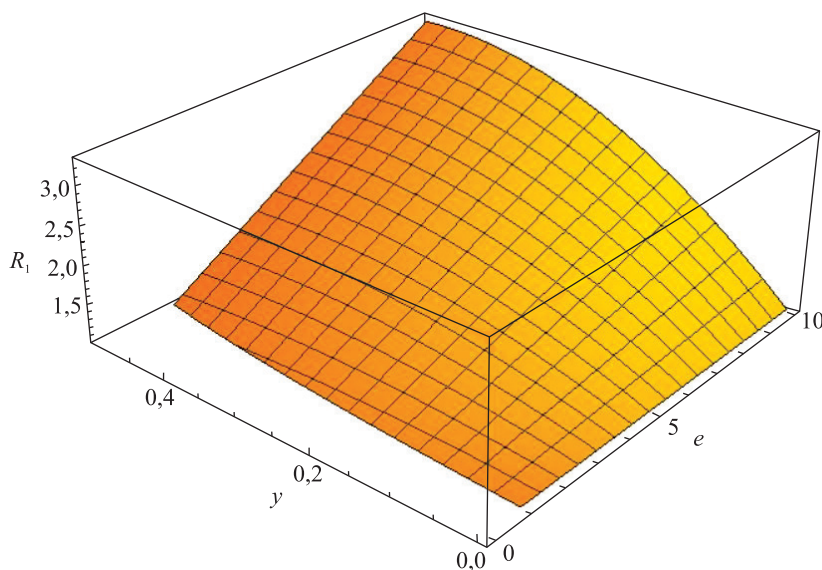


Рис. 1. График функции выручки  $R_1(y, e)$  в случае интенсивного пути развития производства  
Fig. 1. The graph of the revenue function  $R_1(y, e)$  in the case of an intensive way of production development



На основании графика можно сделать вывод: большая часть случаев получения выгоды от перехода к ИПР имеют величину ценовой эластичности спроса выше 1, что свойственно товарам с эластичным спросом. Кроме того, при фиксированном значении коэффициента эластичности спроса  $e$  увеличение коэффициента снижения цены ввиду внедрения инноваций и новых технологий в производственный процесс, т. е. рост  $y$ , приносит предпринимателю наиболее стремительное приумножение выручки при относительно высоких значениях  $e$  (в данном примере при  $e \rightarrow 10$  величина первоначальной выручки может быть увеличена более чем в 3 раза в случае перехода к ИПР при относительно больших значениях  $y$ ).

### Закон максимизации выручки ИПР

На основе формулы (1) и условия (3) рассмотрим квадратичную функцию выручки  $R_1(y)$ :

$$R_1(y) = qp(1 + ey)(K_p - y) = qp\left(-ey^2 + y(eK_p - 1) + K_p\right), \quad 0 < y < K_p - \frac{1}{e},$$

где предполагаются неравенства  $K_p > 1$  и  $eK_p - 1 > 0$ . Корни данного квадратного трехчлена очевидно имеют вид

$$y_1 = -\frac{1}{e} \text{ и } y_2 = K_p.$$

Первый корень уравнения  $y = y_1$  является отрицательным и не принадлежит области определения функции  $R_1(y)$ . Второй корень  $y = y_2$  положительный, однако он тоже не принадлежит области допустимых значений функции, так как находится правее интервала определения аргумента функции. Графиком функции  $R_1(y)$  является часть параболы с направленными вниз ветвями и вершиной в точке  $y = y^0$ , которая равна

$$y^0 = \frac{eK_p - 1}{2e}. \quad (9)$$

Точка  $y^0$  принадлежит области допустимых значений аргумента  $y$  функции  $R_1(y)$ . Определим наибольшее значение выручки, которое достигается функцией  $R_1(y)$  в точке  $y = y^0$ :

$$\tilde{R}_1 = R_1(y^0) = qp\left(1 + e\left(\frac{eK_p - 1}{2e}\right)\right)\left(K_p - \frac{eK_p - 1}{2e}\right) = \frac{qp}{4e}(1 + eK_p)^2, \quad e > \frac{1}{K_p}. \quad (10)$$

Эта формула максимальной величины выручки в случае ИПР может быть также представлена в виде

$$\tilde{R}_1 = qpK_p + \frac{qp}{4e}(1 - eK_p)^2, \quad e > \frac{1}{K_p}. \quad (11)$$

Формула (11) позволяет определить величину прироста первоначальной выручки  $qpK_p$  при использовании ИПР. Величина данного прироста составляет  $\frac{qp(1 - eK_p)^2}{4e}$ .

Далее, вычислим значения выручки в граничных точках заданного интервала:

$$\begin{aligned} \lim_{y \rightarrow +0} R_1(y) &= qp \lim_{y \rightarrow +0} (1 + ey)(K_p - y) = qpK_p; \\ \lim_{y \rightarrow K_p - 1/e - 0} R_1(x) &= qp \lim_{y \rightarrow K_p - 1/e - 0} (1 + ey)(K_p - y) = qp(1 + eK_p - 1)\left(K_p - K_p + \frac{1}{e}\right) = qpK_p. \end{aligned}$$

Схема графика функции  $R_1(y)$  представлена на рис. 2, где  $\bar{y} = K_p - \frac{1}{e}$ .

**Пример.** Рассмотрим предприятие, которое реализует 50 шт. товара по цене 10 денежных единиц ( $q = 50$ ,  $p = 10$ ). Уровень инфляции составляет 5 % ( $k_p = 0,05 \Leftrightarrow K_p = 1,05$ ). Для наглядности рассмотрим несколько товарных рынков в зависимости от их ценовой эластичности спроса. Согласно второму условию системы (2) предпринимателю для получения выигрыша от интенсификации производства необходимо выбирать рынки с ценовой эластичностью спроса, соответствующей условию



$e > \frac{1}{1,05} \Leftrightarrow e > 0,95$ . Исходя из данного условия, будем рассматривать товарные рынки с коэффициентами эластичности  $e_1 = 1,5$ ,  $e_2 = 3$ ,  $e_3 = 5$ ,  $e_4 = 10$ . Исходная величина выручки до перехода фирмы к ИПР и с учетом инфляции составляет  $qpK_p = 525$ . Расчеты прироста выручки в случае внедрения в процесс производства новых технологий представлены в таблице.

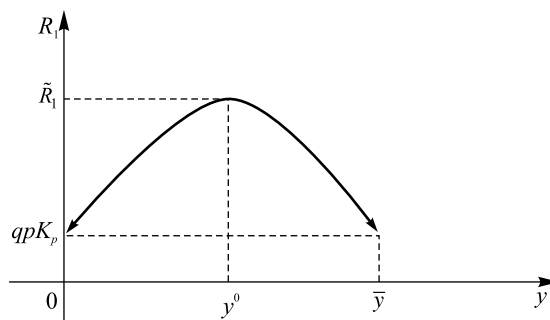


Рис. 2. График функции выручки  $R_1 = R_1(y)$ ,  $0 < y < \bar{y}$

Fig. 2. The graph of the revenue function  $R_1 = R_1(y)$ ,  $0 < y < \bar{y}$

**Изменение выручки в случае интенсификации производства предприятия для товарных рынков с разной ценовой эластичностью спроса**

**Change in revenue in case of intensification of production of an enterprise for product markets with different price elasticities of demand**

| Ценовая эластичность спроса, $e$ | Первоначальная выручка, $qpK_p$ | Величина прироста, $\frac{qp}{4e}(1 - eK_p)^2$ | Прирост первоначальной выручки, % |
|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1,5                              | 525                             | 27,55                                          | +5,25                             |
| 3,0                              | 525                             | 192,60                                         | +36,69                            |
| 5,0                              | 525                             | 451,56                                         | +86,01                            |
| 10,0                             | 525                             | 1 128,12                                       | +214,88                           |

В результате произведенных вычислений можно сделать вывод, что величина выручки в точке максимума при ИПР существенно зависит от значения коэффициента эластичности спроса по цене. Интенсификация производства более выгодна для товаров, которым присуща достаточно высокая ценовая эластичность спроса.

Таким образом, проведенный анализ функции выручки показывает, что у предпринимателя есть наилучший вариант ведения бизнеса при использовании ИПР и он соответствует оптимальному значению коэффициента снижения цены ввиду внедрения в процесс производства инноваций  $y$ , равному величине (9), которая представляет собой **закон максимизации выручки ИПР**.

**Следствия из закона максимизации выручки ИПР**

Используя оптимальное значение (9) аргумента  $y$  и закон роста (2) выручки ИПР, установим область определения параметров  $e$  и  $K_p$  функции  $\tilde{R}_1$ . Для этого подставим оптимальное значение (9) в систему неравенств (2). В результате система (2) преобразуется следующим образом:

$$\begin{cases} 0 < \frac{eK_p - 1}{2e} < K_p - \frac{1}{e}, \\ eK_p - 1 > 0, \\ K_p > 1, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 < \frac{eK_p - 1}{2e} < \frac{eK_p - 1}{e}, \\ eK_p - 1 > 0, \\ K_p > 1. \end{cases}$$

Отсюда получаем равносильную систему неравенств

$$\begin{cases} eK_p - 1 > 0, \\ K_p > 1, \end{cases} \quad (12)$$

которая соответствует условию достижения максимума выручки  $R_1 = \tilde{R}_1$ . Для определения области допустимых значений параметров  $e$  и  $K_p$  будем так же, как и выше, использовать идею изучения выражения максимальной выручки как функции от одной из переменных при прочих равных условиях.

**Зависимость максимума выручки от коэффициента ценовой эластичности спроса  $e$ .** Пусть параметр  $K_p$  фиксирован и в соответствии с системой (12) удовлетворяет ограничению  $K_p > 1$ . С учетом формулы максимума выручки (10) рассмотрим нелинейную функцию

$$\tilde{R}_1(e) = \frac{qp}{4e} (1 + eK_p)^2. \quad (13)$$

Область определения данной функции можно установить исходя из ограничений системы (12), откуда имеем

$$e > \frac{1}{K_p} > 0. \quad (14)$$

Далее запишем функцию максимума выручки  $\tilde{R}_1(e)$  в виде

$$\tilde{R}_1(e) = \frac{qp}{4} \left( eK_p^2 + \frac{1}{e} + 2K_p \right)$$

и вычислим ее производные, которые равны

$$\frac{d\tilde{R}_1(e)}{de} = \frac{qp}{4} \left( K_p^2 - \frac{1}{e^2} \right); \quad \frac{d^2\tilde{R}_1(e)}{de^2} = \frac{qp}{2e^3} > 0.$$

Первая производная равна нулю в точках  $e_1 = \frac{1}{K_p}$  и  $e_2 = -\frac{1}{K_p}$ . Обе эти точки не принадлежат области определения функции максимума выручки  $\tilde{R}_1(e)$ . Несмотря на то что точка  $e = e_1$  является положительной, она располагается на границе области определения (14), которая не входит в область допустимых значений функции  $\tilde{R}_1(e)$ . Кроме того, в области определения первая производная положительная, значит, функция строго монотонно возрастает, а с учетом знака второй производной, который также является положительным, функция  $\tilde{R}_1(e)$  имеет выпуклый график. Вычислим предельные значения функции  $\tilde{R}_1(e)$ . Они равны

$$\begin{aligned} \lim_{e \rightarrow 1/K_p + 0} \tilde{R}_1(e) &= \lim_{e \rightarrow 1/K_p + 0} \frac{qp}{4e} (1 + eK_p)^2 = qpK_p; \\ \lim_{e \rightarrow +\infty} \tilde{R}_1(e) &= \lim_{e \rightarrow +\infty} \frac{qp}{4e} (1 + eK_p)^2 = +\infty. \end{aligned}$$

По результатам проведенных исследований схема графика функции  $\tilde{R}_1(e)$  представлена на рис. 3.

На основании графика можно сделать вывод, что выгода предпринимателя в результате интенсификации производства увеличивается по мере роста ценовой эластичности спроса, т. е. наиболее прибыльным для фирмы является внедрение новых технологий в производственный процесс той товарной группы, спрос на которую меняется стремительно даже при небольшом изменении цены. Такими характеристиками обладают, например, легкозаменяемые товары.

**Зависимость максимума выручки от темпа роста цены  $K_p$ .** Используя формулу (13), рассмотрим функцию максимума выручки как квадратичную функцию от параметра  $K_p$  при фиксированном значении коэффициента эластичности спроса по цене  $e$ :

$$\tilde{R}_1(K_p) = \frac{qp}{4e} (1 + eK_p)^2.$$

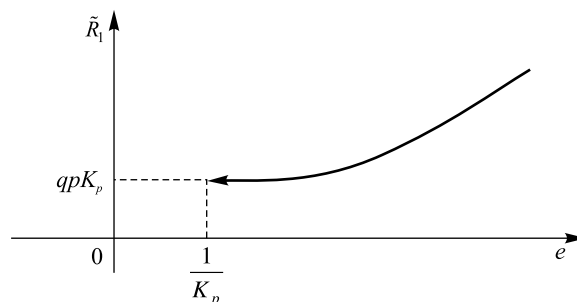


Рис. 3. График функции максимума выручки  $\tilde{R}_1 = \tilde{R}_1(e)$ ,  $e > \frac{1}{K_p} > 0$

Fig. 3. The graph of the revenue maximum function  $\tilde{R}_1 = \tilde{R}_1(e)$ ,  $e > \frac{1}{K_p} > 0$

В соответствии с системой (12) область определения функции  $\tilde{R}_1(K_p)$  задается условиями

$$\begin{cases} eK_p - 1 > 0, \\ K_p > 1, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} K_p > \frac{1}{e}, \\ K_p > 1. \end{cases} \quad (15)$$

Рассмотрим два случая соотношений между коэффициентом ценовой эластичности спроса  $e$  и 1.

1. Пусть  $e > 1$ , тогда область определения (15) задается неравенством  $K_p > 1$ . Предельные значения функции максимума выручки  $\tilde{R}_1(K_p)$  для данного случая равны

$$R^* = \lim_{K_p \rightarrow 1+0} \tilde{R}_1(K_p) = \frac{qp}{4e} \lim_{K_p \rightarrow 1+0} (1 + eK_p)^2 = \frac{qp}{4e} (1 + e)^2,$$

$$\lim_{K_p \rightarrow +\infty} \tilde{R}_1(K_p) = +\infty.$$

Функция  $\tilde{R}_1(K_p)$  является возрастающей, а график представляет собой часть параболы с направленными вверх ветвями и вершиной в точке  $K_p^0 = -\frac{1}{e}$ . Вершина параболы находится вне зоны допустимых значений функции максимума выручки. График функции  $\tilde{R}_1(K_p)$  представлен на рис. 4, а.

2. Пусть  $0 < e < 1$ , тогда область определения (15) задается условием  $K_p > \frac{1}{e}$ . Определим предельные значения функции максимума выручки  $\tilde{R}_1(K_p)$  для данного случая:

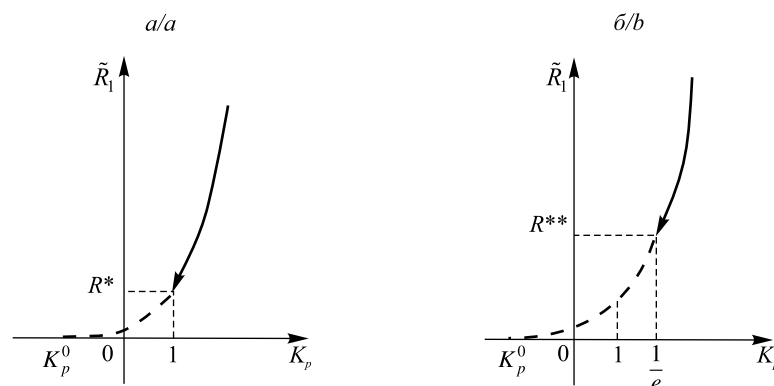


Рис. 4. График функции максимума выручки  $\tilde{R}_1 = \tilde{R}_1(K_p)$ :  
 $K_p > 1, e > 1$  (а);  $K_p > \frac{1}{e}, 0 < e < 1$  (б)

Fig. 4. The graph of the revenue maximum function  $\tilde{R}_1 = \tilde{R}_1(K_p)$ :  
 $K_p > 1, e > 1$  (а);  $K_p > \frac{1}{e}, 0 < e < 1$  (б)

$$R^{**} = \lim_{K_p \rightarrow 1/e + 0} \tilde{R}_1(K_p) = \frac{qP}{4e} \lim_{K_p \rightarrow 1/e + 0} (1 + eK_p)^2 = \frac{qP}{e},$$
$$\lim_{K_p \rightarrow +\infty} \tilde{R}_1(K_p) = +\infty.$$

Графиком функции  $\tilde{R}_1(K_p)$  является часть параболы с вершиной в точке  $K_p^0 = -\frac{1}{e}$ , ветви которой направлены вверх. Данный график изображен на рис. 4, б.

Из полученных графиков видно, что функция максимума выручки  $\tilde{R}_1(K_p)$  является всегда строго монотонно возрастающей и выпуклой по переменной темпа роста цены. Следует отметить, что руководитель предприятия не может самостоятельно влиять на данный показатель и принимает его как данность. Кроме того, повышение темпа роста цены отражает увеличение лишь номинальной величины выручки в результате инфляционных колебаний, а не реальной, поэтому ориентация на показатель  $K_p$  при определении выгоды от перехода к ИПР является нецелесообразной.

### Заключение

Внедрение инноваций в производственный процесс предприятия может как принести выгоду предпринимателю в виде получения большей выручки (предполагаем, что рост выручки будет способствовать и увеличению прибыли предприятия), так и привести к негативным последствиям в виде снижения объема получаемых фирмой денежных средств от реализации продукции и услуг. Настоящее исследование позволило выявить необходимые и достаточные условия роста выручки при интенсификации производства, представленные системой неравенств (2). При соблюдении указанных ограничений предпринимателю удастся эффективно внедрять новые технологии в процесс производства продукции и получать выгоду от интенсификации. Также выявлено, что наиболее перспективными в плане получения большей выручки являются рынки высокоэластичных товаров (товары не первой необходимости). Наибольший положительный эффект от перехода к ИПР фирма достигнет в случае работы на рынках товаров с высокой ценовой эластичностью спроса и одновременно при значительном снижении цены на товар в результате внедрения инноваций в процесс производства (рис. 1). Отметим, что руководитель организации не может влиять на темп роста цены, поэтому ориентация на повышение номинального значения выручки за счет увеличения темпа роста цены нецелесообразна.

### Библиографические ссылки

1. Дахдужева КД. Проблемы и особенности разграничения экстенсивного и интенсивного путей развития производственного предприятия. *Транспортное дело России*. 2011;3:101–102.
2. Овчинникова ЛА, Курбанов ДМ. Методические вопросы определения экстенсивного и интенсивного характера финансовых ресурсов. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент»*. 2017;1:89–97. DOI: 10.17586/2310-1172-2017-10-1-89-97.
3. Хапаев ИБ. Интенсификация сельскохозяйственного производства в условиях развития аграрного сектора на современном этапе рыночной экономики (теоретико-методологический обзор). *Вестник Уральского института экономики, управления и права*. 2013;3:57–60.
4. Хункаров АС. Интенсификация как один из основных путей ускоренного экономического и социального развития республики. *Вопросы структуризации экономики*. 2003;4:91–94.
5. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. Об экстенсивном методе производства и торговли. *Экономика, моделирование, прогнозирование*. 2017;11:159–167.
6. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. Анализ и оценка особенностей инновационного пути развития производства. В: Карпицкая МЕ, Витун СЕ, редакторы. *Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст*. Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы; 2018. с. 23–34.
7. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. Свойства эластичности выручки при экстенсивном пути развития. *Экономика, моделирование, прогнозирование*. 2018;12:181–192.
8. Боголюбская-Синякова ЕС. Исследование эластичности выручки при наращивании объемов производства на примере предприятия розничной торговли. *Экономика, моделирование, прогнозирование*. 2020;14:182–192.
9. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. О возможности государственного регулирования при экстенсивном пути развития производства. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2019;1:36–45.
10. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. Государственное регулирование дохода предпринимателя при инновационном пути развития производства. *Белорусский экономический журнал*. 2019;3:115–128.
11. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. Стимулирование инновационного развития производства путем государственного регулирования дохода предпринимателя. В: Королева АА, редактор. *Тенденции экономического*



развития в XXI веке. Материалы II Международной научной конференции; 28 февраля 2019 г.; Минск, Беларусь. Минск: Право и экономика; 2019. с. 220–223.

12. Боголюбская-Синякова ЕС. Анализ экстенсивного и инновационного путей развития производства и торговли. В: Белорусский государственный университет. Беларусь-2030: государство, бизнес, наука, образование. Материалы V Международной научной конференции, посвященной 20-летию образования экономического факультета БГУ; 14 декабря 2018 г.; Минск, Беларусь. Минск: Право и экономика; 2018. с. 28–31.

13. Боголюбская-Синякова ЕС. Экономико-математический анализ экстенсивного и инновационного путей развития производства. Экономика, моделирование, прогнозирование. 2019;13:170–175.

14. Боголюбская-Синякова ЕС. Оценка экстенсивного и инновационного путей развития производства. В: Медведова ЮА, редактор. Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития. Материалы XX Международной научной конференции; 17–18 октября 2019 г.; Минск, Беларусь. Том 3. Минск: НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь; 2019. с. 162–164.

15. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. О закономерностях роста дохода при экстенсивном пути развития предприятия. Белорусский экономический журнал. 2020;1:123–137.

16. Боголюбская-Синякова ЕС, Калитин БС. Основные закономерности экстенсивного пути развития производства. В: Шебеко КК, редактор. Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции; 24 апреля 2020 г.; Пинск, Беларусь. Пинск: Полесский государственный университет; 2020. с. 9–11.

17. Борисов АБ. Большой экономический словарь. Москва: Книжный мир; 1999. 895 с.

## References

1. Dahdueva KD. [Problems and particularities of the delimitation extensive and intensive ways of the development of the production enterprise]. *Transportnoe delo Rossii*. 2011;3:101–102. Russian.

2. Ovchinnikova LA, Kurbanov DM. Methodical questions of definition extensive and intensive character of financial resources. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskii menedzhment»*. 2017;1:89–97. Russian. DOI: 10.17586/2310-1172-2017-10-1-89-97.

3. Napayev IB. Intensification of agricultural production in the conditions of development of agrarian sector at the present stage of market economy (theoretical-methodological review). *Vestnik Ural'skogo instituta ekonomiki, upravleniya i prava*. 2013;3:57–60. Russian.

4. Hunkarov AS. [Intensification as one of the main ways of accelerated economic and social development of the republic]. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki*. 2003;4:91–94. Russian.

5. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. [Extensive method of production and trade]. In: *Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie*. 2017;11:159–167. Russian.

6. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. Analysis and estimation of the peculiarities of the innovative method of production development. In: Karpitskaya ME, Vitun SE, editors. *Problemy sovremennoi ekonomiki: global'nyi, natsional'nyi i regional'nyi kontekst* [Problems of the modern economy: global, national and regional context]. Grodno: Yanka Kupala State University of Grodno; 2018. p. 23–34. Russian.

7. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. [Properties of proceeds elasticity in the extensive path of development]. *Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie*. 2018;12:181–192. Russian.

8. Bahaliubskaya-Siniakova KS. Analysis of revenue elasticity in context of production increase on the example of retail enterprise. *Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie*. 2020;14:182–192. Russian.

9. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. On the possibility of state regulation in the extensive path of development of production. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2019;1:36–45. Russian.

10. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. State regulation of entrepreneur's income in the context of innovative way of production development. *Belarusian Economic Journal*. 2019;3:115–128. Russian.

11. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. Stimulating the innovative development of production through state regulation of the entrepreneur's income. In: Koroleva AA, editor. *Tendentsii ekonomicheskogo razvitiya v XXI veke. Materialy II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 28 fevralya 2019 g.; Minsk, Belarus'* [Economic development trends in the 21<sup>st</sup> century. Materials of the International scientific conference; 2019 February 28; Minsk, Belarus]. Minsk: Pravo i ekonomika; 2019. p. 220–223. Russian.

12. Bahaliubskaya-Siniakova KS. Analysis of extensive and innovative ways of development of production and trade. In: Belarusian State University. *Belarus'-2030: gosudarstvo, biznes, nauka, obrazovanie. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 20-letiyu obrazovaniya ekonomicheskogo fakul'teta BGU; 14 dekabrya 2018 g.; Minsk, Belarus'* [Belarus-2030: state, business, science, education. Materials of the 5<sup>th</sup> International scientific conference dedicated to the 20<sup>th</sup> anniversary of the formation of the faculty of economics of BSU; 2018 December 14; Minsk, Belarus]. Minsk: Pravo i ekonomika; 2018. p. 28–31. Russian.

13. Bahaliubskaya-Siniakova KS. Economic and mathematical analysis of extensive and innovative ways of production development. *Ekonomika, modelirovanie, prognozirovanie*. 2019;14:170–175. Russian.

14. Bahaliubskaya-Siniakova KS. [Assessment of the impact of extensive and innovative ways of production development]. In: Medvedeva YuA, editor. *Problemy prognozirovaniya i gosudarstvennogo regulirovaniya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya. Materialy XX Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 17–18 oktyabrya 2019 g.; Minsk, Belarus'. Tom 3* [Problems of forecasting and state regulation of socio-economic development. Materials of the 20<sup>th</sup> International scientific conference; 2019 October 17–18; Minsk, Belarus. Volume 3]. Minsk: Economy Research Institute, Ministry of Economy of the Republic of Belarus; 2019. p. 162–164. Russian.



15. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. On regularities of income growth in the context of enterprise's extensive development. *Belarusian Economic Journal*. 2020;1:123–137. Russian.
16. Bahaliubskaya-Siniakova KS, Kalitine BS. [The main patterns of the extensive path of production development]. In: Shebeko KK, editor. *Ustoichivoe razvitie ekonomiki: sostoyanie, problemy, perspektivy. Sbornik trudov XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; 24 aprelya 2020 g.; Pinsk, Belarus'* [Sustainable development of the economy: state, problems, prospects. Proceedings of the 14<sup>th</sup> International scientific and practical conference; 2020 April 24; Pinsk, Belarus]. Pinsk: Polesky State University; 2020. p. 9–11. Russian.
17. Borisov AB. *Bol'shoi ekonomicheskii slovar'* [Big dictionary of economics]. Moscow: Knizhnyi mir; 1999. 895 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 01.12.2020.  
Received by editorial board 01.12.2020.



## ОТ МОНЖА ДО СОВРЕМЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

А. А. КОРОЛЕВА<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Оптимизация логистических схем транспортировки грузов математически требует урегулирования денежных затрат на транспортные потоки. Рассматриваются методы организации оптимальных транспортных потоков. Проводится исторический обзор моделей и методов улучшения транспортной логистики. Особое внимание уделяется легкоразрешимым случаям транспортной задачи со специальными стоимостными функциями. В рамках этой задачи предлагается использовать выпуклостные обобщения матриц Монжа. Данные матрицы позволяют классифицировать стоимостные целевые функции для большинства разрешимых случаев транспортных задач как классического типа, так и типа коммивояжера и др.

**Ключевые слова:** транспортная задача; оптимизация в логистике; свойство Монжа; выпуклость матриц.

## FROM MONGE TO MODERN OPTIMISATION OF TRANSPORT FLOWS

A. A. KOROLEVA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

The article is devoted to the analysis of flow optimisation methods in transport logistics. The historical review and analysis of the current state are given with a focus on easily solvable cases that generalise the well-known Monge property of cost matrices.

**Keywords:** transportation problem; optimisation in logistics; Monge property; the convexity of the matrix.

### История

До недавнего времени «Оксфордский словарь» определял транспортную логистику как отрасль военной науки по перевозке материалов и персонала. Действительно, логистика развивалась как обобщение опыта успешных логистических решений по перемещению войск и сопутствующих материалов А. Македонского, шведского короля Карла XII при походе в Украину, Ивана Грозного в походах в Ливонию и ВКЛ, А. В. Суворова в походе в Швейцарию. Впервые термин «логистика» появился в Византийской империи, где логисты двора императора Льва VI распределяли продукты питания. Считается, что в русскую науку понятие логистики как практического искусства движения войск ввел в XIX в. барон де А. Д. Жомини, перебежавший из армии Наполеона к Александру I.

#### Образец цитирования:

Королева АА. От Монжа до современной оптимизации транспортных потоков. Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2021;1:26–36.

#### For citation:

Koroleva AA. From Monge to modern optimisation of transport flows. Journal of the Belarusian State University. Economics. 2021;1:26–36. Russian.

#### Автор:

Анна Анатольевна Королева – кандидат физико-математических наук, доцент; декан экономического факультета.

#### Author:

Anna A. Koroleva, PhD (physics and mathematics), docent; dean of the faculty of economics.  
koroleva@bsu.by



Важнейшая в логистике задача оптимизации транспортного потока впервые была формализована в 1781 г. главным интендантом в походах Наполеона Гаспаром Монжем, ставшим позднее известным математиком [1]. Однако его результаты, равно как и результаты в 1920 г. советского экономиста А. Н. Толстого [2], широкой известности не получили. И только советский математик, в будущем известный экономист, лауреат Нобелевской премии по экономике, Л. В. Канторович опубликовал в 1942 г. труд «О перемещении масс» [3]. Идеи Л. В. Канторовича, изложенные в этом издании, а также метод потенциалов, разработанный им совместно с М. К. Гавуриным, долгое время [4] считались основополагающими в сфере транспортной логистики. Когда оптимизаторам потоков в сетях стали известны работы Г. Монжа (примерно с 1990 г.), транспортную задачу начали называть задачей Монжа – Канторовича. На Западе подобными исследованиями занимались Ф. Хичкок [5], Т. Купманс [6], а также Г. Данциг [7]. Существенным продвижением стало потоко-сетевое представление транспортной задачи, разработанное Л. Р. Фордом и Д. Р. Фалкерсоном сначала в отчете корпорации Военно-морского флота США RAND, а затем в их знаменитой монографии [8]. Научный труд В. А. Емеличева, М. М. Ковалева, М. К. Кравцова «Многогранники, графы, оптимизация» [9], получивший широкую известность в мире после перевода в 1984 г. в издательстве Кембриджского университета [10], стал еще одним продвижением в теории транспортных задач, особенно многоиндексных. Обзор современных достижений по классическим задачам Монжа и Канторовича дан в [11].

### Основные модели транспортной задачи

**Модель Монжа – Канторовича.** Пусть  $X$  и  $Y$  – два сепарабельных метрических пространства, соответствующих вероятностно-измеримым по Радону функциям  $\mu$  и  $\nu$ . Пусть  $c : X \times Y \rightarrow [0, +\infty]$  есть измеримая по Борелю стоимостная функция (например, расстояния). В формулировке Монжа задача состоит в нахождении оптимального транспортного отображения  $T : X \rightarrow Y$ , на котором достигается

$$\inf_x \int c(x, T(x)) d\mu(x).$$

Согласно формулировке Канторовича при решении оптимизационной транспортной задачи требуется найти вероятностную меру  $\gamma : X \times Y$ , на которой достигается

$$\inf_{X \times Y} \int c(x, y) d\gamma(xy) : \gamma \in \Gamma(\mu, \nu),$$

где  $\Gamma(\mu, \nu)$  определяет семейство вероятностных мер на  $X \times Y$ .

Детальный анализ современного состояния исследований модели Монжа – Канторовича представлен в [11].

**Матричная модель (классическая транспортная задача).** Пусть  $(m \times n)$  – матрица;  $c = (c_{ij})$  есть стоимость перевозок груза в количестве  $a_i$  из пунктов  $i$  в пункты  $j$ , где этот груз требуется в количестве  $b_j$ . В результате транспортная задача упрощается до

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

Решается данная задача стандартными программами линейного программирования (см. раздел «Современный программный инструментарий транспортной оптимизации»). На практике обычно рассматриваются различные ее усложнения, связанные с контейнерными перевозками, включающими транспортировку порожних контейнеров. В этом случае при тех же ограничениях стоимостная функция принимает вид  $\sum_j \sum_i f_{ij}(x_{ij})$ , где  $f_{ij}$  – порядково-выпуклая функция.



**Сетевая модель.** На практике лучше моделировать задачу оптимизации транспортных потоков с помощью сетевого представления. Транспортную сеть описывают ориентированным графом  $G = (V, E)$  с множествами вершин  $V$  и дуг  $E$ . Каждая дуга соответствует реальному участку автодороги, а каждая вершина есть узел (перекресток). Направление дуги показывает ход автотранспорта. Магистраль с двусторонним движением имеют парные противоположные дуги. Пусть  $S \subseteq V$  есть источники, т. е. вершины, из которых вывозится груз, а  $T \subseteq V$  – стоки, т. е. вершины, поглощающие поток. Перемещение по каждой дуге  $(i, j)$  сопровождается затратами  $c_{ij}$  (или доходами  $c_{ij}$  транспортной компании). Получим задачу

$$\min(\max) \sum_{(i,j) \in V} c_{ij} x_{ij}$$

при условиях

$$\begin{cases} \sum_{j \in V_i^+} x_{ji} - \sum_{j \in V_i^-} x_{ij} \leq a_i, i \in S, \\ \sum_{j \in V_i^+} x_{ji} - \sum_{j \in V_i^-} x_{ij} = 0, i \in V(SUV), \\ \sum_{j \in V_i^+} x_{ji} - \sum_{j \in V_i^-} x_{ij} \geq b_i, i \in T, \\ 0 \leq x_{ij} \leq d_{ij}, (i, j) \in E, \end{cases}$$

где  $d_{ij}$  – пропускная способность дуги  $(i, j) \in E$ ;  $V_i^+ (V_i^-)$  – вершины, связанные с вершиной  $i$  входящей (выходящей) дугой  $(j, i)$  или  $(i, j)$ .

Рассматривают и многопродуктовые обобщения транспортной задачи, в которых перевозятся отдельно многие продукты, но пропускные способности дуг общие.

В транспортно-логистических приложениях при различных дополнительных ограничениях, кроме вышеизложенных, в качестве стоимостных функций определяют:

- 1) минимум денежных затрат;
- 2) минимум приведенных затрат;
- 3) минимум временных затрат на перевозки;
- 4) максимум дохода транспортной компании от выполненных перевозок.

### Матрицы Монжа и градиентный алгоритм

В работе [1] Г. Монж выделил класс стоимостных матриц, обладавших свойством

$$c_{ij} + c_{kl} \leq c_{il} + c_{kj} \text{ для всех } 1 \leq i < k \leq m. \quad (1)$$

В транспортной оптимизации получили также распространение симметричные матрицы Монжа, или матрицы Супника. Матрицы Монжа возникли, когда точки перемещения груза находились на сторонах многоугольника, а расстояние измерялось в евклидовой метрике.

В работе [12] такие матрицы были названы матрицами Монжа. Если условие (1) выполняется в другую сторону, а именно  $\geq$ , то их считают матрицами анти-Монжа. Еще Г. Монж доказал, что транспортную задачу с такой матрицей стоимости решает «жадный» (*glouton* – по Монжу, *greedy* – в англоязычной литературе) алгоритм, который совпадает в транспортной задаче на минимум с алгоритмом минимального элемента. В монографии М. М. Ковалева [13] показано, что на самом деле этот алгоритм есть применение общего градиентного метода для данного класса задач.

Впервые оптимальность плана, построенного градиентным алгоритмом, доказал А. Гофман [12], а позднее и ряд других ученых для разных модификаций транспортной задачи: аксиальной многоиндексной транспортной задачи [14; 15], транспортной задачи с запрещенными дугами [16; 17], общей потоковой задачи [18]; задачи о К-коммивояжерах [19; 20], задачи размещения [21].

Как оказалось, многие другие легко разрешимые случаи задач оптимизации транспортных логистических потоков также связаны со специальными случаями матриц Монжа и анти-Монжа. Это такие известные результаты, как разрешимые случаи задачи коммивояжера [22; 23], задачи об оптимальных деревьях [24; 25], задачи об оптимальных цепях матриц [26]. Ниже выявим и другие легко разрешимые задачи оптимизации транспортных систем, обладающих свойствами, подобными свойствам Монжа.

### Матрицы Монжа и выпуклость

В работах [27–31] матрицы Монжа описываются как конусы стоимостных матриц, влияние которых облегчает решение задач оптимизации транспортного типа. Резюмируя [27], покажем, что свойство Монжа есть разновидность общего свойства выпуклости функции  $c_{i,j}$  двух дискретных переменных  $i$  и  $j$ , и в следующем разделе обобщим вышецитированное исследование конусов подобных функций.

Матрица  $C = (c_{ij})_{m \times n}$ , как функция переменных  $i$  и  $j$  для всех  $i, j$ , будет называться:

- субмодулярной, если  $c_{i-1j-1} + c_{ij} \leq c_{ij-1} + c_{i-1j}$ ;
- супермодулярной, если  $c_{i-1j-1} + c_{ij} \geq c_{ij-1} + c_{i-1j}$ ;
- модулярной, если  $c_{i-1j-1} + c_{ij} = c_{ij-1} + c_{i-1j}$ ;
- вогнутой, если  $c_{i-1j} + c_{i+1j} \leq 2c_{ij}$ ,  $c_{ij-1} + c_{ij+1} \leq 2c_{ij}$ ;
- выпуклой, если  $c_{i-1j} + c_{i+1j} \geq 2c_{ij}$ ,  $c_{ij-1} + c_{ij+1} \geq 2c_{ij}$ ;
- линейной, если  $c_{i-1j} + c_{i+1j} = 2c_{ij}$ ,  $c_{ij-1} + c_{ij+1} = 2c_{ij}$ .

Введем  $m \times (n-1)$  – матрицу градиентов  $\Delta^{\text{row}} C$  – с элементами

$$(\Delta^{\text{row}} C)_{ij} = c_{ij+1} - c_{ij}$$

и  $(m-1) \times n$  – матрицу градиентов  $\Delta^{\text{col}} C$  – с элементами

$$(\Delta^{\text{col}} C)_{ij} = c_{i+1j} - c_{ij}.$$

Очевидно, что обе последние матрицы есть дискретные аналоги градиентов по направлениям  $i$  и  $j$  (подробнее см. [13]).

Назовем матрицу  $A$  изотонной (антитонной), если  $a_{ij} \leq a_{kl}$  или  $a_{ij} \geq a_{kl}$  для всех  $i \leq k, j \leq p$ , строчно-изотонной (строчно-антитонной), если дополнительно  $i \equiv k$ , и столбцово-изотонной (столбцово-антитонной), если дополнительно  $j \equiv p$ .

Функция  $f: Z^n \rightarrow R$  порядково-выпуклая (порядково-вогнутая), если

$$f(x + \sigma_i) - f(x) \geq f(y + \sigma_i) - f(y) \text{ или } f(x + \sigma_i) - f(x) \leq f(y + \sigma_i) - f(y)$$

для всех  $x \leq y$  и  $1 \leq i \leq n$ , где  $\sigma_i = (0, \dots, 1_i, 0, \dots, 0)$  (теорию таких функций см. в [13]).



Иерархия классов порядково-выпуклых (вогнутых) функций на  $Z^2$

Hierarchy of classes of order-convex (concave) functions on  $Z^2$

На рисунке представлена иерархия классов введенных функций.

Опишем свойства выпуклых стоимостных матриц:

1) матрица  $C$  является субмодулярной (супермодулярной) тогда и только тогда, когда матрица градиентов  $\Delta^{\text{row}} C$  есть столбцово-антитонная (столбцово-изотонная), а матрица градиентов  $\Delta^{\text{col}} C$  – строчно-антитонная (строчно-изотонная);

2) матрица  $C$  является модулярной тогда и только тогда, когда будут равны и элементы каждого столбца матрицы градиентов  $\Delta^{\text{row}} C$ , и элементы каждой строки матрицы градиентов  $\Delta^{\text{col}} C$ ;

3) матрица  $C$  является выпуклой (вогнутой) тогда и только тогда, когда матрица градиентов  $\Delta^{\text{row}} C$  есть строчно-изотонная (строчно-антитонная) и матрица градиентов  $\Delta^{\text{col}} C$  – столбцово-изотонная (столбцово-антитонная);



4) матрица  $C$  является линейной тогда и только тогда, когда будут равны и элементы каждой строки матрицы градиентов  $\Delta^{\text{row}} C$ , и элементы каждого столбца матрицы градиентов  $\Delta^{\text{col}} C$ ;

5) матрица  $C$  является вогнуто-субмодулярной тогда и только тогда, когда матрицы градиентов  $\Delta^{\text{row}} C$ ,  $\Delta^{\text{col}} C$  будут антитонными (изотонными);

6)  $(m \times n)$ -матрица  $C$  является матрицей Монжа (анти-Монжа) тогда и только тогда, когда функция  $C(i, j) = c_{ij}$  есть субмодулярная (супермодулярная) функция на  $Z^2(m, n)$ . Такие матрицы называем вогнуто-субмодулярными (выпукло-супермодулярными);

7)  $(m \times n)$ -матрица  $C$  имеет свойство выпуклости и свойство Монжа тогда и только тогда, когда функция  $C(i, j) = c_{ij}$  определенная на  $Z^2(m, n)$ , является порядково-выпуклой (порядково-вогнутой).

Приведем практические примеры выпуклых стоимостных матриц:

- матрица  $C = a \oplus b = (a_i + b_j)$  для всех  $i$  и  $j$  является модулярной. Если  $a(i) = a_i$  и  $b(j) = b_j$  есть вогнутые (выпуклые) функции, тогда  $C = (a_i + b_j)$  – вогнутая (выпуклая) модулярная матрица. Более того, матрица  $c$  модулярная тогда и только тогда, когда существуют функции  $a(i) = a_i$ ,  $b(j) = b_j$  такие, что  $c_{ij} = a_i \cdot b_j$  для всех  $i, j$ . В работах<sup>1</sup> [22; 23] показано, что задача коммивояжера и ряд ее обобщений с такими матрицами стоимостей эффективно разрешима. Точнее, ее оптимум достигается на пирамидальных циклах, которые имеют вид  $(1, i_1, \dots, i_r, n, j_1, \dots, j_{n-r-2})$ ,  $i_1 < \dots < i_r$  и  $j_1 > \dots > j_{n-r-2}$ ;

- матрица  $C = \max(a_i, b_j)$ , где  $a_i, b_j$  равны 0 или 1, есть изотонная субмодулярная, если  $a(i)$  и  $b(j)$  – изотонные функции, и супермодулярная, если  $a(i)$  и  $b(j)$  – антитонные функции;

- матрица  $C = (a_i \cdot b_j)$ ,  $a_i \geq 0, b_j \geq 0$ , имеет свойство Монжа (субмодулярная) тогда и только тогда, когда функции  $a(i)$  и  $b(j)$  изотонные;

- матрица  $C = (a_i \cdot b_j)$  есть строчно-выпуклая (вогнутая) тогда и только тогда, когда функция  $b(j)$  есть выпуклая (вогнутая) и столбцово-выпуклая (вогнутая), тогда и только тогда, когда функция  $a(i)$  есть выпуклая (вогнутая).

В. Айзенштадт и Д. Кравчук [22] еще в 1968 г. исследовали задачу коммивояжера с матрицей анти-Монжа (супермодулярной) и предложили алгоритмы сложности  $O(n^2)$  ее решения. Позднее этот результат обобщался многими авторами<sup>2</sup> [33–34].

### Порождающие конусов матриц Монжа

Для каждого из классов матриц Монжа опишем порождающие соответствующих конусов.

**Модулярные матрицы.** Очевидно, что неотрицательные модулярные матрицы образуют конус. Полное описание таких матриц дают их порождающие.

Матрицу  $c = (c_{ij}) = (a_i \cdot b_j)$  обозначаем как  $a \otimes b$ ,  $c = (c_{ij}) = \max(a_i, b_j)$  – как  $a \odot b$ . Пусть  $e_i = \sum_{j=1}^i \sigma_j$  и  $\bar{e}_i = \sum_{j=i}^n \sigma_j$ .

Множество экстремальных лучей конуса модулярных неотрицательных матриц в зависимости от подкласса представлено в табл. 1, в которой  $0 = (0, \dots, 0)$ .

Таблица 1

Экстремальные лучи (порождающие) подконусов модулярных неотрицательных матриц

Table 1

Extreme rays (generators) of subcones of convex (concave) non-negative matrices

| Матрицы            | Порождающие подконусов                                                                                                                                                                                |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выпуклые           | $0 \oplus (0, \dots, 0, 1, 2, \dots, n-i), 0 \oplus (n-i, \dots, 1, 0, \dots, 0), i = 1, \dots, n$ , и их транспонированные                                                                           |
| Выпуклые изотонные | $0 \oplus (0, \dots, 0, 1, \dots, n-i), i = 1, \dots, n-1, 0 \oplus (1, \dots, 1)$ , и их транспонированные                                                                                           |
| Вогнутые           | $(0, 1, \dots, n-1) \oplus 0, (n-1, \dots, 1, 0) \oplus 0, (0, 1(k-1), 2(k-2), \dots, (n-k)(k-1), (n-k) \times (k-2), \dots, (n-k)1, 0) \oplus 0$ для всех $k = 2, \dots, n-1$ и их транспонированные |
| Вогнутые изотонные | $(1, \dots, 1) \oplus 0, (0, 1, \dots, k, \dots, k) \oplus 0$ для всех $k = 1, \dots, n-1$ и их транспонированные                                                                                     |

<sup>1</sup>Сарванов В. И. О квадратичных задачах выбора : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.01.09. Минск, 1978. 8 с.

<sup>2</sup>Там же.



Множество экстремальных лучей симметрических модулярных неотрицательных  $(m \times n)$ -матриц с различными дополнительными свойствами представлено в табл. 2.

Таблица 2

Экстремальные лучи (порождающие) подконусов симметрических модулярных неотрицательных матриц

Table 2

Extreme rays (generators) of subcones of modular non-negative matrices

| Матрицы            | Порождающие подконусов                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модулярные         | $\sigma_i \oplus \sigma_i$ для всех $i = 1, \dots, n$                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Линейные           | $(1, 2, \dots, n) \oplus (1, 2, \dots, n)$                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Изотонные          | $\bar{e}_i \oplus \bar{e}_i$ для всех $i = 1, \dots, n$                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Выпуклые           | $(0, 0, \dots, 0, 1, 2, \dots, n-1) \oplus (0, 0, \dots, 0, 1, 2, \dots, n-i)$ для всех $i = 1, \dots, n$ ,<br>$(n-1, n-i-1, \dots, 1, 0, \dots, 0) \oplus (n-i, n-i-1, \dots, 1, 0, \dots, 0)$ для всех $i = 1, \dots, n-1$                                                                                |
| Выпуклые изотонные | $(0, 0, \dots, 0, 1, 2, \dots, n-i) \oplus (0, 0, \dots, 0, 1, 2, \dots, n-i)$ для всех $i = 1, \dots, n-1$ ,<br>$e_n \oplus e_n$                                                                                                                                                                           |
| Вогнутые           | $(0, 1, 2, \dots, n-1) \oplus (0, 1, 2, \dots, n-1)$ ,<br>$(n-1, n-2, \dots, 1, 0) \oplus (n-1, n-2, \dots, 1, 0)$ ,<br>$(0, 1(i-1), 2(i-2), \dots, (n-i)(i-1), (n-i)(i-2), \dots, (n-i)1, 0) \oplus$<br>$\oplus (0, 1(i-1), 2(i-2), \dots, (n-i)(i-1), (n-i)(i-2), \dots, (n-i))$<br>для всех $i = 2, n-1$ |
| Вогнутые изотонные | $(0, 1, 2, \dots, i, i, \dots, i) \oplus (0, 1, 2, \dots, i, i, \dots, i)$ , $i = 1, \dots, n-1$ , $e_n \oplus e_n$                                                                                                                                                                                         |

**Порождающие конусов линейных матриц.** Приведем описание порождающих лучей конуса неотрицательных линейных матриц (табл. 3). Обоснование вытекает из факта представимости элементов таких матриц в форме  $c_{ij} = c_{11} + a(i-1) + b(j-1) + d(i-1)(j-1)$  и при этом линейная матрица  $c$  есть субмодулярная, супермодулярная или модулярная тогда и только тогда, когда  $d \leq 0$ ,  $d \geq 0$ ,  $d = 0$ .

Таблица 3

Экстремальные лучи (порождающие) подконусов линейных неотрицательных матриц

Table 3

Extreme rays (generators) of subcones of linear non-negative matrices

| Матрицы                | Порождающие подконусов                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Линейные               | Субмодулярные: $(0, 1, \dots, m-1) \otimes (n-1, n-2, \dots, 0)$ ,<br>$(m-1, m-2, \dots, 0) \otimes (0, 1, 2, \dots, n-1)$ .<br>Супермодулярные: $(m-1, m-2, \dots, 0) \otimes (n-1, n-2, \dots, 0)$ ,<br>$(0, 1, 2, \dots, m-1) \otimes (0, 1, 2, \dots, n-1)$ |
| Линейные модулярные    | $\mathbf{0} \oplus (0, 1, 2, \dots, n-1)$ , $(0, 1, 2, \dots, m-1) \oplus \mathbf{0}$ ,<br>$\mathbf{0} \oplus (n-1, n-2, \dots, 0)$ , $(m-1, m-2, \dots, 0) \oplus \mathbf{0}$                                                                                  |
| Линейные субмодулярные | $(m-1, m-2, \dots, 0) \otimes (0, 1, 2, \dots, n-1)$ , $(0, 1, 2, \dots, m-1) \otimes (n-1, n-2, \dots, 0)$                                                                                                                                                     |



| Матрицы                                     | Порождающие подконусов                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Линейные<br>субмодулярные<br>симметрические | $(0, 1, 2, \dots, n-1) \oplus (0, 1, 2, \dots, n-1),$<br>$(n-1, n-2, \dots, 0) \oplus (n-1, n-2, \dots, 0),$<br>$(n-1, n-2, \dots, 0),$<br>$(0, 1, 2, \dots, n-1) + (0, 1, 2, \dots, n-1) \otimes (n-1, n-2, \dots, 0)$                                                        |
| Линейные<br>модулярные<br>изотонные         | $\mathbf{0} \oplus (0, 1, 2, \dots, n-1),$<br>$(0, 1, 2, \dots, m-1) \oplus \mathbf{0},$<br>$(1, 1, \dots, 1)$                                                                                                                                                                 |
| Линейные<br>субмодулярные<br>изотонные      | $(0, 1, 2, \dots, m-1) \otimes (m-1, m-2, \dots, m-n),$<br>$(n-1, n-1, \dots, n-1) \otimes (0, 1, 2, \dots, m-n),$ если $m \geq n$ , или<br>$(n-1, n-2, \dots, n-m) \otimes (0, 1, 2, \dots, n-1),$<br>$(0, 1, 2, \dots, m-1) \otimes (m-1, m-1, \dots, m-1),$ если $m \leq n$ |

**Порождающие конусов субмодулярных функций.** Множество экстремальных лучей конуса субмодулярных неотрицательных  $(m \times n)$ -матриц представлено в табл. 4.

Таблица 4

Экстремальные лучи (порождающие) подконусов субмодулярных матриц

Table 4

Extreme rays (generators) of subcones of submodular matrices

| Матрицы                                   | Порождающие подконусов                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Субмодулярные                             | $\sigma_i \oplus \mathbf{0}, i = 1, \dots, m, \mathbf{0} \oplus \sigma_j, j = 1, \dots, n, \bar{e}_i \otimes e_j, i = 2, \dots, m, j = 1, \dots, n-1,$<br>$e_i \otimes \bar{e}_j, i = 1, \dots, m-1, j = 2, \dots, n$ |
| Изотонные<br>субмодулярные                | $\bar{e}_i \otimes \bar{e}_j, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n, (i, j) \neq (m, n)$                                                                                                                                   |
| Изотонные симметрические<br>субмодулярные | $\bar{e}_i \otimes \bar{e}_j + \bar{e}_j \otimes \bar{e}_i, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n$                                                                                                                         |

### Многоиндексные транспортные задачи и многомерные матрицы Монжа

Многомерная  $(h_1 \times \dots \times h_n)$ -матрица  $c = (c_{i_1, \dots, i_n})$  называется:

- субмодулярной, если  $c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_n} \leq c_{i_1, \dots, i_s, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}, \dots, i_n}$ ;
- супермодулярной, если  $c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_n} \geq c_{i_1, \dots, i_s, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}, \dots, i_n}$ ;
- модулярной, если  $c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_n} = c_{i_1, \dots, i_s, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}, \dots, i_n}$ ;
- выпуклой, если  $c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_s+1, \dots, i_n} \leq 2c_{i_1, \dots, i_n}$ ;
- вогнутой, если  $c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_s+1, \dots, i_n} \geq 2c_{i_1, \dots, i_n}$ ;
- линейной, если  $c_{i_1, \dots, i_s-1, i_{s+1}-1, \dots, i_n} + c_{i_1, \dots, i_s+1, \dots, i_n} = 2c_{i_1, \dots, i_n}$ .

Если в многоиндексной транспортной задаче с аксиальными суммами

$$\min \sum_{i_1=1}^{h_1} \sum_{i_2=2}^{h_2} \dots \sum_{i_n=1}^{h_n} c_{i_1, \dots, i_n} x_{i_1, \dots, i_n},$$

$$\sum_{\substack{i_1, \dots, i_n \\ i_k \neq q}} x_{i_1, i_2, \dots, i_n} = a_q^k \text{ для всех } k = 1, \dots, n, q = 1, \dots, h_k,$$

стоимостная матрица есть матрица Монжа, то оптимальный план сформулированной задачи находит лексикографический градиентный алгоритм [35]. Другие обобщения многоиндексных транспортных задач проанализированы в [9; 10].

### Полиматроидность транспортной задачи

Многогранник  $P(r)$  в  $R^n$ , задаваемый условиями

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq r(I) \text{ для всех } I \subseteq \{1, \dots, n\},$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1 - n,$$

называется полиматроидом, если  $r(I)$  – субмодулярная функция, т. е.

$$r(A) + r(B) \leq r(A \cap B) + r(A \cup B).$$

Очевидно, что если  $r(I) \equiv 1$ , то  $P(r)$  – симплекс, если  $r(I) = \sum_{i \in I} c_i$  – линейная функция, то  $P(r)$  – параллелепипед со стороной  $c_i$ . Легко проверяется, что ограничения классической транспортной задачи есть пересечение двух полиматроидов [13]:

$$P_1 = \left\{ (x_{ij})_{m \times n} : x_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, i = 1, \dots, m \right\},$$

$$P_2 = \left\{ (x_{ij})_{m \times n} : x_{ij} \geq 0, \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j, j = 1, \dots, n \right\}.$$

Полиматроиды интересны тем, что градиентное решение  $x^g$  будет оптимальным в задаче максимизации линейной функции на таком множестве. Более того, если допустимая область есть пересечение  $k$ -полиматроидов, то

$$\frac{c(x^g)}{c(x^{\text{опт}})} \geq \frac{1}{k},$$

т. е. градиентное решение в любой транспортной задаче максимизации дохода транспортной компании будет иметь точность не менее  $\frac{1}{2}$ , или 50 %. Более того, если субмодулярная функция  $r(I)$  принимает целые значения, то и в задаче максимизации  $\sum \sum f_{ij}(x_{ij})$  на целых точках полиматроида  $P(r)$  при порядково-выпуклых функциях  $f_{ij}(x_{ij})$  градиентное решение, полученное алгоритмом покоординатного подъема, будет оптимальным, а в задаче на пересечении  $k$  таких полиматроидов точность составит  $\frac{1}{k}$  [13].

### Современный программный инструментарий транспортной оптимизации

Лучшие коммерческие программные продукты транспортной логистики носят универсальный характер и решают задачи со многими обременяющими ограничениями. Наиболее известны следующие: CPLEX (*ILOG Inc.*), OSL (*IBM Corporation*), XPress-MP (*Dash Assotiated Ltd.*), LINDO (*LINDO Systems Inc.*), MIPCL (разработчик – сотрудник БГУ Писарук Н. Н., система приобретена и распространяется HUAWEI, она подробно описана в монографии [35]). Проведены сравнения коммерческих общих систем оптимизации [36], а также специальных транспортных<sup>3</sup>.

Небольшие транспортные задачи с десятками поставщиков и потребителей можно решать и простыми универсальными средствами: MSExcel, MAPLE (библиотека *Simplex*), MathCad. Современные версии практических транспортных задач можно найти в [37–39].

<sup>3</sup>A tutorial on top commercial mathematical programming solvers and its applications to bi-level programming optimization problems in transportation [seminar] // Centre for Maritime Studies of Singapore. 2014.



## Библиографические ссылки

1. Monge G. Mémoire sur la théorie des déblais et des remblais. In: *Mémoires de l'Académie*. Paris: De l'Imprimerie Royale; 1781. p. 666–704.
2. Толстой АН. Методы нахождения суммового километража при планировании перевозок в пространстве. *Планирование перевозок*. 1930;1:23–55.
3. Канторович ЛВ. О перемещении масс. *Доклады АН СССР*. 1942;32(3):227–229.
4. Канторович ЛВ, Гавурин МК. Применение математических методов в вопросе анализа грузопотоков. В: Звонков ВВ, редактор. *Проблемы повышения эффективности работы транспорта*. Москва: АН СССР; 1949. с. 110–138.
5. Emelichev FL. The distribution of a product from several sources to numerous localities. *Journal of Mathematics and Physics*. 1941;20(1–4):224–230. DOI: 10.1002/sapm1941201224.
6. Koopmans TC. Optimum utilisation of the transportation system. *Econometrica*. 1949;17 (supplement):136–146. DOI: 10.2307/1907301.
7. Dantzig G. Application of the simplex method to a transportation problem. In: Koopmans TC, editor. *Activity analysis of production and allocation*. New York: John Wiley and Sons; 1951. p. 359–377.
8. Ford L, Fulkerson D. *Flows in networks*. Princeton: Princeton University Press; 1962. 194 p.
9. Емеличев ВА, Ковалев ММ, Кравцов МК. *Многогранники, графы, оптимизация*. Москва: Наука; 1981. 344 с.
10. Yemelichev VA, Kovalev MM, Kravtsov MK. *Polytopes, graphs and optimisation*. Cambridge: Cambridge University Press; 1984. 423 p.
11. Богачев ВН, Колесников АВ. Задача Монжа – Канторовича: достижения, связи и перспективы. *Успехи математических наук*. 2012;67(5):3–110. DOI: 10.4213/rm9490.
12. Hoffman A. On simple linear programming problems. In: Klee V, editor. *Convexity: proceedings of the seventh symposium in pure mathematics AMS; 1961 June 13–15; Washington, USA. Volume 7*. Providence: American Mathematical Society; 1963. p. 317–327.
13. Ковалев М. *Матроиды в дискретной оптимизации*. Минск: Университетское; 1987. 220 с.
14. Bein W, Brucker P, Hoffman A. Series parallel composition of greedy linear programming problems. *Mathematical Programming*. 1993;62:1–14. DOI: 10.1007/BF01585157.
15. Bein WW, Brucker P, Park J, Pathak P. A Monge property for the d-dimensional transportation problem. *Discrete Applied Mathematics*. 1995;58:97–109.
16. Dietrich BL. Monge sequences, antimatroids, and the transportation problem with forbidden arcs. *Linear Algebra and its Applications*. 1990;139:133–145. DOI: 10.1016/0024-3795(90)90393-Q.
17. Shamir R. A fast algorithm for constructing Monge sequences in transportation problems with forbidden arcs. *Discrete Mathematics*. 1993;114(1–3):435–444. DOI: 10.1016/0012-365X(93)90382-4.
18. Adler I, Hoffman A, Schamir R. Monge and feasibility sequences in general flow problems. *Discrete Applied Mathematics*. 1993;44(1–3):21–38. DOI: 10.1016/0166-218X(93)90220-I.
19. Park JK. A special case of the n-vertex traveling-salesman problem that can be solved in O(n) time. *Informing Processings Letters*. 1991;40(5):247–254. DOI: 10.1016/0020-0190(91)90118-2.
20. Береснев ВЛ, Гимади ЭХ, Дементьев ВТ. *Экстремальные задачи стандартизации*. Новосибирск: Наука; 1978. 333 с.
21. Трубин В. Эффективный алгоритм определения местоположения в древовидной сети. *Доклады АН УССР*. 1976;231: 547–550.
22. Айзенштат В, Кравчук Д. Алгоритм нахождения экстремума линейной формы на множестве циклов в специальном случае. *Доклады АН БССР*. 1968;12:401–404.
23. Демиденко В. Задача коммивояжера с асимметричными матрицами. *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук*. 1978;1:29–35.
24. Трубин В. Два класса задач определения местоположения в древовидных сетях. *Кибернетика*. 1983;4:84–87.
25. Гимади ЭХ. Эффективный алгоритм решения задачи определения местоположения с областью обслуживания, связанной относительно ациклической сети. *Управляемые системы*. 1979;19:3–13.
26. Aggarwal A, Bar-Noy A, Khuller S, Kravets D, Schieber B. Efficient minimum cost matching using quadrangle inequality. In: *Proceedings of 33<sup>rd</sup> annual symposium on foundations of computer science; 1992 October 24–27; Pittsburgh, USA*. Washington: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 1992. p. 583–592. DOI: 10.1109/SFCS.1992.267793.
27. Girlich E, Kovalev M, Moshchensky A. *Convexity and Monge arrays*. Magdeburg University [Preprint]. 1993;12:[22].
28. Girlich E, Kovalev M, Zaporozhets A. *Subcones of submodular functions*. Otto von Guericke Universität Magdeburg [Preprint]. 1994;29:[28].
29. Демиденко ВМ. Коническая характеристика матриц Монжа. *Кибернетика и системный анализ*. 2004;4:87–98.
30. Гришук В. *Экстремальные лучи конуса субмодулярной функции*. ЦЭМИ АН УССР [Препринт]; 1982. [66 с.].
31. Rudolf R, Woeginger GJ. The cone of Monge matrices: extremal rays and applications. *Zeitschrift für Operations Research*. 1995;42:161–168. DOI: 10.1007/BF01415751.
32. Burkard RE, Klinz B, Rudolf R. Perspectives of Monge properties in optimisation. *Discrete Applied Mathematics*. 1996; 70(2):95–161. DOI: 10.1016/0166-218X(95)00103-X.
33. Дейнеко В, Филоненко В. О восстановлении матриц специальной структуры. В: Чернышенко ВМ, редактор. *Актуальные проблемы ЭВМ и программирования*. Днепропетровск: Днепропетровский гуманитарный университет; 1979. с. 43–45.
34. Deineko V, Woeginger G. Some problems around travelling salesmen, dartboards, and euro-coins. *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science*. 2006;90:43–52.
35. Писарук НН. *Модели и методы смешанно-целочисленного программирования*. Минск: БГУ; 2010. 230 с.
36. Meindl B, Templ M. *Analysis of commercial and free and open source solvers for linear optimisation problems*. Wien: Technische Universität Wien; 2012. 15 p.
37. Бродетский ГЛ, Гусев ДА. *Экономико-математические методы и модели в логистике: процедуры оптимизации*. Москва: Академия; 2012. 195 с.

38. Гасников АВ, редактор. *Введение в математические моделирование транспортных потоков*. 2-е издание. Москва: МЦНМО; 2013. 428 с.

39. Самойленко НИ, Кобец АА. *Транспортные системы большой размерности*. Харьков: НТМТ; 2010. 214 с.

## References

1. Monge G. Mémoire sur la théorie des déblais et des remblais. In: *Mémoires de l'Académie*. Paris: De l'Imprimerie Royale; 1781. p. 666–704.
2. Tolstoi AN. [Methods of finding the total mileage when planning transportation in space]. *Planirovanie perevozok*. 1930;1: 23–55. Russian.
3. Kantorovich LV. On the displacement of masses. *USSR Academy of Sciences*. 1942;32(3):227–229. Russian.
4. Kantorovich LV, Gavurin MK. [Application of mathematical methods in the analysis of cargo flows]. In: Zvonkov VV, editor. *Problemy povysheniya effektivnosti raboty transporta* [Problems of improving the efficiency of transport]. Moscow: AN SSSR; 1949. p. 110–138. Russian.
5. Hitchcock FL. The distribution of a product from several sources to numerous localities. *Journal of Mathematics and Physics*. 1941;20(1–4):224–230. DOI: 10.1002/sapm1941201224.
6. Koopmans TC. Optimum utilisation of the transportation system. *Econometrica*. 1949;17(supplement):136–146. DOI: 10.2307/1907301.
7. Dantzig G. Application of the simplex method to a transportation problem. In: Koopmans TC, editor. *Activity analysis of production and allocation*. New York: John Wiley and Sons; 1951. p. 359–377.
8. Ford L, Fulkerson D. *Flows in networks*. Princeton: Princeton University Press; 1962. 194 p.
9. Emelichev VA, Kovalev MM, Kravtsov MK. *Mnogogranniki, grafy, optimizatsiya* [Polytopes, graphs and optimisation]. Moscow: Nauka; 1981. 344 p. Russian.
10. Yemelichev VA, Kovalev MM, Kravtsov MK. *Polytopes, graphs and optimisation*. Cambridge: Cambridge University Press; 1984. 423 p. Russian.
11. Bogachev VN, Kolesnikov AV. [The task of Monge – Kantorovich: achievements, connections and prospects]. *Uspekhi matematicheskikh nauk*. 2012;67(5):3–110. Russian. DOI: 10.4213/rm9490.
12. Hoffman A. On simple linear programming problems. In: Klee V, editor. *Convexity: proceedings of the seventh symposium in pure mathematics AMS; 1961 June 13–15; Washington, USA. Volume 7*. Providence: American Mathematical Society; 1963. p. 317–327.
13. Kovalev M. *Matroidy v diskretnoi optimizatsii* [Matroids in discrete optimisation]. Minsk: Universitetskoe; 1987. 220 p. Russian.
14. Bein W, Brucker P, Hoffman A. Series parallel composition of greedy linear programming problems. *Mathematical Programming*. 1993;62:1–14. DOI: 10.1007/BF01585157.
15. Bein WW, Brucker P, Park J, Pathak P. A Monge property for the d-dimensional transportation problem. *Discrete Applied Mathematics*. 1995;58:97–109.
16. Dietrich BL. Monge sequences, antimatroids, and the transportation problem with forbidden arcs. *Linear Algebra and its Applications*. 1990;139:133–145. DOI: 10.1016/0024-3795(90)90393-Q.
17. Shamir R. A fast algorithm for constructing Monge sequences in transportation problems with forbidden arcs. *Discrete Mathematics*. 1993;114(1–3):435–444. DOI: 10.1016/0012-365X(93)90382-4.
18. Adler I, Hoffman A, Schamir R. Monge and feasibility sequences in general flow problems. *Discrete Applied Mathematics*. 1993;44(1–3):21–38. DOI: 10.1016/0166-218X(93)90220-I.
19. Park JK. A special case of the n-vertex traveling-salesman problem that can be solved in O(n) time. *Informing Processing Letters*. 1991;40(5):247–254. DOI: 10.1016/0020-0190(91)90118-2.
20. Beresnev VL, Gimadi EKh, Dement'ev VT. *Ekstremal'nye zadachi standartizatsii* [Extreme problems of standardisation]. Novosibirsk: Nauka; 1978. 333 p. Russian.
21. Trubin V. [Effective algorithm for determining the location in a tree network]. *Doklady AN USSR*. 1976;231:547–550. Russian.
22. Eisenstätt V, Kravchuk D. [Algorithm for finding the extremum of a linear form on a set of cycles in a special case]. *Doklady AN BSSR*. 1968;12:401–404. Russian.
23. Demidenko V. [The problem of a traveling salesman with symmetric matrices]. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk*. 1978;1:29–35. Russian.
24. Trubin V. [Two classes of location determination problems in tree networks]. *Kibernetika*. 1983;4:84–87. Russian.
25. Gimadi EKh. [An effective algorithm for solving the problem of determining the location with the service area associated with an acyclic network]. *Upravlyaemye sistemy*. 1979;19:3–13. Russian.
26. Aggarwal A, Bar-Noy A, Khuller S, Kravets D, Schieber B. Efficient minimum cost matching using quadrangle inequality. In: *Proceedings of 33<sup>rd</sup> annual symposium on foundations of computer science; 1992 October 24–27; Pittsburgh, USA*. Washington: Institute of Electrical and Electronics Engineers; p. 583–592. 1992. DOI: 10.1109/SFCS.1992.267793.
27. Girlich E, Kovalev M, Moshchensky A. *Convexity and Monge arrays*. Magdeburg University [Preprint]. 1993;12:[22].
28. Girlich E, Kovalev M, Zaporozhets A. *Subcones of submodular functions*. Otto von Guericke Universität Magdeburg [Preprint]. 1994;29:[28].
29. Demidenko VM. [Conic characterisation of Monge matrices]. *Kibernetika i sistemnyi analiz*. 2004;4:87–98. Russian.
30. Grishukhin V. *Ekstremal'nye luchi konusa submodulyarnoi funktsii* [Extremal rays of the cone of a submodular function]. CEMI of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR [Preprint]; 1982. [66 p.]. Russian.
31. Rudolf R, Woeginger GJ. The cone of Monge matrices: extremal rays and applications. *Zeitschrift für Operations Research*. 1995;42:161–168. DOI: 10.1007/BF01415751.
32. Burkard RE, Klinz B, Rudolf R. Perspectives of Monge properties in optimization. *Discrete Applied Mathematics*. 1996; 70(2):95–161. DOI: 10.1016/0166-218X(95)00103-X.
33. Deineko V, Filonenko V. [On the reconstruction of special structured matrices]. In: Chernyshenko VM, editor. *Aktual'nye problemy EVM i programmirovaniya* [Actual problems of computers, programming]. Dnepropetrovsk: Dnipropetrovsk Humanitarian University; 1979. p. 43–45. Russian.



34. Deineko V, Woeginger G. Some problems around travelling salesmen, dartboards, and euro-coins. *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science*. 2006;90:43–52.
35. Pizaruk NN. *Modeli i metody smeshanno-tselochislennogo programmirovaniya* [Models and methods of mixed-integer programming]. Minsk: Belarusian State University; 2010. 230 p. Russian.
36. Meindl B, Tempel M. *Analysis of commercial and free and open source solvers for linear optimization problems*. Wien: Technische Universität Wien; 2012. 15 p.
37. Brodetskii GL, Gusev DA. *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v logistike: protsedury optimizatsii* [Economic and mathematical methods and models in logistics: optimisation procedures]. Moscow: Akademiya; 2012. 195 p. Russian.
38. Gasnikov AV, editor. *Vvedenie v matematicheskie modelirovanie transportnykh potokov* [Introduction to mathematical modeling of transport flows]. 2<sup>nd</sup> edition. Moscow: Moscow Centre for Continuous Mathematical Education; 2013. 428 p. Russian.
39. Samoilenko NI, Kobets AA. *Transportnye sistemy bol'shoi razmernosti* [Transport systems of large dimension]. Kharkiv: NTMT; 2010. 214 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 26.02.2021.  
Received by editorial board 26.02.2021.

## К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАЗДЕЛЕНИИ СОВОКУПНОЙ ВЫБОРКИ ПРИ МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

В. О. СУВАЛОВ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Изучаются современные подходы к разделению массива данных на тренировочную, контрольную и проверочную выборки, применяемые в ходе машинного обучения для целей прогнозирования. Рассматривается актуальный вопрос выбора подходящего разделения всей имеющейся совокупности данных на названные выборки. Анализируются результаты работы программного алгоритма, разработанного для поиска оптимального разделения массива данных на отдельные выборки в целях машинного обучения прогнозирующих моделей. Дается рекомендация отделять 80 % совокупной выборки, чтобы минимизировать ошибки прогноза разрабатываемых моделей.

**Ключевые слова:** машинное обучение; большие данные; анализ данных; эконометрический инструментарий; тренировочная выборка; контрольная выборка; проверочная выборка.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность специалисту первой категории управления регулирования ликвидности Национального банка Республики Беларусь Е. С. Боголюбской-Синяковой и заместителю начальника управления регулирования ликвидности Национального банка Республики Беларусь А. А. Казакевичу за их комментарии и предложения, которые помогли улучшить статью.

## TO THE QUESTION OF OPTIMAL DIVISION OF THE FULL SAMPLE DURING MACHINE LEARNING

V. O. SUVALOV<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

The article is devoted to modern approaches to dividing of a data set into training, control and test samples, used in the process of machine learning for forecasting purposes. The actual issue of choosing the optimal division of the entire available set of data into named above samples is considered. The author analyses the results of the operation of a software algorithm developed to find the optimal division of a data set into isolated samples for the purposes of machine learning of predictive models. A recommendation to separate 80 % of the total sample to minimise the forecast error of the developed models is given.

**Keywords:** machine learning; big data; data analysis; econometric tools; training sample; control sample; test sample.

**Acknowledgements.** The author is grateful to the 1<sup>st</sup> category specialist of the liquidity regulation department of the National Bank of the Republic of Belarus K. S. Bogolyubskaya-Sinyakova and deputy head of the liquidity regulation department of the National Bank of the Republic of Belarus A. A. Kazakevich for their valuable comments and suggestions, which helped to improve the article.

### Образец цитирования:

Сувалов ВО. К вопросу об оптимальном разделении совокупной выборки при машинном обучении. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2021;1:37–45.

### For citation:

Suvalov VO. To the question of optimal division of the full sample during machine learning. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:37–45. Russian.

### Автор:

**Валентин Олегович Сувалов** – аспирант кафедры цифровой экономики экономического факультета. Научный руководитель – кандидат экономических наук, доцент И. А. Карачун.

### Author:

**Valentin O. Suvalov**, postgraduate student at the department of digital economy, faculty of economics.  
<https://orcid.org/0000-0001-6748-5805>  
[valentin.suvalau@gmail.com](mailto:valentin.suvalau@gmail.com)

## Введение

В условиях стремительной цифровой трансформации современные исследователи сталкиваются с изменением стоящих перед ними вызовов. Достижения последних лет в сборе, обработке и хранении данных привели к возможности накапливать и обрабатывать огромные их массивы. Этот феномен получил название «большие данные» (*big data*). Обработка таких больших объемов информации вручную для поиска имеющихся в ней закономерностей становится слишком трудозатратной и относительно медленной. В связи с этим все большую актуальность приобретают методы программной обработки данных и, в частности, методы машинного обучения.

Методы машинного обучения позволяют увеличить скорость обработки и анализа информации, но в тоже время ставят перед исследователями новые задачи. Среди них следует отметить выбор оптимального разделения всей имеющейся совокупности данных на тренировочную, контрольную и проверочную выборки.

В общем виде классический процесс построения модели проиллюстрирован на рис. 1. Следует отметить, что в рамках машинного обучения возможен отход от представленной схемы.

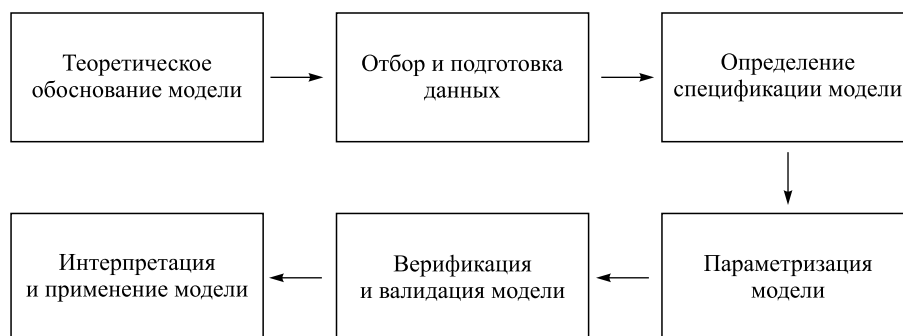


Рис. 1. Порядок построения модели

Fig. 1. Model-building order

Каждая из упомянутых выборок применяется на своем этапе построения модели. Так, тренировочная выборка используется при спецификации и параметризации, т. е. для так называемого обучения моделей. Контрольная выборка применяется для оценки прогнозных или описательных качеств полученных моделей, что соответствует этапу их верификации. В свою очередь, проверочная выборка необходима для определения лучшей из всей совокупности моделей, построенных на предыдущих этапах, что можно интерпретировать как этап валидации.

Разделение совокупности данных необходимо при получении независимых выборок для разных этапов построения моделей. В противном случае оценки качества построенных моделей и выбранной оптимальной модели смещаются, что не позволяет использовать их в дальнейшем для целей исследователя.

Вопрос выбора оптимального соотношения разделения на текущий момент является открытым и не столько дискуссионным, сколько неисследованным. На практике используют процентное разделение выборки в определенном соотношении, например 50 – 25 – 25 %, или 50 – 30 – 20 %, или 33,(3) – 33,(3) – 33,(3) %. В итоге выбор конкретного варианта зависит от экспертного мнения исследователя и связан с тем, насколько велика имеющаяся совокупность данных.

В то же время существуют отдельные исследования, направленные на поиск подхода к оптимальному разделению всей изучаемой совокупности на необходимые части. Так, в работе К. К. Доббина и Р. М. Саймона [1] анализируется влияние пропорции разделения данных на среднеквадратическую ошибку (MSE) оценки точности прогноза. Авторы утверждают, что для набора данных с более чем 100 наблюдениями оптимальным является отделение 2/3 общей выборки в качестве тренировочной. Кроме того, исследователи подтвердили, что оптимальная пропорция разделения коррелирует с размером полного набора данных и требуемой точностью модели. Так, чем меньше общая совокупность данных и выше требование к точности прогноза, тем больше данных необходимо включить в тренировочную выборку. В то же время следует отметить, что исследователи не ставили целью найти оптимальное соотношение из всех возможных. В рамках данной работы рассматривались лишь два варианта стратегий разделения: в качестве тренировочной выборки использовали или 1/2, или 2/3 имеющейся совокупности. В то же время отметим, что вопрос определения контрольной выборки в данной работе не рассматривался.

В альтернативном исследовании Г. Афендрас и М. Маркатоу [2] приводят теоретические и эмпирические обоснования оптимального разделения выборки данных с применением метода перекрестной проверки (*cross-validation*). Авторы, решая задачу оптимизации для определения подходящего размера выборки, приходят к выводу, что для большого класса функций такой размер обучающей выборки равен половине общего ее размера независимо от распределения данных. Таким образом, стремясь установить правила, позволяющие выбирать оптимальный размер тренировочной выборки для фиксированного набора данных размера  $n$ , авторы подтверждают мнение своих коллег-практиков о необходимости отделения лишь половины данных для обучения. В то же время в рассматриваемой статье, как и в исследовании К. К. Доббина и Р. М. Саймона, не изучается вопрос определения контрольной выборки.

Таким образом, в зависимости от применяемого критерия ученые приходят к различным выводам об оптимальной пропорции разделения выборки для обучения. Кроме того, требуется дальнейшее исследование проблемы определения оптимальной пропорции контрольной выборки.

### Материалы и методы исследования

Для изучения рассматриваемого вопроса был создан программный алгоритм на языке  $R$ . Этот алгоритм необходим для поиска оптимального соотношения в разделении имеющейся совокупности данных на тренировочную и контрольную выборки на основе информации по автономным факторам ликвидности банковского сектора Республики Беларусь.

Алгоритм основан на следующих условиях и допущениях:

- при анализе используются ежедневные данные по подкреплению банков Республики Беларусь наличностью, инкассации наличности, налоговым доходам, поступлениям таможенных платежей и расходам Правительства Республики Беларусь;
- принципиально не применяются временные ряды, сгенерированные искусственно;
- алгоритм строит эконометрическую модель, известную как сезонная интегрированная модель авторегрессии – скользящего среднего (*seasonal autoregressive integrated moving average* (далее – SARIMA));
- для автоматизации построения модели SARIMA используется метод, предложенный Р. Хайндменом и Я. Кандекар [3], основанный на разработках С. Ван, К. Смит и Р. Хайндмена [4];
- верификация и валидация построенных моделей проходят последовательно;
- основным параметром верификации является Байесовский информационный критерий, или критерий Шварца;
- степень валидности модели определяется ее способностью к прогнозированию будущих значений временного ряда;
- в качестве параметра точности прогнозирования используется средняя абсолютная масштабированная ошибка (*mean absolute scaled error* (далее – MASE));
- алгоритм основан на принципе итерационного поиска оптимального решения;
- шаг прохождения алгоритма подобран так, чтобы для каждого временного ряда разделение совокупности данных происходило 1000 раз.

Рассмотрим причины, повлиявшие на выбор данных параметров алгоритма. Анализируемый набор временных рядов обусловлен проводимым исследованием по улучшению качества прогнозирования автономных факторов ликвидности банковской системы Республики Беларусь. Кроме того, высокая продолжительность, ежедневная частота и предварительный анализ для определения особенностей представленных данных позволили предложить к использованию в проводимом исследовании модель SARIMA.

Вместе с тем искусственно сгенерированные временные ряды не используются в построении алгоритма, поскольку их свойства строго функционально определяются при их генерации. Указанная особенность, по нашему мнению, исказит исследование, направленное на поиск отличительных черт, характерных для реальных данных.

Применяемая в алгоритме модель SARIMA является расширением для базовой интегрированной модели авторегрессии – скользящего среднего (*autoregressive integrated moving average* (далее – ARIMA)). Данное расширение включает в себя дополнительные сезонные переменные для авторегрессии, порядка интегрирования, скользящего среднего, а также вводит дополнительный параметр вида сезонности. Последний предполагает определение времени, которое относительно временного ряда занимает один цикл сезонности. Включение всех дополнительных параметров позволяет учитывать сезонный фактор при моделировании с применением ARIMA [5, с. 242].

Предложенное расширение для ARIMA выбрано в результате предварительного анализа используемых данных, позволившего обнаружить во временных рядах внутренние циклы, схожие с сезонностью.



В свою очередь, относительная простота параметризации и верификации модели ARIMA привела к использованию именно этой спецификации для исследования.

Выбор метода автоматического построения модели SARIMA, разработанного Р. Хайндменом и Я. Кандекар, связан с возможностью подбора параметров модели в соответствии со значением одного информационного критерия из перечня. Решение брать за основу значения информационных критериев при выборе конкретной модели связано в первую очередь с тем, что данные инструменты изначально разрабатывались именно в целях выбора оптимальной по соотношению точности и сложности модели [6]. Такой подход к пониманию информационных критериев позволяет применять их при обучении модели на тренировочной выборке в автоматизированном режиме, т. е. реализовать программный алгоритм поиска оптимальной модели. Решение использовать Байесовский информационный критерий, известный также как критерий Шварца (предложен Г. Шварцем в 1978 г. [7]), было принято, поскольку среди прочих вариантов, таких как классический и скорректированный информационный критерии Акаике [8], он является оптимальным. Кроме того, скорректированный информационный критерий Акаике рекомендуется применять при малом количестве наблюдений (до 100), что неуместно в рассматриваемом случае. В свою очередь, критерий Шварца считается более строгим по сравнению с классическим критерием Акаике, потому что налагает больший штраф на рост количества переменных моделей.

Выбор программного решения Р. Хайндмена и Я. Кандекар связан с тем, что их подход основывается на методе кластеризации анализируемых временных рядов по разработанной С. Ван, К. Смит и Р. Хайндменом методике. Благодаря предварительной кластеризации появляется возможность разделять временные ряды с сезонными и циклическими свойствами и строить для них модели SARIMA автоматизированными программными методами.

Несмотря на то что этапы верификации и валидации являются близкими, они не могут выполняться одновременно. Кроме того, суть данных процессов различна. Верификация определяет соответствие формальным признакам, т. е. подтверждает, что построенная модель является адекватной, а полученные в результате ее использования оценки – несмещенными, состоятельными и эффективными (или максимально приближенными к этим требованиям). Таким образом, мы удостоверяемся, что построили именно задуманную модель.

На этапе валидации выясняется, выполняет ли модель свои функции и насколько хорошо она это делает. В случае применения описываемого алгоритма целью модели было прогнозирование будущих значений временного ряда с максимальной точностью. С учетом этого показателя для оценки точности прогноза была выбрана MASE. В отличие от часто применяемого на практике квадратного корня MSE, показатель MASE не зависит от масштаба данных. Благодаря этому с его помощью можно сравнивать прогностические качества моделей на основании прогнозов на разные периоды, т. е. уровень ошибки не зависит от прогностического масштаба моделей. Данный показатель был предложен в работе [9].

Итерационный поиск решения для определения оптимального разделения совокупной выборки в целях повышения точности прогноза выбран с учетом большого объема анализируемых данных. При этом вся совокупность разделяется на 1000 вариантов и проверяется последовательно. Разделение на большее количество вариантов невозможно при использовании текущих данных ввиду ограниченности сопоставимых наблюдений. Однако полагаем рациональным увеличить степень разделения совокупной выборки не меньше, чем на порядок, при наличии достаточного объема наблюдений.

### Результаты и их обсуждение

В результате работы алгоритма были получены ряды MASE в зависимости от разделения совокупной выборки данных каждого ряда на тренировочную, контрольную и проверочную выборки. Для дальнейшего анализа были проигнорированы первый и последний децили диапазонов возможных разделений совокупной выборки, поскольку они с большей вероятностью будут смещены в сторону завышения и занижения ошибки прогнозирования соответственно (при этом на графиках данные диапазоны не исключены для наглядной демонстрации их специфичности). В случае заведомо малой тренировочной выборки модель получает недостаточно данных для корректного обучения. В свою очередь, при применении для обучения почти всей совокупности данных весьма вероятно получение «переобученной» модели, или же модели, которая максимально точно предскажет ближайшие периоды, но будет бесполезна для реального применения.

В результате проведенного анализа были обнаружены некоторые особенности. Изменение MASE для первого ряда в зависимости от доли, отделяемой на тренировку и верификацию модели, продемонстрировано на рис. 2.

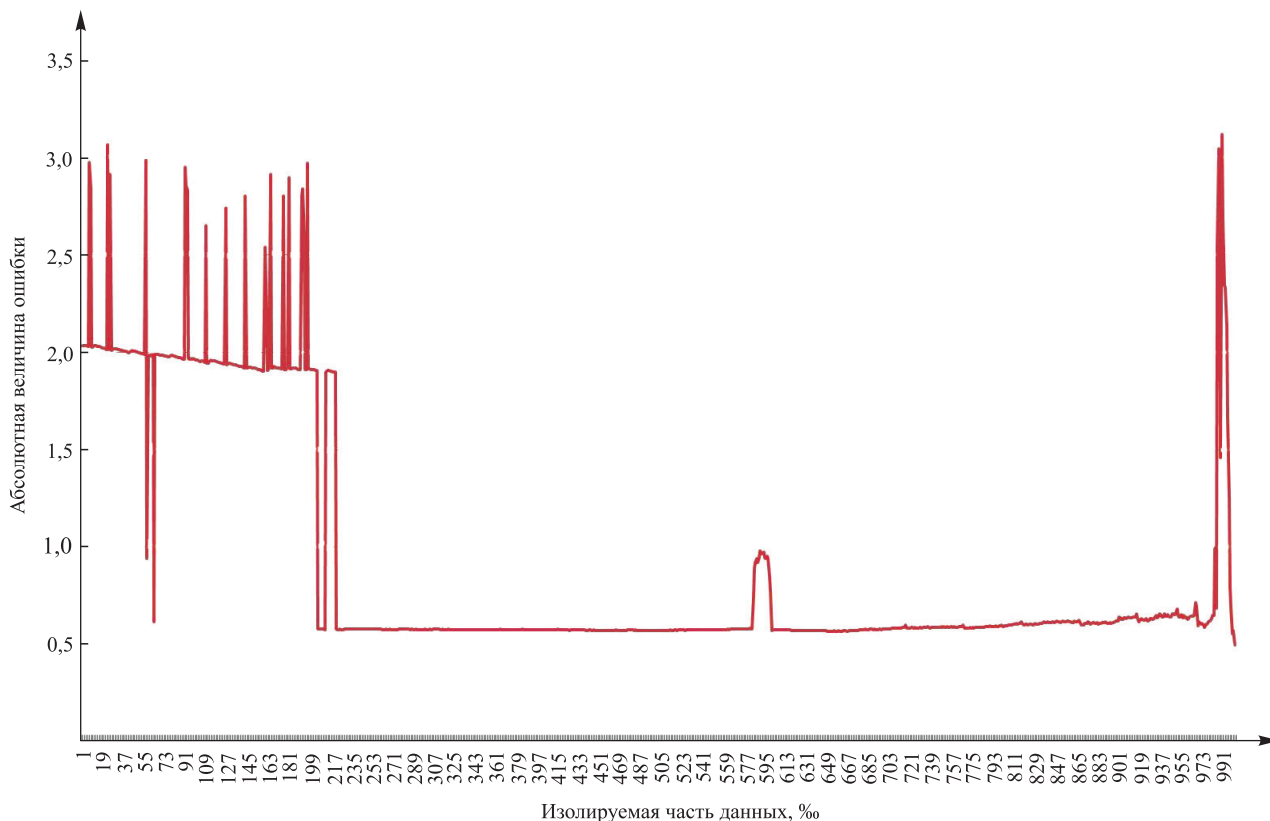


Рис. 2. Изменение ошибки прогнозирования для 1-го тестируемого ряда данных

Fig. 2. Forecasting error changes of 1<sup>st</sup> analysed series

Можно обратить внимание на то, что после отделения чуть более 25 % данных для тренировки и верификации модели дальнейшее увеличение доли данных, отведенной на тренировку, не приводит к значительному повышению точности прогноза. Если ремасштабировать и проранжировать ряд ошибок от наибольшего значения, то можно обнаружить на графике плато относительно стабильных уровней ошибок (рис. 3).

Дополнительно можно заметить, что даже в наилучшем случае разделения совокупности ошибка прогнозирования не будет значительно ниже уровня ближайшего к нему плато. Данная особенность характерна для всех исследуемых рядов, что продемонстрировано на рис. 4.

Следует полагать, что это связано с возможностью модели SARIMA к прогнозированию исследуемых временных рядов. Данную особенность определим как предельную способность применяемой модели к прогнозированию временного ряда. Под ней предлагаем понимать минимальную ошибку прогноза, которую возможно получить при идеальных условиях обучения модели. К основным причинам появления такого ограничения отнесем невозможность повышения точности прогнозирования ввиду отсутствия возможности учета дополнительных значимых факторов в применяемой для прогнозирования модели.

Для 2-го проанализированного ряда минимальные значения ошибки прогнозирования получаются в случае отделения для обучения и верификации не более 45–60 % совокупной выборки данных. При этом стоит отметить, что дальнейшее увеличение тренировочной выборки не только не уменьшало величину ошибки прогнозирования, но и приводило к ее росту (рис. 5).

Несколько другая картина наблюдается при анализе 3-го временного ряда (рис. 6). В данном случае минимальные ошибки прогнозирования наблюдаются при отделении 40–55 % совокупной выборки для обучения, однако вблизи этого диапазона присутствуют также локальные и глобальные пики уровня ошибки, в связи с чем рекомендуется отделять 65–85 % совокупной выборки. В указанном диапазоне ошибка несколько выше минимальной, но ее волатильность незначительна.

Для 4-го временного ряда характерно постепенное уменьшение ошибки прогнозирования и снижение уровня ее волатильности. Для прогнозирования данного ряда оптимальное значение ошибки достигается при отделении 70–85 % данных для тренировки и верификации модели (рис. 7).

Схожий диапазон является оптимальным и для 5-го исследуемого ряда, что может свидетельствовать о том, что они также близки и по свойствам.

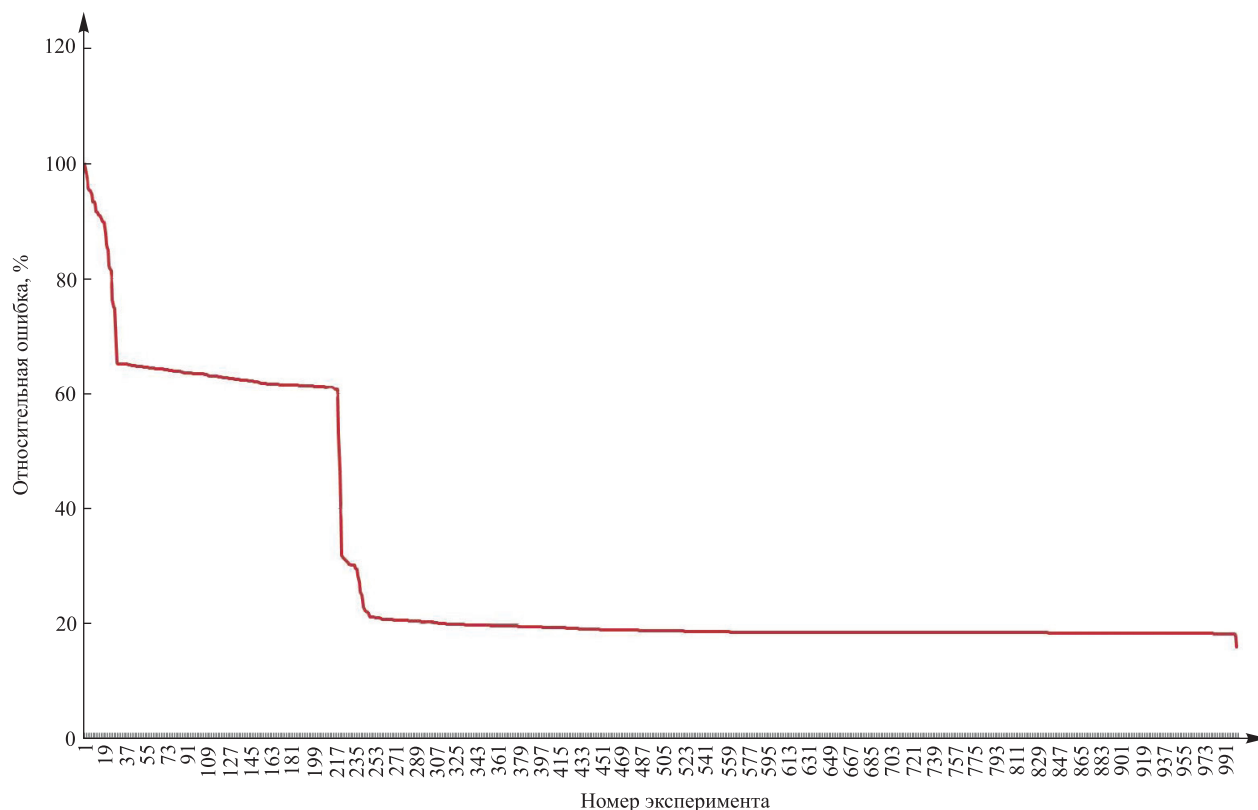


Рис. 3. Относительная ошибка 1-го тестируемого ряда данных

Fig. 3. Relative error of the 1<sup>st</sup> analysed series

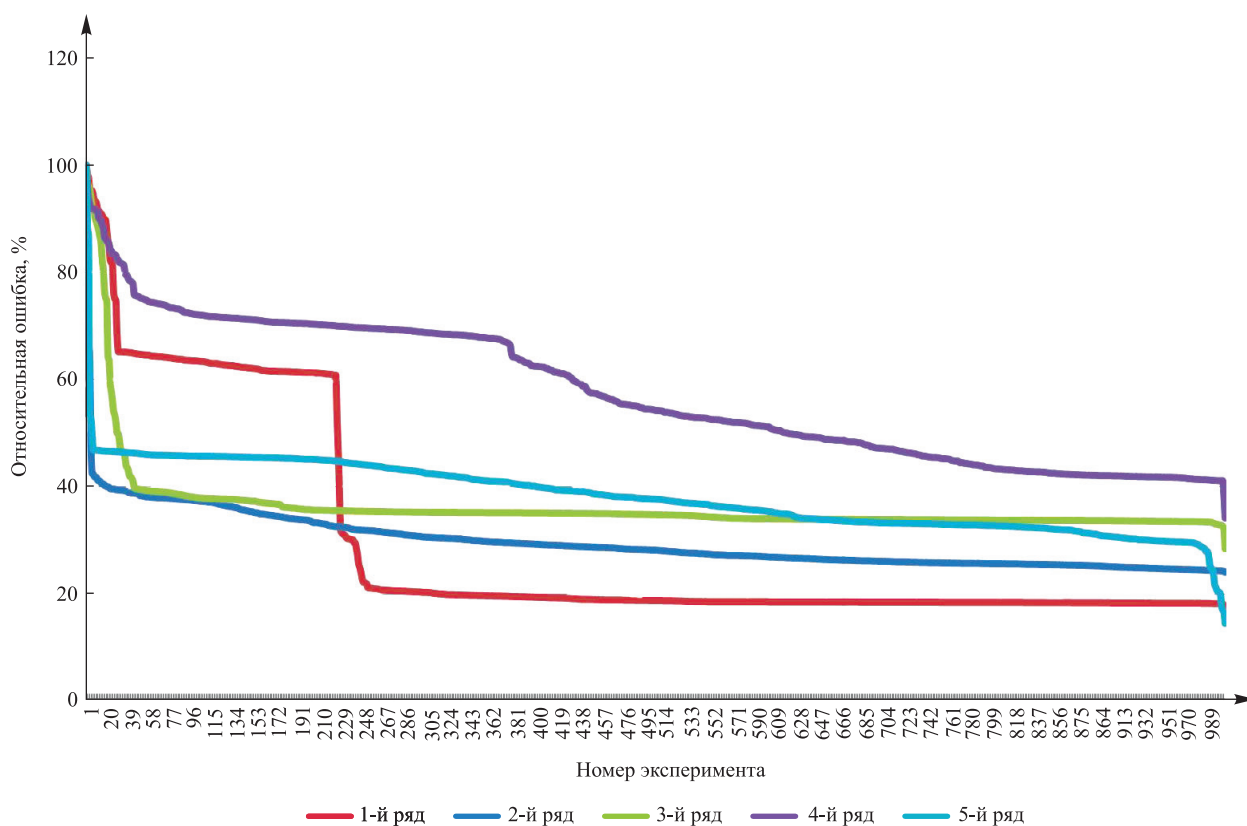


Рис. 4. Относительные ошибки по всем рядам данных

Fig. 4. Relative errors for all analysed series

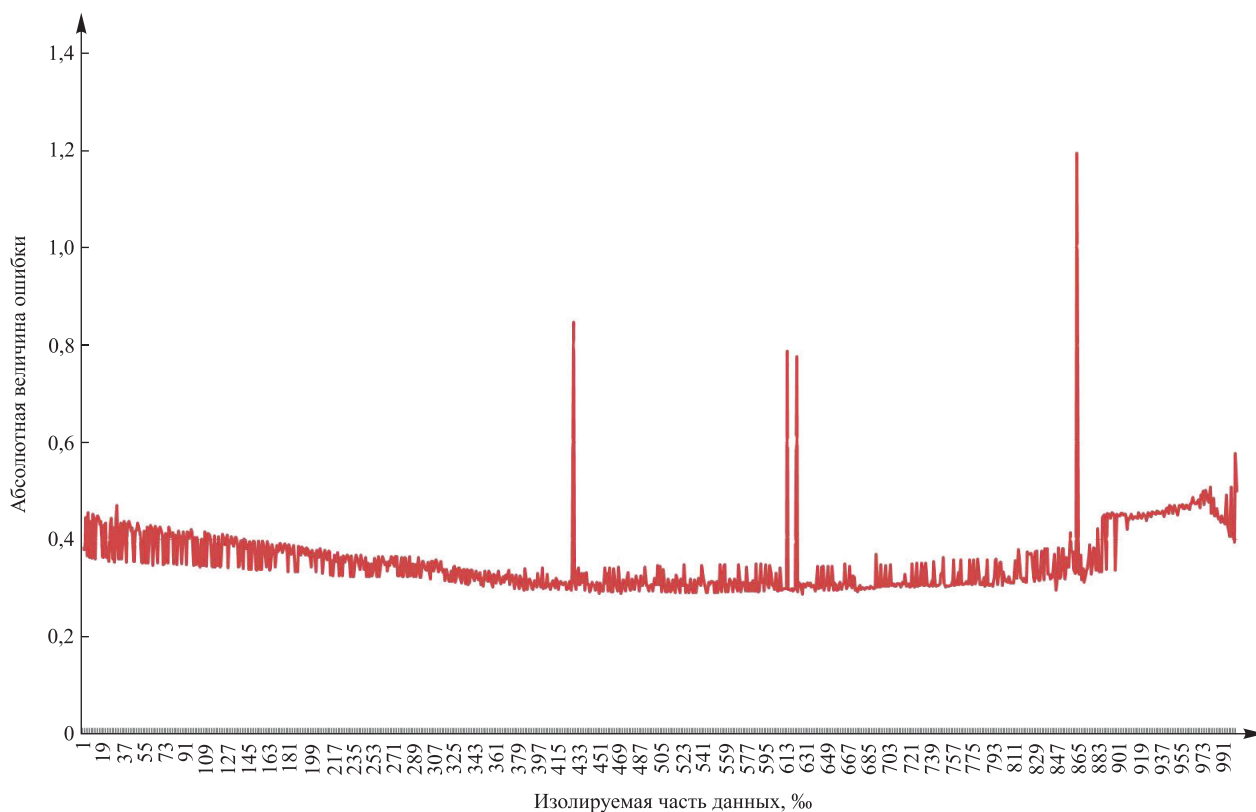


Рис. 5. Изменение ошибки прогнозирования для 2-го тестируемого ряда данных

Fig. 5. Forecasting error changes of the 2<sup>nd</sup> analysed series

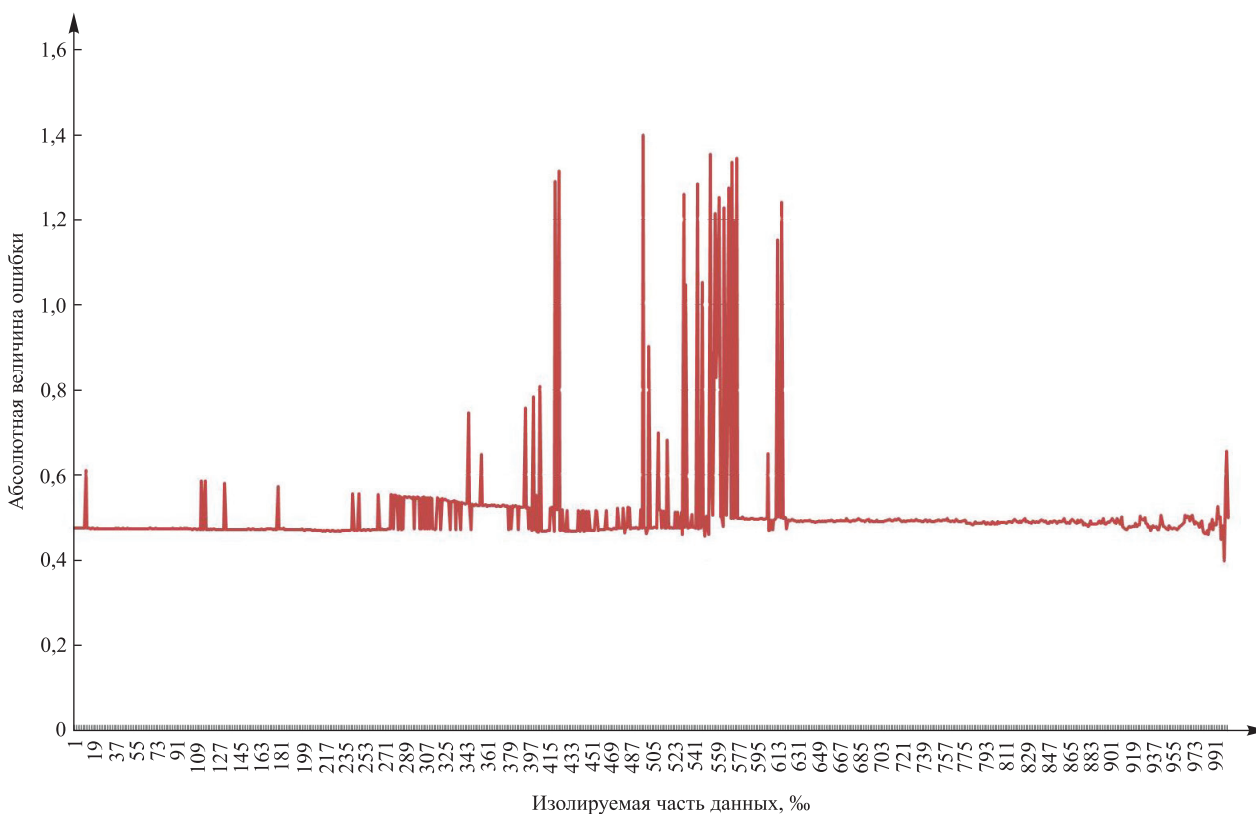


Рис. 6. Изменение ошибки прогнозирования для 3-го тестируемого ряда

Fig. 6. Forecasting error changes of the 3<sup>rd</sup> analysed series



Рис. 7. Изменение ошибки прогнозирования для 4-го тестируемого ряда данных

Fig. 7. Forecasting error changes of the 4<sup>th</sup> analysed series

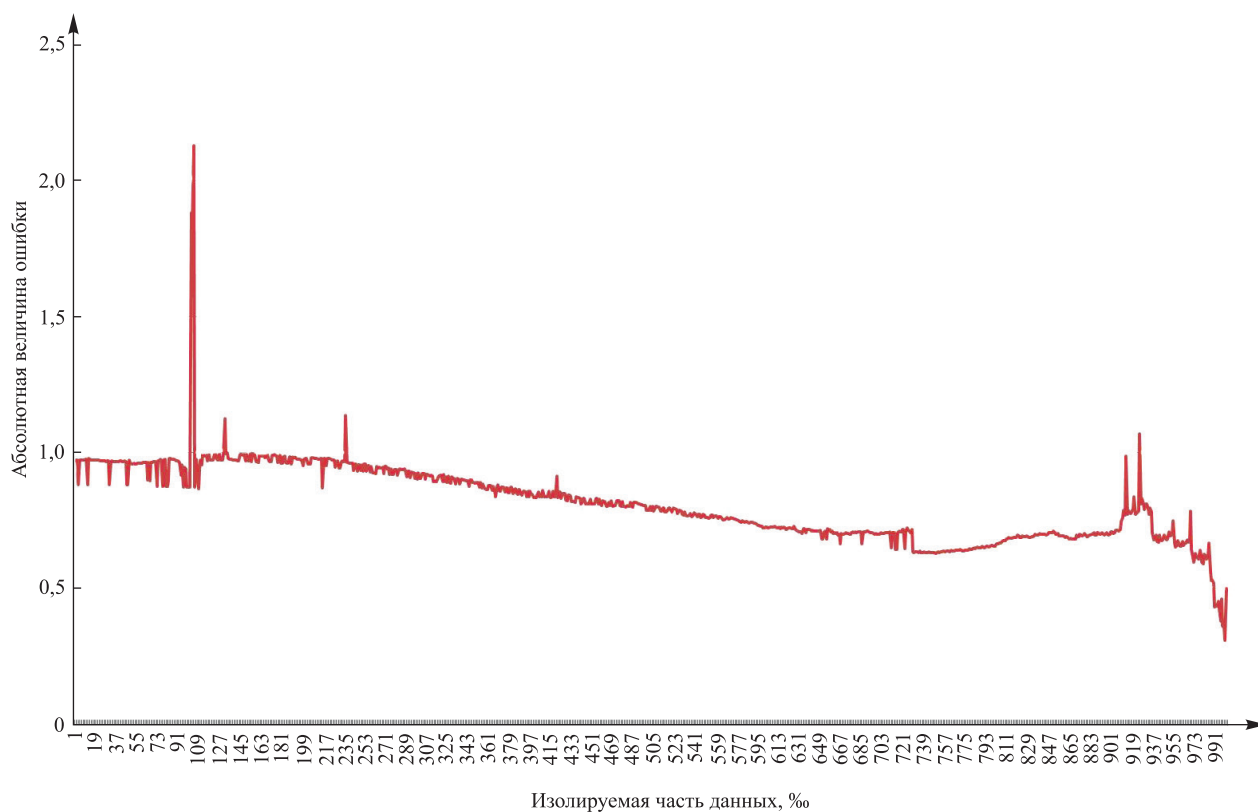


Рис. 8. Изменение ошибки прогнозирования для 5-го тестируемого ряда данных

Fig. 8. Forecasting error changes of the 5<sup>th</sup> analysed series

## Заклучение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что для повышения качества прогнозов, получаемых с помощью моделей, необходимо разделять совокупную выборку данных на отдельные наборы для разных этапов построения модели. Этот вопрос не теряет актуальности в рамках увеличения объема данных, доступного для анализа, и перехода к методу машинного обучения при построении моделей. При этом следует отметить, что широкоприменяемые информационные критерии могут выступать в качестве ориентира при верификации моделей, построенных программными алгоритмами на тренировочных выборках. На этапе валидации моделей, предназначенных для прогнозирования, рационально использовать подход, основанный на поиске минимальной ошибки прогнозирования, используя при этом те показатели, что не зависят от прогнозного масштаба моделей. Примером такого показателя является MASE.

Для большинства проанализированных нами временных рядов оптимальным является отделение 70–80 % всей имеющейся совокупности данных для обучения и валидации модели, что несколько больше рекомендованного предшественниками и практикующими коллегами (оптимальным считалось отделение в пределах 1/2–2/3 всех данных для обучения). В то же время было обнаружено, что для некоторых временных рядов отделение в целях обучения и верификации не более 45–60 % совокупной выборки данных позволяет минимизировать ошибку. Другие ряды не демонстрируют значительного повышения точности прогноза при увеличении обучающих выборок данных уже после отделения 25 % совокупной выборки.

Кроме того, было обнаружено явление, определенное как предельная способность модели к прогнозированию временного ряда. Данный феномен связан с ограничениями конкретных применяемых моделей и их неспособностью учитывать все возможные факторы, оказывающие влияние на будущие значения прогнозируемого временного ряда. Указанное свойство представляет интерес для дальнейшего изучения.

Таким образом, при невозможности провести анализ конкретного временного ряда в целях определения наилучшего соотношения отделяемого объема данных для тренировки модели следует отделять 80 % имеющейся совокупности. При этом в отдельных случаях оптимальный результат достигается при иных пропорциях разделения: для обучения и верификации отбирается не более 45–60 % или не менее 25 %. Наличие данных ориентиров поможет существенно ускорить процесс поиска наилучшей пропорции разделения совокупной выборки для обучения разрабатываемых на практике моделей.

## References

1. Dobbin KK, Simon RM. Optimally splitting cases for training and testing high dimensional classifiers [Internet; cited 2020 March 19]. Available from: <https://bmcmmedgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1755-8794-4-31>.
2. Afendras G, Markatou M. Optimality of training/test size and resampling effectiveness of cross-validation estimators of the generalization error. *Journal of Statistical Planning and Inference*. 2019;199:286–301.
3. Hyndman RJ, Khandakar Y. Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*. 2008;27(3):1–22. DOI: 10.18637/jss.v027.i03.
4. Xiaozhe Wang, Smith K, Hyndman R. Characteristic-based clustering for time series data. *Data Mining and Knowledge Discovery*. 2006;13(3):335–364. DOI: 10.1007/s10618-005-0039-x.
5. Hyndman RJ, Athanasopoulos G. *Forecasting: principles and practice*. Melbourne: OTexts; 2013. 291 p.
6. Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974;19(6):716–723. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705.
7. Schwarz G. Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*. 1978;6(2):461–464. DOI: 10.1214/aos/1176344136.
8. Sugiura N. Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics*. 1978;7(1):13–26. DOI: 10.1080/03610927808827599.
9. Hyndman RJ, Koehler AB. Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*. 2006;22(4):679–688. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2006.03.001.

Статья поступила в редколлегию 31.01.2021.  
Received by editorial board 31.01.2021.

## АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА ПО ДАННЫМ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ТАБЛИЦ «ЗАТРАТЫ – ВЫПУСК» EORA

А. А. БЫКОВ<sup>1)</sup>, В. А. ПАРХИМЕНКО<sup>2)</sup>, А. С. МИЩЕНКО<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный экономический университет,  
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь

<sup>2)</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь

Представлен сравнительный анализ развития строительного сектора в мировом масштабе за 1990–2015 гг. на основе данных межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» Eora 26. Рассчитаны абсолютные показатели инвестиций в строительство, валового выпуска и валовой добавленной стоимости в этой сфере, на их основе рассчитаны некоторые относительные показатели. Составлены рейтинги экономик мира по показателям развития строительного сектора.

**Ключевые слова:** Eora; межрегиональные таблицы «затраты – выпуск»; строительный сектор.

**Благодарность.** Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Г20Р-210; № гос. регистрации 20200909).

## CONSTRUCTION SECTOR ECONOMIC INDICATORS' ANALYSIS USING EORA MULTI-REGIONAL INPUT-OUTPUT TABLES

A. A. BYKAU<sup>a</sup>, U. A. PARKHIMENKA<sup>b</sup>, A. S. MISHCHENKO<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarus State Economic University,  
26 Partyzanski Avenue, Minsk 220070, Belarus

<sup>b</sup>Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,  
6 P. Broŭki Street, Minsk 220013, Belarus

Corresponding author: A. S. Mishchenko (6482575@mail.ru)

### Образец цитирования:

Быков АА, Пархименко ВА, Мищенко АА. Анализ экономических показателей строительного сектора по данным межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» Eora. Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2021;1:46–56.

### For citation:

Bykau AA, Parkhimenka UA, Mishchenko AS. Construction sector economic indicators' analysis using Eora multi-regional input-output tables. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:46–56. Russian.

### Авторы:

**Алексей Александрович Быков** – доктор экономических наук, профессор; проректор по научной работе.

**Владимир Анатольевич Пархименко** – кандидат экономических наук, доцент; заведующий кафедрой экономики инженерно-экономического факультета.

**Артём Сергеевич Мищенко** – аспирант кафедры организации и управления факультета экономики и менеджмента. Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор А. А. Быков.

### Authors:

**Aliaksei A. Bykau**, doctor of science (economics), full professor; vice-rector for research.

[aliaksrei.bykau@yandex.ru](mailto:aliaksrei.bykau@yandex.ru)

**Uladzimir A. Parkhimenka**, PhD (economics), docent; head of the department of economics, faculty of engineering and economics.

[parkhimenko@buir.by](mailto:parkhimenko@buir.by)

**Artsem S. Mishchenko**, postgraduate student at the department of organisation and management, faculty of economics and management.

[6482575@mail.ru](mailto:6482575@mail.ru)

The work analysed data of the Eora multi-regional input-output tables for a comparative analysis of the construction sector on a global scale for the period from 1990 to 2015. The absolute indicators of investment in construction, gross output and gross value added in construction are calculated; other relative indicators were calculated on their basis. The ratings of the world's economies according to the indicators of the development of the construction sector were compiled.

**Keywords:** Eora; multi-regional input-output tables; construction sector.

**Acknowledgements.** This article was supported by the Belarusian Republican Fond for Fundamental Research (contract No. Г20Р-210; No. state registration 20200909).

## Введение

В большинстве стран мира строительство, как вид экономической деятельности, обеспечивает значительный вклад в ВВП и основную долю инвестиций в экономику. Оно интегрирует в конечный продукт промежуточные продукты других отраслей (включая производство неметаллических минеральных продуктов, добычу неэнергетических полезных ископаемых), формируя длинные национальные цепочки добавленной стоимости. Для преодоления кризисных тенденций в экономике правительства нередко инвестируют именно в строительство, поскольку под действием инвестиционного мультипликатора увеличение объемов в этой отрасли ведет к росту спроса и объемов выпуска в других. Строительство относится к услугам, но результатом его деятельности является материальный продукт, который в меньшей степени, чем другие, экспортируется и импортируется – строительный комплекс каждой экономики в большей степени ориентирован на внутренний рынок. Макроэкономические показатели в этой области, в отличие от ряда отраслей обрабатывающей промышленности и сферы услуг, на протяжении многих лет одинаковым образом учитываются и обобщаются в национальной статистике различных стран мира, поэтому временные и пространственные данные по строительству являются, как правило, сопоставимыми и доступными для выявления долгосрочных трендов без предварительной обработки.

В последние годы в открытом доступе появились специфические базы данных, обобщающие основные показатели системы национальных счетов для экономик мира, в виде межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» (*multi-region input-output tables, MRIO*). Эти данные, в отличие от прочих источников макроэкономической информации, представляют собой внутренне согласованную систему показателей, описывающих глобальную экономику. При составлении таблиц используются сложные алгоритмы балансировки.

Нами поставлена задача использовать данные *MRIO* для сравнительного анализа строительства в различных экономиках мира за длительный период. Цели исследования – сравнить объемы строительства в экономиках мира, выявить особенности развития строительного комплекса в развитых и развивающихся экономиках, используя информацию межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» *Eora*. Версия *Eora 26*<sup>1</sup> представляет межрегиональные таблицы «затраты – выпуск» за 1990–2015 гг. для 190 стран мира. Нами использованы данные за 1990, 2000 и 2015 гг. Исследование полной выборки стран мира позволяет детально рассмотреть основные показатели строительства в долгосрочной динамике и глобальном масштабе.

## Межрегиональные таблицы «затраты – выпуск»: особенности и ограничения в использовании *Eora*

Межрегиональная таблица «затраты – выпуск» необходима в первую очередь для измерения добавленной стоимости в торговле, ее также можно использовать для межстранового сопоставления статистических показателей. Однако из-за огромного количества требуемых данных и различий в статистических классификациях по странам создание такой базы является нетривиальной задачей. Ранее известные подобные международные базы данных представляли собой набор несвязанных межотраслевых балансов отдельных стран, например таблица «затраты – выпуск» структурного анализа (*Structural Analysis database, STAN*), разработанная Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), которая и сейчас доступна для использования. Такие таблицы унифицированы по набору видов деятельности, но не согласованы по показателям торговых и кооперационных взаимосвязей между странами. Первая по-настоящему межрегиональная таблица «затраты – выпуск» появилась в Японии. Это азиатская международная таблица (*Asian International I-O Table, AIO*), составленная Институтом экономики развития Японии. Она охватывает девять азиатских экономик, США, Евросоюз, другие страны отнесены к сектору «остальной мир». Публикация *AIO* страдает значительной задержкой по

<sup>1</sup>The Eora Global Supply Chain Database [Electronic resource]. URL: <https://worldmrio.com/> (date of access: 20.01.2021).



времени, последняя доступная таблица датируется 2005 г. Сейчас азиатский регион мировой экономики наилучшим образом описан межрегиональными таблицами Азиатского банка развития.

В научных публикациях рассмотрены несколько поддерживаемых сегодня межрегиональных таблиц, охватывающих значительную часть мировой экономики: Мировая база данных «затраты – выпуск» (*World Input-Output Database, WIOD*), Глобальный проект в области анализа торговли (*Global Trade Analysis Project, GTAP*), а также межстрановые таблицы «затраты – выпуск» ОЭСР (*OECD ICIO database*), или Торговля в добавленной стоимости (*Trade in Value Added, TiVA*). База *WIOD* поддерживается Европейским исследовательским институтом под патронажем Европейской комиссии, *GTAP* – Университетом Пердью (США), *TiVA* – ОЭСР [1]. Нами использованы сведения еще одной известной межрегиональной таблицы – базы данных глобальной цепочки поставок *Eora*. Проект *Eora* реализован частной компанией *KGM&Associates*<sup>2</sup>, которая базируется в Австралии, Норвегии и Японии и занимается анализом больших данных в макроэкономических исследованиях. Для обработки сведений межстрановых таблиц программы *Microsoft Excel* уже недостаточно, нами, например, использовалась среда разработки программного обеспечения *RStudio* для языка *R* [2].

Любая из названных *MRIO* реализуется в виде одной или нескольких матриц, представляющих собой межотраслевой баланс (далее – МОБ) мировой экономики. Так же, как и в МОБ национальной экономики, в *MRIO* представлены взаимосвязанные данные выпуска, добавленной стоимости, промежуточного потребления и конечного спроса по каждому из продуктов (видов экономической деятельности). *MRIO* отличается от национального МОБ показателями экспорта и импорта – именно они связывают все страны в единую матрицу, из которой видно, как определенный продукт (например, металл), произведенный в стране *A*, используется в стране *B* для производства конечной продукции (например, оборудования), которая затем поставляется для использования в страну *C*. Межрегиональные таблицы «затраты – выпуск» позволяют осуществлять детальный анализ международной торговли, отслеживать движение сырья, материалов и комплектующих в рамках международной производственной кооперации, реализованной в глобальных цепочках стоимости, а также прогнозировать возможные изменения объемов производства и доходов в различных странах при изменении глобального спроса.

При выборе между *Eora*, *WIOD* и другими межрегиональными таблицами для сравнительного анализа строительного комплекса в мире мы исходили из охвата наибольшего интервала времени для анализа, а также наибольшего числа стран. По указанным критериям выбрана *Eora*, в которой представлены данные за 1990–2015 гг. (в *TiVA* и *WIOD* приводятся данные с 2000 г.). Кроме того, *Eora* характеризуется наиболее полным охватом государств: 190 стран против 43 – в *WIOD*, 64 – в *TiVA*. *GTAP* охватывает 1993–2015 гг., всего доступно девять таблиц за разные годы, в таблицу включены 114 стран, однако доступ к этой базе платный.

Одной из серьезнейших проблем, связанных с использованием любых доступных сегодня *MRIO*, включая *Eora*, является ненадежность данных, обусловленная возможными погрешностями в значениях показателей. В работе [3] приведены сведения об отклонениях показателей различных *MRIO* от данных Системы национальных счетов ООН, принятой за эталон. Оценки ВВП различных экономик в *WIOD* отличаются от эталонных на  $\pm 7\%$ . В *GTAP* отклонения данного показателя более существенны: для большинства экономик он занижен в среднем на 7 %, но иногда отличается на 12–14 %. Также отличаются от эталонных показатели внутреннего спроса, экспорта и импорта. Последние могут отступать на 40 % от эталонной величины, чаще в сторону уменьшения.

Таким образом, недостаточно высокая достоверность данных характерна для всех мультирегиональных таблиц «затраты – выпуск», что ограничивает область их использования [3]. Всем *MRIO* свойственна так называемая «проблема недоопределения», которая означает, что не все элементы матриц являются статистически значимыми. Иными словами, многие элементы рассчитаны с большой погрешностью. На первом этапе погрешность появляется при обобщении первичных статистических данных, между которыми возникают противоречия. Например, показатели импорта страны *A* из страны *B*, оцененные статистической службой страны *A*, могут не совпасть с показателями экспорта страны *B* в страну *A*, по данным статистики страны *B*. Данные *Eora* используют для экономик ОЭСР статистику из *TiVA*, для прочих экономик – национальную статистику, которая не сбалансирована и не отличается высокой точностью.

При составлении матриц «затраты – выпуск» осуществляется их балансировка, для которой применяются специальные оптимизационные алгоритмы. После балансировки в данных матриц устанавливаются необходимые пропорции между показателями<sup>3</sup>, что позволяет в дальнейшем использовать

<sup>2</sup> KGM&Associates [Electronic resource]. URL: <http://kgm-associates.com/> (date of access: 20.01.2021).

<sup>3</sup> К примеру, для каждой экономики и отрасли должно соблюдаться равенство между суммой валового выпуска и импорта и суммой конечного и промежуточного потребления, валового накопления и экспорта.

полученные сведения в аналитических целях для расчета матрицы полных затрат, оценки импортоемкости, прогнозирования объемов выпуска при изменении спроса. Однако после балансировки значения элементов матриц часто не совпадают со значениями первоначально введенных данных, поэтому погрешности могут вырасти.

Еще одной проблемой *MRIO* является так называемая «проблема мусорного бака», возникающая из-за использования при балансировке таблиц торговых и транспортных наценок, а также сектора «остальной мир» в качестве элемента матрицы, на который алгоритмы переносят значительную часть нестыковок и ошибок данных. Анализ статистических ошибок, возникающих при балансировке матриц *MRIO*, показал, что вариация, или относительная величина отклонения расчетного значения показателя от его фактического значения, тем меньше, чем больше его абсолютная величина. Данное утверждение означает, что наибольшей статистической значимостью характеризуются высокие по абсолютной величине показатели *MRIO* – показатели крупнейших экономик и отраслей (продуктов). Данные по малым экономикам и малозначительным продуктам, к сожалению, крайне ненадежны.

В связи с этим следует констатировать, что применение *Eora* для анализа экономики Беларуси (несмотря на то что данные по Беларуси присутствуют только в этой базе данных) или схожих по размеру ВВП стран, не входящих в ОЭСР, вряд ли позволит получить корректные результаты. Другое дело – исследование экономик США, Китая, Японии и других стран, а также анализ их взаимодействия с любыми другими экономиками мира (для этих целей использование *Eora* и других *MRIO* представляется вполне оправданным).

Отметим еще одну особенность *Eora*, о которой следует помнить при анализе строительного комплекса. Показатели таблиц рассчитаны в номинальных долларах США и не учитывают разницу цен и тарифов в строительном секторе различных стран. Очевидно, что цены в США и европейских странах значительно выше, чем в Китае, России, Индии. В то же время у нас нет иного способа сопоставления объемов строительного производства среди экономик мира. Натуральные показатели (например, человеко-часы рабочего времени или квадратные метры в производстве жилья) здесь неприменимы, поскольку производительность труда в различных странах сильно отличается из-за разного технологического уровня, при этом строительство может быть жилищным, дорожным, промышленным и т. д. Значит, нам сразу следует учесть возможную погрешность, возникающую при пересчете национальной валюты в доллары США.

### Сравнительный анализ строительного сектора экономик мира на основе данных *Eora*

В *MRIO*, как и в национальном МОБ, приводятся основные показатели системы национальных счетов, детализированные в разрезе видов экономической деятельности (продуктов). Для сопоставления нами выбраны следующие показатели:

- объем валового накопления основного капитала (инвестиций) в строительство (в долларах США по номинальному курсу и в процентах от общего размера инвестиций в экономику);
- валовой выпуск в строительстве (в долларах США по номинальному курсу и в процентах от общего размера валового выпуска);
- валовая добавленная стоимость (ВДС) в строительстве (в долларах США по номинальному курсу и в процентах от общего размера НДС в национальной экономике).

**Оценочная доля строительства в мировой экономике.** На рис. 1 показана динамика перечисленных показателей мировой экономики, рассчитанных в процентах к НДС мировой экономики соответствующего периода.

Данные свидетельствуют о том, что доля строительного сектора в мировой экономике за 25 лет изменилась незначительно: по показателю НДС она составила 4 % к мировой НДС, по инвестициям – 8 % к мировой НДС, по объему выпуска – 10 % к мировой НДС. Наиболее точным показателем, отражающим вклад строительного сектора в мировую экономику, представляются инвестиции в строительство. Они включают НДС как собственно строительства, так и промежуточных продуктов, используемых в данной отрасли, – стройматериалов, топлива и энергии, сопутствующих услуг.

**Ранг стран по инвестициям в строительство.** Учитывая описанную особенность *MRIO* (ограничение достоверности исходных данных рамками крупных экономик и видов деятельности), мы оценили вклад строительного сектора каждой экономики в общемировой объем строительства. Для анализа использован показатель инвестиций в строительство за 2015 г. Результаты приведены на рис. 2, где в порядке убывания вклада перечислены страны, обеспечившие 80 % общемировых инвестиций в строительство.

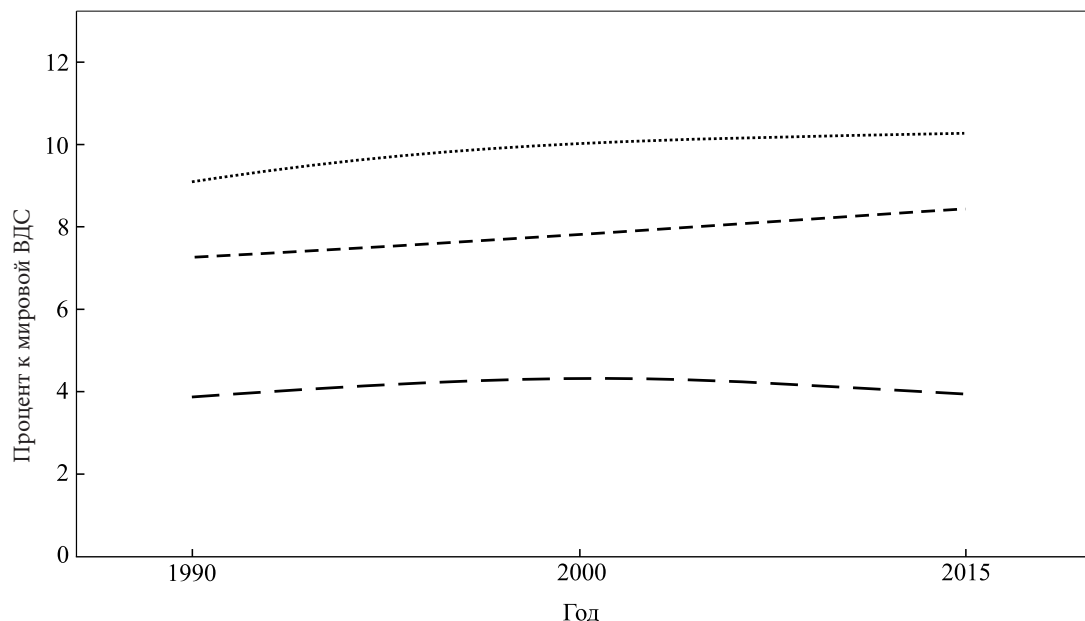


Рис. 1. ВДС, валовой выпуск и инвестиции в строительство по миру в целом

Fig. 1. Gross value added, gross output and investment in construction worldwide

В 2015 г. четверть мировых инвестиций в строительство произведена в китайской экономике. Строительный комплекс Китая, США и Японии составляет 45 % общемировых инвестиций. Большая доля, 80 %, произведена в 18 странах, указанных на рис. 2. Вклад Турции и Нидерландов в общемировые инвестиции в строительство не превышает 1 %, соответственно, вклад не указанных на рис. 2 стран еще ниже, каждая из экономик этих государств очень слабо влияет на результаты деятельности строительной отрасли в мировом масштабе.

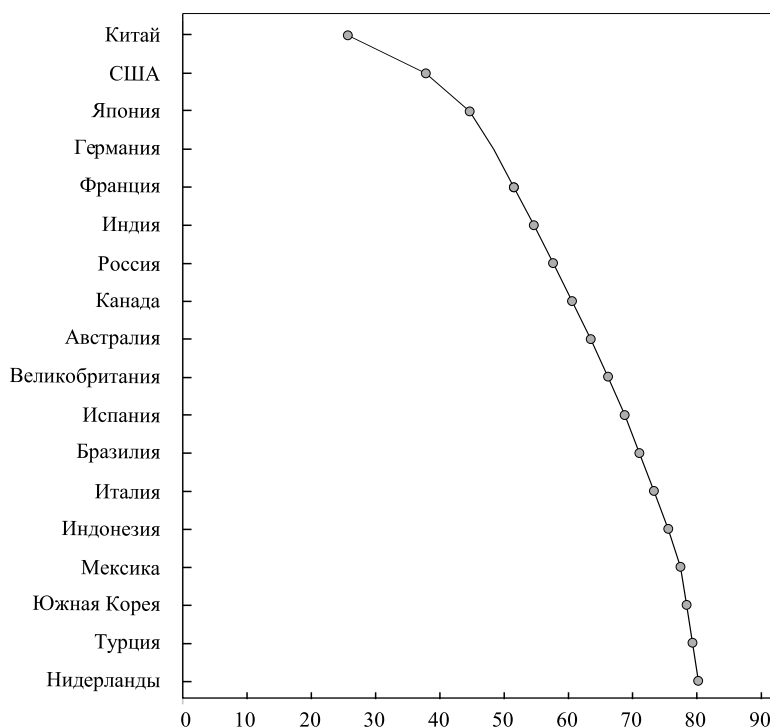


Рис. 2. Распределение 80 % общемировых инвестиций в строительство по странам в 2015 г.

Fig. 2. Distribution of 80 % of global investment in construction by countries in 2015

**Межстрановые различия в структуре инвестиций.** По данным за 2015 г., в среднем по мировой экономике инвестиции в строительство составляют чуть менее половины (47 %) от общего объема валового накопления основного капитала. По отдельным странам показатель доли инвестиций в строительство от общей суммы капиталовложений варьирует от 32 % в Южной Корее до 83 % в Индонезии. Развитые экономики, как правило, направляют в строительный сектор менее 50 % всех капиталовложений, развивающиеся – свыше 50 % (рис. 3).

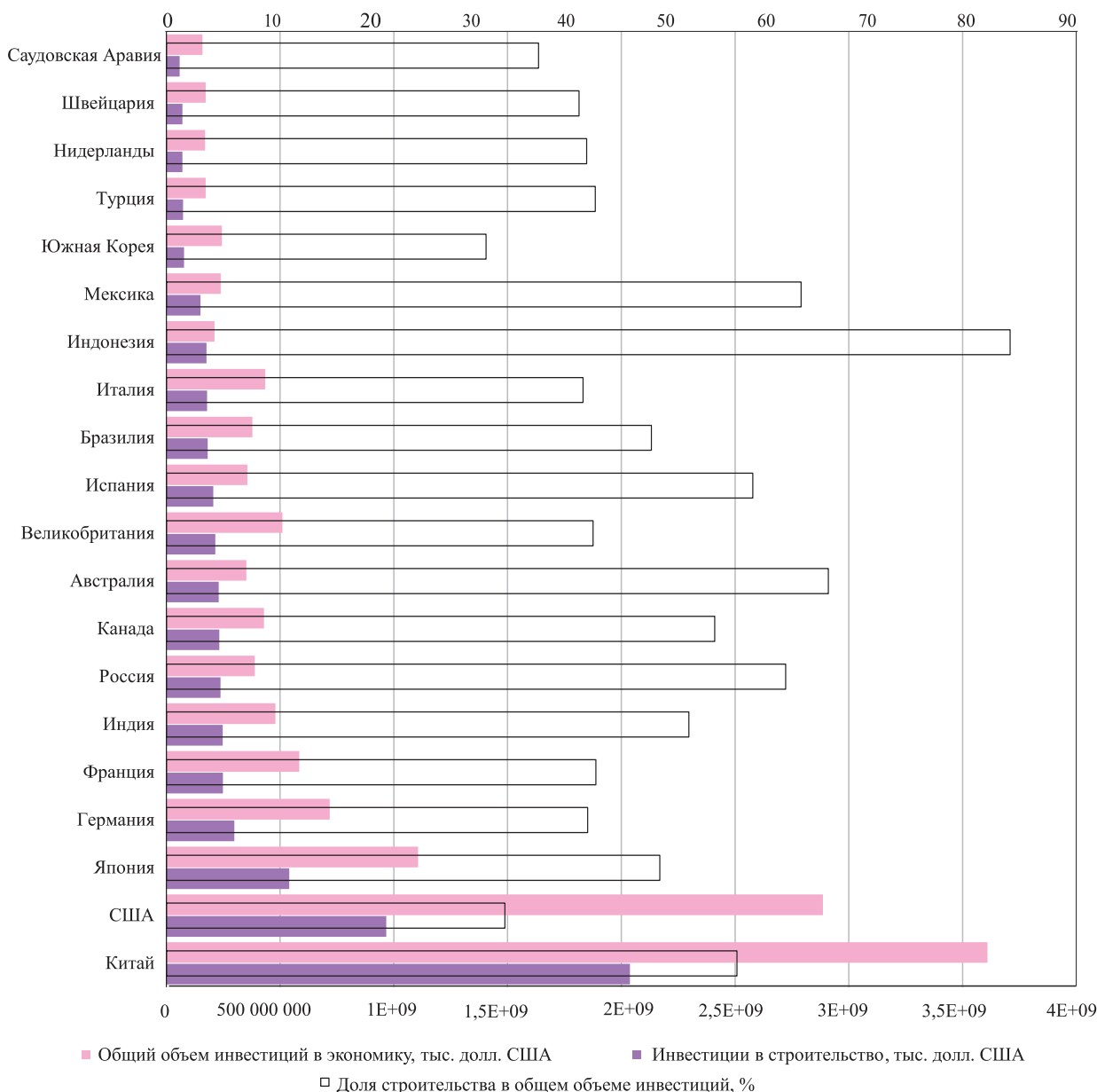


Рис. 3. Инвестиции в строительство по сравнению с общим объемом инвестиций в экономику в 2015 г.  
Fig. 3. Investment in construction compared with total investment in the economy in 2015

**Причины различий между странами по доле строительства в объеме инвестиций.** Развивающиеся страны с высокими темпами экономического роста – Китай, Индия, Россия, Индонезия – характеризуются более высоким отношением валового накопления основного капитала к ВВП. Если в развитых странах этот показатель находится на уровне 20 %, то в развивающихся – превышает 30 %. Рост экономики сопряжен с развитием инфраструктуры, городских агломераций и повышением качества жизни в них, что невозможно без строительства. В Европе и США нет необходимости в таких темпах строительства, поэтому оно не требует серьезных инвестиций.

Данный факт не объясняет все же таких низких объемов инвестиций в строительство в США или Южной Корее (35 % от общих инвестиций). Обычно наряду со строительством инвестиции направляются



в приобретение новой техники. В среднем примерно половина инвестиций направляется в строительство, другая часть – в покупку машин, электроники, оборудования и транспортных средств. Неужели в странах с развитой экономикой новой техники закупается больше?

Это не совсем так, в быстрорастущих экономиках Китая, Южной Кореи и Турции техники закупается не меньше (если сопоставлять в процентах к ВВП или объему общих инвестиций). В последние годы в развитых странах существенно вырос другой показатель – размер инвестиций в объекты интеллектуальной собственности, создаваемые преимущественно в таких видах деятельности, как компьютерное программирование, научные исследования и разработки, маркетинговые, учетно-аналитические и прочие бизнес-услуги. По состоянию на 2015 г., доля ИТ-услуг в общем валовом накоплении в Южной Корее составила 7 %, в Германии – 9 %, в США – 10 % [4]. В среднем в развитых странах доля инвестиций в отрасли, оказывающие услуги (за исключением строительства), составляет 25 %.

**Рейтинг стран по темпам роста строительства.** Для оценки средних темпов роста был использован показатель валового выпуска в строительстве за 1990, 2000 и 2015 гг. Средние темпы роста определены как среднегодовой прирост показателя в номинальных долларах США, отнесенный к его среднему за период значению. Для вычисления среднегодового прироста показателя использована функция программы *Microsoft Excel* «Наклон» (англ. *Slope*). Результаты приведены на рис. 4.

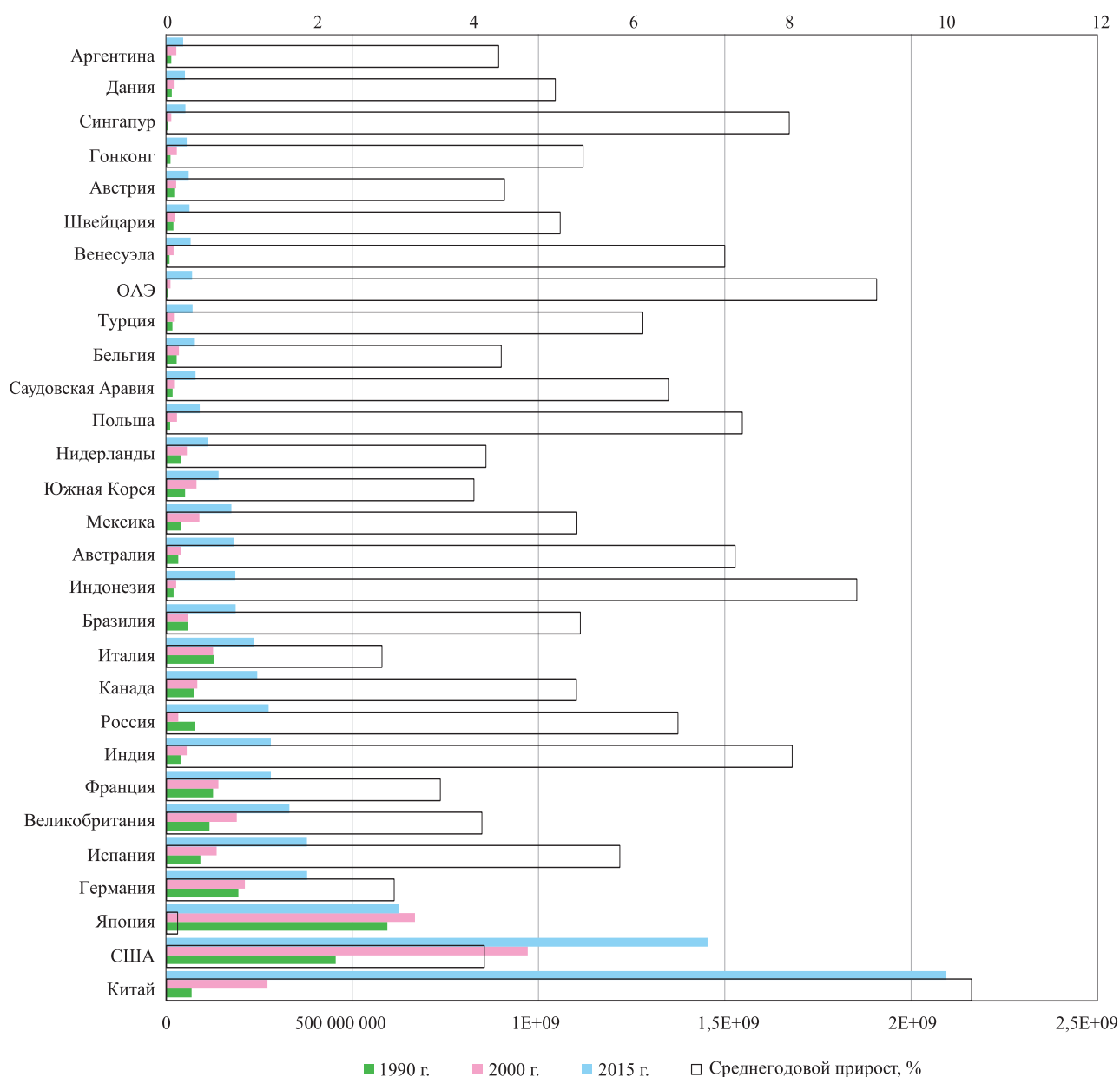


Рис. 4. Валовой выпуск в строительстве (тыс. долл. США) и среднегодовой прирост валового выпуска

Fig. 4. Gross output in construction (thsd US dollars) and average annual growth in gross output

Среднемировой годовой прирост составил 3,5 %. Этот показатель включает как реальный прирост выпуска в отрасли за счет увеличения объема работ, так и инфляционную составляющую – увеличение цены строительных работ в номинальных долларах США.

Например, по данным сайта «Индикаторы рынка недвижимости», стоимость квадратного метра жилья в Москве изменилась с 200 долл. США в 1991 г. до 1 тыс. в 2003 г. и до 5 тыс. в 2014 г., после чего снизилась до 3 тыс долл. США<sup>4</sup>. Среднегодовой прирост цены<sup>5</sup>, рассчитанный с применением функции «Наклон», составит 4 % – это и есть инфляционная составляющая в объемах строительства, оцененного в долларах. Стоимость строительных услуг будет изменяться в зависимости от цен на недвижимость.

Наименьшее значение среднегодового прироста выпуска в строительстве характерно для Японии, за 25 лет показатель почти не изменился. Наивысшие темпы отмечены в Китае (10 %) и других развивающихся странах: Индонезии и ОАЭ (по 9 %), Индии (8 %), Австралии, Польше и России (по 7 %). Наивысшие значения среднегодового прироста объемов строительства отмечены в странах, не указанных на рис. 4, – в Катаре и Азербайджане (по 11 %).

**Рейтинг стран по добавленной стоимости в строительстве.** Если по показателям инвестиций и валового выпуска в строительстве в мире сейчас лидирует Китай, то по размеру ВДС в отрасли на первом месте находятся США (рис. 5).

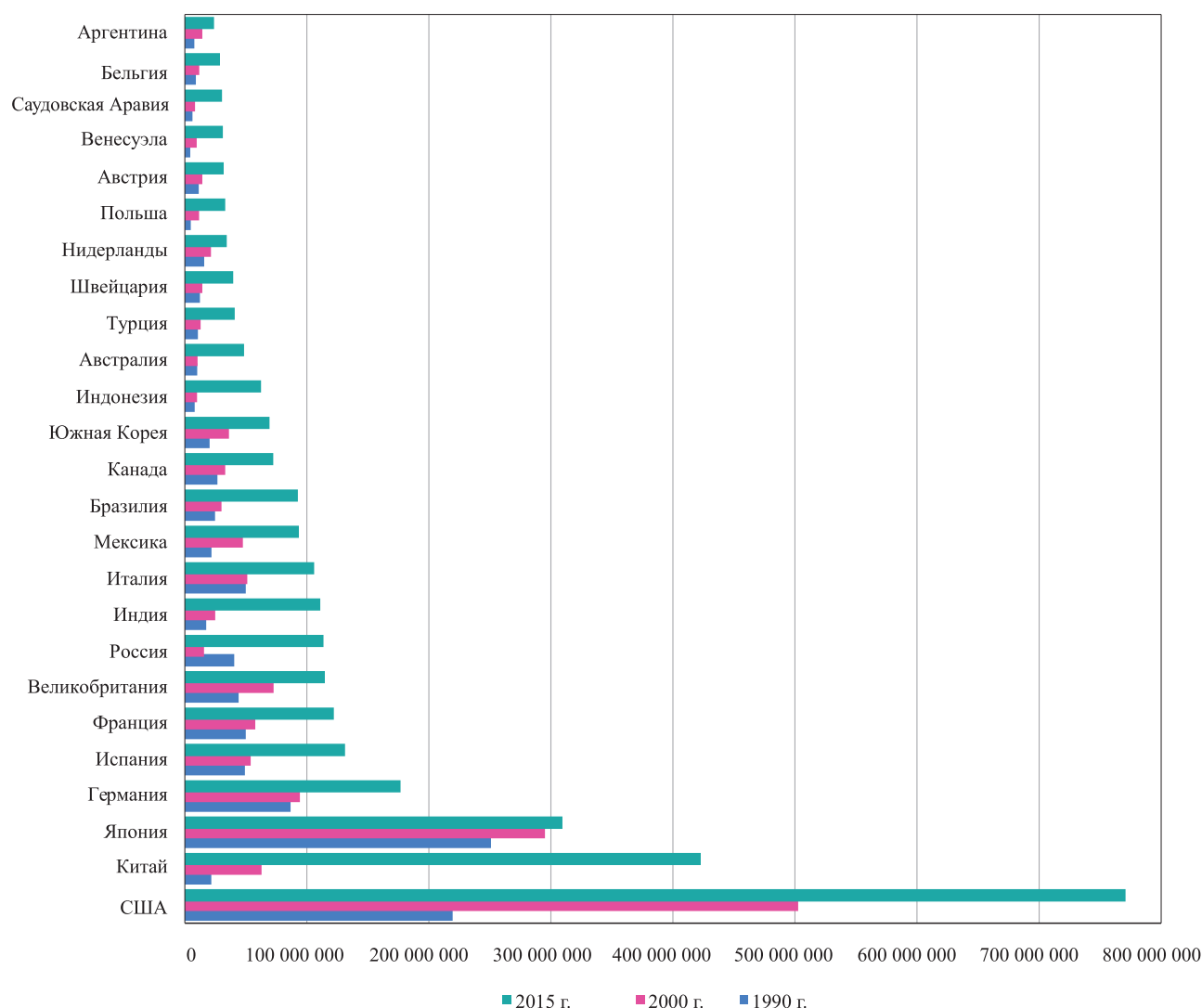


Рис. 5. Динамика ВДС в строительстве по странам, тыс. долл. США

Fig. 5. Dynamics of gross value added in construction by countries, thsd US dollars

<sup>4</sup> Динамика стоимости жилья в Москве на графике с 1991 года в долларах [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irm.ru/gd/?class=all&type=1&period=-1&grnum=1&currency=1&select=period> (дата доступа: 20.01.2021).

<sup>5</sup> В качестве среднего за период показателя использована цена в 3 тыс. долл. США за 1 кв. м.



Доля добавленной стоимости в валовом выпуске строительного сектора Китая составляет лишь 20 %, в то время как в США – 53 %. Около половины промежуточных затрат в строительстве Китая приходится на продукты нефтехимической промышленности и металлы, стоимость которых коррелирует с котировками на мировых рынках. В США доля данных групп расходов в промежуточном потреблении составляет лишь около 20 %. При этом цены на жилье в Китае постоянно растут (в среднем на 6 % в год)<sup>6</sup>, соответственно, растет добавленная стоимость в строительстве, причем более высокими темпами, чем в США.

Производительность труда по добавленной стоимости в строительстве сильно различается в США и Китае. В Америке в 2006 г. на пике последнего жилищного бума в отрасли работало 7,7 млн человек, в 2018 г. занятость в строительстве достигла почти 7,2 млн человек (для сравнения: в строительной отрасли Китая в 2014 г. было занято 29,212 млн человек<sup>7</sup> – в четыре раза больше, чем в США). Следовательно, производительность труда в строительстве в США в восемь раз выше, чем в Китае.

При заданных исходных показателях производительность труда по добавленной стоимости в строительстве в США составляет 103 тыс. долл. США на 1 человека в год, в Китае – 14,5 тыс. долл. США на 1 человека в год (для сравнения: в Республике Беларусь производительность труда в строительстве составляет 12,1 тыс. долл. США на 1 человека в год, в России – 24,1 тыс. долл. США, в Литве – 32,9 тыс. долл. США).

**Выявление строительных циклов по данным Eora.** Объем выпуска и цены в строительстве подвержены циклическим колебаниям – строительным циклам, впервые сформулированным нобелевским лауреатом С. Кузнецом [5]. Средняя продолжительность строительных циклов – 17–25 лет, амплитуда колебания – 16–20 лет. Они связаны с наличием временного лага между возникновением потребности в строительных работах и моментом ее удовлетворения. Волнообразность строительного цикла отличается от волнообразности экономического цикла большой длительностью, т. е. строительный цикл медленно переходит из стадии роста в стадию спада и наоборот.

В исследованиях С. Кузнеца сделаны следующие выводы: когда убывающая волна экономического цикла совпадает со спадом в области строительства, стадия рецессии может стать тяжелой и затяжной; если возрастающая волна экономического цикла наступает в стадии подъема строительного цикла, то следующая за спадом рецессия является менее продолжительной и серьезной.

С. Кузнец также сформулировал вывод о наличии взаимосвязанных 20-летних колебаний показателей национального дохода, потребительских расходов, валовых инвестиций в строительство.

Продолжил развитие данной теории американский ученый Э. Хансен, который утверждал, что на циклическое развитие существенное влияние оказывает уровень цен: их рост оказывает возбуждающее действие на экономическую систему, порождает резко выраженные бумы и мягкие депрессии, снижение цен выступает фактором, отрицательно влияющим на экономику и предопределяющим последующую тенденцию к стагнации.

Исследованием строительных циклов занимался также американский ученый М. Абрамовиц [6]. Он исследовал цепочку мультипликативного акселератного контура в основе 20-летних колебаний: доход – иммиграция – жилищное строительство – совокупный спрос – доход. Согласно этому подходу, рост доходов активизирует приток населения, что ведет к стимулированию инвестиций, в том числе в жилищное строительство, затем наблюдается обратный процесс. Изучали строительные циклы и такие ученые, как Дж. Риглеман, В. Нейман, Р. Венцлик, К. Лонг и др.

Анализируя данные Eora, можно отметить несколько признаков неравномерности темпов роста выпуска и добавленной стоимости в строительстве в 1990–2015 гг. В 2000–2015 гг. цены и объем выпуска росли, в 1990–2000 гг. – снижались, однако вклад роста цен и объемов выпуска по данным Eora оценить нельзя. Выпуск в номинальных долларах США в мировом строительстве снижался темпами –1,8 % в год с 1990 по 2000 г. и увеличивался темпами 5,6 % в год с 2000 по 2015 г.

В 1990–2000 гг. спад валового выпуска наблюдался в России (в среднем –8 % в год), Италии (–0,2 %), Швеции (–0,7 %), Финляндии (–1,2 %), Алжире (–2,2 %), Ираке (–3,5 %), Казахстане (–11 %), Украине (–9,5 %), Сербии (–13 %) и других странах. В ряде случаев снижение валового выпуска было вызвано военными действиями (в Ираке и Сербии), в других случаях связано с общим экономическим кризисом (в России, Казахстане и Украине). Невысокие темпы роста (около 1 % в год) в этот период были отмечены в развитых странах: Японии, Германии, Франции, Канаде.

<sup>6</sup>China nominal residential property price index [Electronic resource]. URL: <https://www.ceicdata.com/en/indicator/china/nominal-residential-property-price-index> (date of access: 20.01.2021).

<sup>7</sup>4-4 number of employed persons in urban at year-end by status of registration and sector in detail (2014) [Electronic resource]. URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2015/html/EN0404.jpg> (date of access: 20.01.2021).

В 2000–2014 гг. спад валового выпуска зафиксирован в Японии (в среднем  $-0,4\%$  в год), Колумбии ( $-2,7\%$ ) и Зимбабве ( $-7,0\%$ ) при росте в остальных странах, однако данные *Eora* по Колумбии и Зимбабве могут оказаться некорректными.

Приходится констатировать, что данных *Eora* недостаточно для выявления статистически значимых изменений показателей в строительном секторе, которые могут свидетельствовать о строительных циклах С. Кузнеця. Во-первых, нужно охватить более длительный период в 50–60 лет, чтобы зафиксировать несколько циклов. Во-вторых, нужны временные ряды с лагом в 1–2 года, а не в 10–15 лет, как в наших данных. Также следует разделить влияние конъюнктуры (цен) и объемов на показатели строительства.

Но все же некоторые признаки строительных циклов С. Кузнеця просматриваются даже в выбранных показателях – это неравномерность темпов роста по миру и отдельным странам и регионам. Также очевидно, что эти колебания тесно связаны с другими изменениями экономической активности циклического и нециклического характера. На интенсивность роста строительства, предположительно, оказывают влияние такие факторы, как изменение мировых цен на сырье, объемов экспорта и денежного предложения, естественный и миграционный прирост населения.

### Заключение

Проведенные расчеты представляют собой эксперимент по использованию данных межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» для сравнительного анализа развития одной отрасли в мировом масштабе. Источник информации очень удобен для сопоставления во временных и пространственных рядах, все показатели оценены в одинаковых единицах измерения, не требующих дополнительной обработки.

В то же время остаются вопросы по поводу корректности полученных результатов, которые в первую очередь определяются достоверностью значений используемых показателей. К сожалению, невозможно оценить корректность результатов, представленных на рис. 1–5. Их достоверность можно проверить лишь после проведения аналогичных межстрановых сопоставлений по информации других известных *MRIO* (*TiVA*, *WIOD*, *GTAP*) либо с использованием национальных таблиц, размещенных в базе ОЭСР. Задача сопоставления данных межстрановых таблиц и определения уровня достоверности этих источников информации является актуальной.

Показатели *Eora* не могут применяться для анализа строительного сектора Беларуси. По данным *Eora*, расчетное отношение ВДС к валовому выпуску в строительстве оказалось равным 0,98, по данным же национальных таблиц «затраты – выпуск», этот показатель в 2015 г. был равен 0,46. Погрешность в абсолютных значениях показателей также велика, например, добавленная стоимость в строительстве Беларуси в *Eora* отличается от данных национальной статистики на 30 %. Причины таких высоких погрешностей для показателей малых экономик нами описаны в работе. Если *Eora* не может использоваться для сравнительного анализа белорусской экономики из-за некорректности данных, то *WIOD* и *TiVA* не подходят для этих целей по той причине, что белорусская экономика в них не представлена.

Несмотря на указанные проблемы и недостатки, данные национальных и межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» представляют собой ценный источник информации для сравнительного анализа отраслей и видов деятельности различных экономик мира. Вероятно, со временем межрегиональные таблицы будут дорабатываться в аспекте повышения точности данных и увеличения широты охвата мировой экономики в пространстве и времени. При таких условиях *MRIO* окажутся весьма полезным инструментом макроэкономического анализа и моделирования.

### Библиографические ссылки

1. Jones L, Zhi Wang, Li Xin, Degain C. *The similarities and differences among three major inter-country input-output databases and their implications for trade in Value Added estimates*. Washington DC: U. S. International Trade Commission; 2014. 37 p.
2. Пархименко ВА, Быков АА. Анализ мировой экономики на базе таблиц «затраты – выпуск» WIOD и Eora средствами языка R. В: Шилин ЛЮ, редактор. *Информационные технологии и системы 2020 (ИТС 2020): материалы Международной научной конференции; 18 ноября 2020 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУИР; 2020. с. 195–196.
3. Uncertainty and reliability in the Eora MRIO tables [Internet; cited 2021 January 20]. Available from: <https://worldmrio.com/EoraConfidence.pdf>.
4. Толкачев СА, Быков АА, Глухова НМ. Неиндустриализация и сервисизация: есть ли противоречие. *Мир новой экономики*. 2019;13(3):39–58. DOI: 10.26794/2220-6469-2019-13-3-39-58.
5. Kuznets S. Economic growth and income inequality. *American Economic Review*. 1955;45(1):1–28.
6. Abramovitz M. Nature and significance of Kuznets Cycles. *Economic Development and Cultural Change*. 1961;9(3):225–248. DOI: 10.1086/449905.



## References

1. Jones L, Zhi Wang, Li Xin, Degain C. *The similarities and differences among three major inter-country input-output databases and their implications for trade in Value Added estimates*. Washington DC: U.S. International Trade Commission; 2014. 37 p.
2. Parkhimenka UA, Bikov AA. [Analysis of the world economy based on input-output tables WIOD and Eora using the R language]. In: Shilin LYu, editor. *Informatsionnye tekhnologii i sistemy 2020 (ITS 2020): materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 18 noyabrya 2020 g; Minsk, Belarus'* [Information technologies and systems 2020 (ITS 2020); 2020 November 18; Minsk, Belarus]. Minsk: Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; 2020. p. 195–196. Russian.
3. Uncertainty and reliability in the Eora MRIO tables [Internet; cited 2021 January 20]. Available from: <https://worldmrio.com/EoraConfidence.pdf>.
4. Tolkachev SA, Bykov AA, Glukhova NM. Neo-industrialisation and «servitisation»: is there a contradiction? *The World of the New Economy*. 2019;13(3):39–58. DOI: 10.26794/2220-6469-2019-13-3-39-58. Russian.
5. Kuznets S. Economic growth and income inequality. *American Economic Review*. 1955;45(1):1–28.
6. Abramovitz M. Nature and significance of Kuznets Cycles. *Economic Development and Cultural Change*. 1961;9(3):225–248. DOI: 10.1086/449905.

Статья поступила в редколлегию 26.02.2021.

Received by editorial board 26.02.2021.

## АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ШАБЛОНА

**В. А. МАКАРЕВИЧ<sup>1)</sup>, Е. А. МИНЮКОВИЧ<sup>1)</sup>, К. С. МУЛЯРЧИК<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Отмечается, что безопасность данных и информации является ключевым условием жизнеспособности организации и в условиях цифровизации экономики субъектам хозяйствования необходимо повышать эффективность защиты своих информационных систем. Указывается, что моделирование угроз помогает организациям осознать потенциальные риски для информационных и бизнес-систем, а также разработать конкретные меры по их предупреждению или устранению. Рассматриваются основные компоненты моделирования угроз, анализируются наиболее часто используемые методы моделирования, указываются их недостатки. Предложен авторский метод устранения выявленных недостатков, основанный на шаблоне моделирования угроз. Разработан и апробирован подход к обучению применению данного метода.

**Ключевые слова:** информационная безопасность; моделирование угроз; анализ угроз; шаблон моделирования угроз.

## ORGANISATION'S INFORMATION SECURITY THREAT ANALYSIS AND MODELLING BASED ON A UNIVERSAL CANVAS

**U. A. MAKAREVICH<sup>a</sup>, K. A. MINIUKOVICH<sup>a</sup>, K. S. MULYARCHIK<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: U. A. Makarevich (ulad.makarevich@gmail.com)

### Образец цитирования:

Макаревич ВА, Минюкович ЕА, Мулярчик КС. Анализ и моделирование угроз информационной безопасности предприятия на основе универсального шаблона. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2021;1:57–68.

### For citation:

Makarevich UA, Miniukovich KA, Mulyarchik KS. Organisation's information security threat analysis and modelling based on a universal canvas. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:57–68. Russian.

### Авторы:

**Влад Александрович Макаревич** – старший преподаватель кафедры цифровой экономики экономического факультета.

**Екатерина Александровна Минюкович** – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры цифровой экономики экономического факультета.

**Константин Сергеевич Мулярчик** – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры телекоммуникаций и информационных технологий факультета радиопизики и компьютерных технологий.

### Authors:

**Ulad A. Makarevich**, senior lecturer at the department of digital economics, faculty of economics.

[k.mulyarchik@gmail.com](mailto:k.mulyarchik@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-9926-2614>

**Katsiaryna A. Miniukovich**, PhD (economics), docent; associate professor at the department of digital economics, faculty of economics.

[miniukovich@bsu.by](mailto:miniukovich@bsu.by)

<https://orcid.org/0000-0002-9782-5468>

**Konstantin S. Mulyarchik**, PhD (engineering), docent; associate professor at the department of telecommunications and information technologies, faculty of radiophysics and computer technologies.

[ulad.makarevich@gmail.com](mailto:ulad.makarevich@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-6255-1471>



Security of data and information is key to the viability of an organisation. With the digitalisation of the economy, business entities need to evolve towards more effective protection of their information systems. Threat modelling helps organisations understand potential threats to information and business systems, and develop specific measures to prevent or eliminate threats. The authors review the main components of threat modelling as well as analyse and identify the shortcomings of the most commonly used modelling methods. The article proposes the author's method based on the threat modelling canvas, that allows to eliminate the identified shortcomings. The authors have also developed and approbated an approach to teaching the use of this method.

**Keywords:** information security; threat modelling; threat analysis; threat modelling canvas.

## Введение

Ускорение цифровизации экономики, вызванное переходом на удаленную работу в связи с пандемией COVID-19, стало катализатором количества атак на системы информационной безопасности организаций на прикладном уровне и в облаке. Безопасность данных сегодня является ключевым условием жизнеспособности организации. В условиях растущего многообразия способов атак необходимо искать лучшие методы защиты. Однако разработка защищенных систем и их компонентов невозможна без осознания ландшафта угроз – событий, которые могут нарушить конфиденциальность, целостность или доступность информационных систем в результате несанкционированного доступа, неправильного использования, изменения и уничтожения информации. Моделирование угроз помогает организациям установить потенциальные угрозы для своих информационных и бизнес-систем и принять конкретные меры по их предупреждению или устранению.

Организации должны применять более целостный подход к обеспечению информационной безопасности, что возможно только при взаимодействии всех элементов бизнес-системы: руководства организации, специалистов по кибербезопасности, ИТ-отдела, производственного персонала и профильных сотрудников [1; 2]. В то же время эффективную систему нельзя построить без осознания возможных и текущих угроз, которые присутствуют на каждом уровне взаимодействия организации с внутренней и окружающей средой.

Таким образом, необходимо найти доступный для людей с разным уровнем подготовки в сфере информационной и цифровой безопасности инструмент, который обеспечит все элементы организации необходимыми навыками моделирования угроз и связанных с ними рисков. Это позволит развить осведомленность и культуру команды в области защиты данных и информации и поможет осознать личную ответственность каждого сотрудника за безопасность организации.

В данной работе мы рассматриваем основные компоненты и категории моделирования угроз, анализируем особенности и недостатки широко используемых методов каждой из категорий, обосновываем необходимость разработки универсального метода моделирования угроз, учитывающего выявленные недостатки и доступного для сотрудников с разным уровнем подготовки в области информационной и цифровой безопасности. Представлен метод моделирования угроз, разработанный на основе шаблона моделирования угроз. Структура последнего опирается на метод, предложенный Фондом электронных рубежей<sup>1</sup>. Указанный метод апробирован в ходе занятий со студентами экономического факультета БГУ. Исходя из опыта взаимодействия и обратной связи, также разработан подход к обучению данному методу.

## Основные компоненты моделирования угроз

Моделирование угроз – это процесс использования стратегического подхода, основанного на рисках, к систематическому выявлению и устранению угроз [3]. Данный процесс является проактивным, предполагает определение критических областей проектирования, разработку процедур для их установления и применение соответствующих контрмер. Моделирование позволяет приоритизировать угрозы в целях достижения эффективного распределения ресурсов и уделяемого им внимания, основываясь на рисках, воздействии на деятельность организации и стоимости мер реагирования.

Широкий спектр применения моделирования угроз, включая разработку и функционирование программного обеспечения (ПО), приложений, систем, бизнес-процессов и т. д., делает его универсальным инструментом принятия обоснованных решений по защите компонентов различных сфер деятельности организаций. Процесс моделирования может быть инициирован на любой стадии проекта в целях максимальной эффективности разработанных решений по противодействию угрозам.

<sup>1</sup>Electronic frontier foundation. Threat modelling [Electronic resource]. URL: <https://sec.eff.org/topics/threat-modeling> (date of access: 25.01.2021) ; Electronic frontier foundation. Your security plan [Electronic resource]. URL: <https://ssd.eff.org/en/module/your-security-plan> (date of access: 25.01.2021).

Мы выделяем две стадии, в ходе которых моделирование наиболее желательно: раннюю стадию разработки – для использования полученных результатов в последующем проектировании, стадию эксплуатации и функционирования – для переоценки угроз в целях обеспечения соответствия мер защиты изменяющимся угрозам.

На основе сведений из [3–5] в моделировании угроз можно выделить шесть основных компонентов: анализ угроз, идентификацию активов, определение векторов атак, оценку потенциала смягчения последствий, оценку рисков и составление карты угроз (картирование). Необходимо в полной мере учитывать каждый, поскольку отсутствие одного или нескольких приведет к неполноте модели и неадекватному устранению или предотвращению возможных угроз.

*Анализ угроз* часто осуществляется специалистами по информационной безопасности. Источниками анализа являются открытые и закрытые базы данных, существующие решения и сервисы для обеспечения безопасности информационных систем. Сведения о типах и видах угроз, мотивах злоумышленников, инструментах и методах, используемых ими при компрометации информации и взломе информационных систем, механизмах их обнаружения и кейсах организаций структурируются, анализируются и используются в целях расширения понятийного, теоретического и методологического аппарата специалистов информационной безопасности и разработки аргументированных контрмер.

*Идентификация активов* подразумевает определение данных, информации, сервисов, необходимых или критически важных для полноценного функционирования системы. Дополнением к идентификации является инвентаризация компонентов, содержащих указанные активы. Инвентаризация включает обзор способов хранения, обработки и взаимодействия активов с системой организации, а также перечня используемых мер безопасности по отношению к ним. Такое дополнение позволяет специалистам в режиме реального времени отслеживать изменения и уязвимости в существующих активах.

*Определение векторов атак* необходимо для принятия решений по устранению угроз активам организации. Данный этап заключается в выявлении, отслеживании уязвимостей всех компонентов проведенной ранее инвентаризации. После сбора и анализа информации следует рассмотреть возможные подходы злоумышленников к атакам на системы организации, принимая во внимание их вероятные цели, мотивы и возможности, чтобы определить потенциальные способы компрометации активов.

*Оценка потенциала смягчения последствий* включает анализ как опыта и способностей организации в области информационной безопасности, так и применяемых ей методов обнаружения, реагирования и защиты от конкретных видов угроз. Он позволяет установить текущий уровень защиты системы и принять решение о вложении дополнительных средств для сокращения угрозы и ее последствий.

*Оценка рисков* обеспечивает понимание текущего состояния системы информационной безопасности в целях разработки, внедрения, обновления и применения соответствующих мер противодействия угрозам. В рамках оценки рисков происходит анализ соотношения текущих и возможных угроз и имеющихся активов, также может проводиться активное тестирование систем и мер защиты на уязвимость, например тестирование на проникновение [6]. В результате специалисты приоритизируют угрозы, определяют среди них имеющие наибольший уровень риска и смягчают их с применением соответствующих контрмер.

*Составление карты (картирование) угроз* нацелено на анализ подверженности риску смежных активов. На данном этапе необходимо рассмотреть возможные способы перемещения злоумышленников между активами и последствия применения мер по снижению риска для всей системы. Картирование позволяет предвидеть эффективность контрмер и инициировать их развитие в многоуровневые или прикладные структуры, позволяющие снизить воздействие угроз.

Влияние угроз на деятельность организации является отдельным фактором моделирования. Риски информационной безопасности влияют на три ее основных элемента: конфиденциальность, целостность и доступность данных. Необходимо оценивать экономический эффект от компрометации или утери актива организации. Для этого следует учитывать экономический контекст системы, совместив анализ активов с их функциями в бизнес-процессах.

### Анализ методов моделирования угроз

Сегодня разработаны большое количество методов моделирования угроз, которые можно классифицировать различными способами в зависимости от направленности. Не все методы многофункциональны и способны к расширению. Так, например, одни из них достаточно абстрактные, а другие ориентированы исключительно на риск или защиту частной жизни и информации. Выбор в пользу того или иного метода стоит делать с учетом рассматриваемой системы и имеющихся инструментов. Также отметим, что для обеспечения всестороннего рассмотрения конкретной проблемы методы могут дополнять друг друга.



Обобщая сведения из источников [3; 4; 7], можно условно разделить методы моделирования угроз на три основные категории: системно ориентированные, ориентированные на ресурсы и ориентированные на атаку.

Целью *системно ориентированных методов* является обеспечение полного понимания системы, для которой будет создаваться модель угроз. До процесса моделирования происходят разработка и тщательная проверка системы. Данные методы обычно используются для моделирования угроз сетей и комплексных систем, в том числе ПО. В качестве иллюстрации метода выступают компонентные диаграммы, а также диаграммы потока данных (DFD) и вариантов использования.

*Методы, ориентированные на активы*, сосредоточены на идентификации активов организации, принадлежащих рассматриваемой системе. Они предполагают анализ воздействия утраты или компрометации целевых активов на систему, проводимый в соответствии с чувствительностью и ценностью данных с точки зрения потенциального злоумышленника. Специалисты определяют приоритетность выявленных угроз и рисков. Несмотря на то что подобные методы не подразумевают анализа недостатков ПО или проектирования систем, они могут быть использованы для разработки векторов атак в данной сфере. В связи с этим специалисты часто утверждают, что такие методы являются следствием подхода к проектированию, основанного на имеющемся в распоряжении организации ПО.

*Методы, ориентированные на атаку*, направлены на угрозы и злоумышленника. Происходит идентификация поверхности атаки – всех возможных средств, с помощью которых неизвестный злоумышленник может инициировать вектор атаки, ведущий к одному или нескольким целевым активам. В отношении поверхности атаки в дальнейшем проводятся анализ, количественная оценка риска и последующая разработка многокомпонентной политики безопасности. Следует отметить, что здесь активы не ограничиваются данными и предполагают также возможности системы и техническое обеспечение, контролируемое системой. При дополнении методами, ориентированными на атакующего, общая концепция ориентации на атаку расширяется предопределением злоумышленников, их мотивов, целей и др.

Рассмотрим самые широко применяемые методы моделирования угроз среди каждой из вышеперечисленных категорий: *STRIDE* (*spoofing identity, tampering of data, information disclosure, denial of service, elevation of privilege*), *PASTA* (*process for attack simulation and threat analysis*) и деревья атак (*attack trees*).

*STRIDE* – зрелый и эффективный системно ориентированный метод моделирования угроз, разработанный в 1999 г. инженерами компании *Microsoft* для внутреннего использования [8]. Его нельзя назвать полноценным методом моделирования угроз, поскольку он является скорее их классификацией, которая учитывается при разработке ПО. Компоненты данной классификации и связанные с ними нарушенные свойства безопасности отображены в табл. 1.

Таблица 1

Категории угроз метода *STRIDE*

Table 1

*STRIDE* threat categories

| Угроза                                                 | Определение                                                                                                  | Нарушенное свойство |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Подмена личности ( <i>spoofing identity</i> )          | Незаконный доступ к данным, используемым для аутентификации, в целях выдать себя за легитимного пользователя | Аутентификация      |
| Подделка данных ( <i>tampering of data</i> )           | Несанкционированное внесение изменений на диске, в сети, памяти и в других элементах системы                 | Целостность         |
| Отказ от ответственности ( <i>repudiation</i> )        | Отрицание пользователем выполнения тех или иных действий                                                     | Неотказуемость      |
| Раскрытие информации ( <i>information disclosure</i> ) | Предоставление информации тем, кто не должен иметь к ней доступа                                             | Конфиденциальность  |
| Отказ в обслуживании ( <i>denial of service</i> )      | Исчерпание ресурсов системы или ее компонента, которое делает его недоступным для использования              | Доступность         |
| Повышение привилегий ( <i>elevation of privilege</i> ) | Несанкционированное повышение уровня доступа в системе                                                       | Авторизация         |

Примечание. Разработано на основе [4].

В основе *STRIDE* лежит взаимодействие со структурой рассматриваемой системы, где сначала определяются объекты, события, потоки данных и границы доверия. По итогам анализа в целях визуального документирования системы разрабатываются диаграммы потоков данных, от точности которых зависит успех моделирования угроз. Последующий анализ возможности применения компонентов *STRIDE* к элементам системы используется для поиска потенциальных векторов атак и уязвимостей [4; 8].

Недостатком метода *STRIDE* является то, что он не рассчитан на генерацию и разработку мер противодействия выявленным угрозам. Также ввиду изначальной ориентации на анализ угроз ПО *STRIDE* слабо применимо для моделирования сотрудниками, не имеющими специальной подготовки в сфере разработки систем информационной безопасности.

Метод *PASTA* ориентирован на активы и предполагает сопоставление целей организации с техническими требованиями [3]. Он сосредоточен на исследовании угроз и их влияния на деятельность организации, что помогает своевременно разрабатывать соответствующие контрмеры.

Метод *PASTA* состоит из семи этапов. Подробно они представлены в табл. 2.

Таблица 2

Этапы метода *PASTA*

Table 2

*PASTA* stages

| № п/п | Этап                               | Действия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Определение целей                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>определение целей бизнеса, безопасности и соблюдения политики;</li> <li>анализ воздействия на бизнес</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         |
| 2     | Определение технического контекста | <ul style="list-style-type: none"> <li>определение границ технической среды;</li> <li>выяснение зависимости инфраструктуры, приложения, ПО</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          |
| 3     | Декомпозиция приложения            | <ul style="list-style-type: none"> <li>идентификация вариантов использования, определение уровней доверия и точек входа в приложение;</li> <li>идентификация участников, активов, служб, ролей, источников данных;</li> <li>разработка диаграмм потоков данных и границ доверия</li> </ul>                                                                     |
| 4     | Анализ угроз                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>анализ вероятных сценариев атак;</li> <li>регрессионный анализ событий безопасности;</li> <li>корреляция и аналитика киберугроз</li> </ul>                                                                                                                                                                              |
| 5     | Анализ уязвимостей                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>запросы отчетов о существующих уязвимостях и отслеживание проблем;</li> <li>составление карт соотношения угроз и текущих уязвимостей с помощью деревьев угроз;</li> <li>анализ недостатков разработки с помощью вариантов использования и злоупотребления;</li> <li>ранжирование и классификация уязвимостей</li> </ul> |
| 6     | Моделирование атак                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>анализ поверхности атаки;</li> <li>развитие дерева атак, управление библиотекой атак;</li> <li>анализ атак и эксплойтов с помощью деревьев атак</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| 7     | Анализ рынков                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>анализ количественного и качественного воздействия на бизнес;</li> <li>выявление контрмер и анализ остаточных рисков;</li> <li>идентификация стратегий снижения рисков</li> </ul>                                                                                                                                       |

Примечание. Разработано на основе [3].

Неоспоримым преимуществом *PASTA* является возможность его применения практически в любых учреждениях, за исключением тех, где отсутствует поддержка со стороны руководства. Важным элементом данного метода выступает анализ воздействия рисков на деятельность, что, в свою очередь, распространяет ответственность (невозможную без непосредственного участия руководителей) за безопасность на всю организацию. Более того, данный метод представляет собой полноценный фреймворк по анализу рисков, часть которого – моделирование угроз, что также является плюсом [3].

Однако указанные преимущества метода таят в себе недостатки. Так, взаимодействие с каждым элементом системы, включая руководство организации, требует проведения многочасового обучения всех ключевых участников процесса. Детальная проработка данного вопроса, выходящего за рамки моделирования угроз, несет дополнительные сложности.

Деревья атак в моделировании угроз – один из старейших и наиболее используемых методов. Ранее они выступали в качестве автономного метода моделирования, однако сегодня являются частью многих других методологий или применяются параллельно с ними [9].

Деревья атак, также называемые графами атак, представляют собой диаграммы, отображающие пути, по которым атаки могут проходить в рассматриваемой системе, где корнем дерева является цель атаки, а ветвями – способы достижения этой цели. При создании деревьев атак для моделирования угроз каждая цель злоумышленника изображена в виде дерева, которое отдельно или совместно с другими релевантными деревьями может быть разработано как для всей системы, так и для ее элементов. Пример показан на рис. 1.

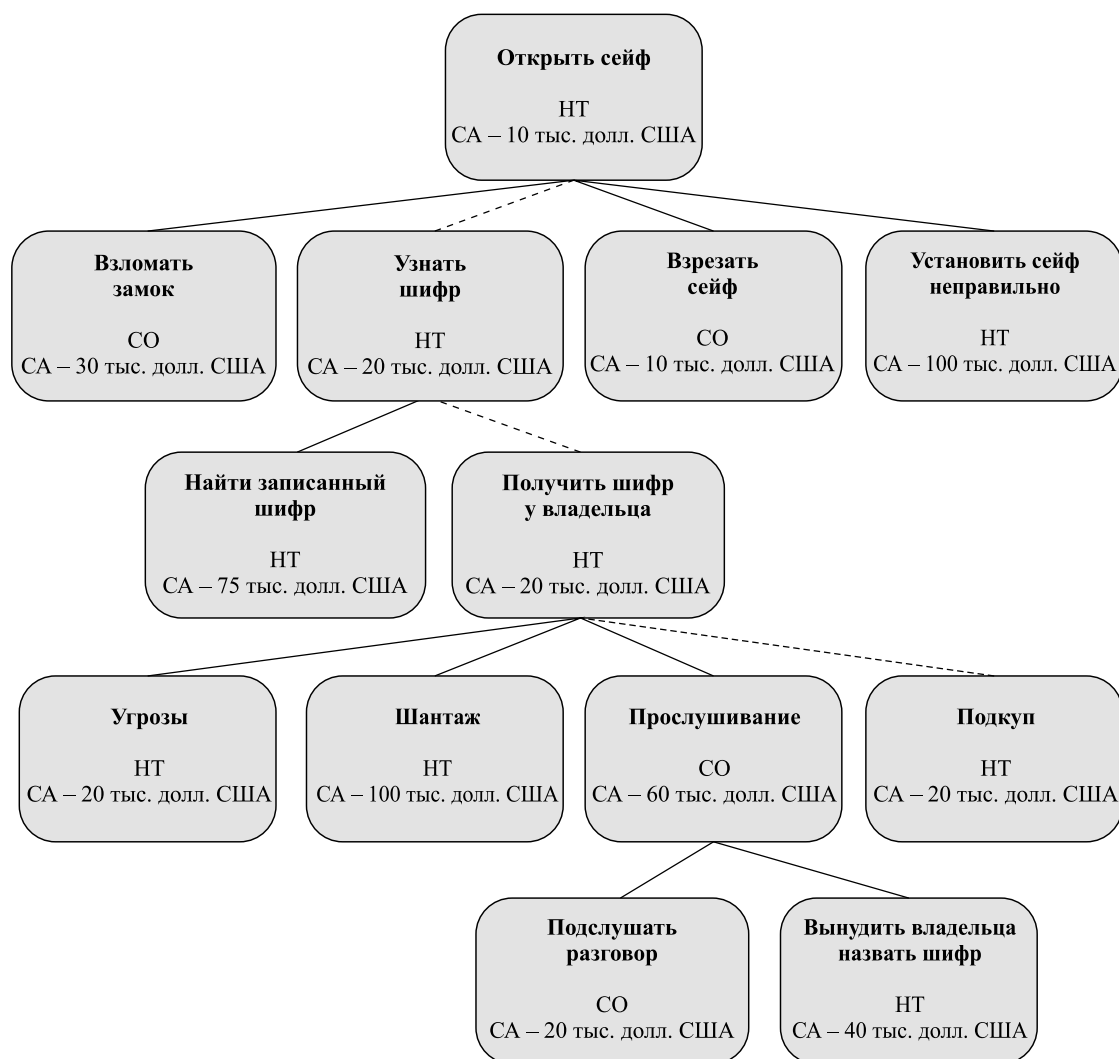


Рис. 1. Пример дерева атак:  
 HT – не требует специального оборудования;  
 CO – требует специального оборудования;  
 CA – стоимость атаки, долл. США.  
 Источник: [9]

Fig. 1. Attack tree example:  
 HT – no special equipment; CO – special equipment;  
 CA – attack cost, US dollars.  
 Source: [9]

Создание деревьев атак является сложной задачей. Каждый узел дерева необходимо проанализировать с точки зрения влияния на систему в целом, для чего используются диаграммы потока данных. В ходе моделирования оцениваются полнота графа и его возможное расширение дополнительными компонентами, исследуются альтернативные способы достижения целей моделирования. Для создания полноценной модели необходимо также документировать основные характеристики атак, такие как вероятность и стоимость, и меры противодействия, что приводит к усложнению построения модели [9]. Наконец, деревья атак не подходят для моделирования угроз на более низких уровнях системы. Данные проблемы делают метод не самым эффективным с точки зрения независимого моделирования угроз.

Таким образом, каждый из указанных методов содержит ограничения. Это соответствует отмеченному нами факту, что методы моделирования обычно не рассматривают все компоненты моделирования угроз, а ориентируются на детальную проработку одного или нескольких из них. Дополнительным ограничением методов выступает сложность, которая препятствует их использованию сотрудниками, не обладающими необходимыми знаниями и навыками в области информационной безопасности. Данные обстоятельства приводят к упущению аспектов, являющихся ключевыми для моделирования угроз и предусмотрения его возможных компонентов. Как следствие, возникает проблема разработки полноценного плана безопасности, ответных и предупредительных мер, что может угрожать информационной и экономической безопасности организации.

### Авторский метод моделирования угроз на основе шаблона

Чтобы обеспечить продуктивное и полноценное моделирование угроз, метод должен отвечать трем условиям: включать структурный подход, учитывать оптимальное количество деталей и представлять данные в читаемом формате [10].

*Структурный подход* заключается в том, чтобы разделить большой и комплексный проект моделирования угроз на серию более мелких и управляемых модулей. Подобный подход позволяет корректно определить цель моделирования, уделить внимание деталям и провести их тщательный анализ.

*Оптимальное количество деталей* является решающим фактором успешного моделирования угроз. Необходимо исходить из того факта, что не все пользователи подхода являются специалистами в области информационной безопасности. Поэтому, чтобы модель оставалась понятной и легкой для восприятия и разработки, но в то же время давала возможность всесторонне оценить систему организации, в нее следует включить оптимальное количество деталей. Подобный комплексный подход увеличит вероятность успешного моделирования рисков и позволит избежать упущения угроз.

*Удобочитаемость* подразумевает способ представления данных в модели и влияет на то, как пользователи обрабатывают их. Если информация представлена в сложном для восприятия виде, это не позволит сосредоточиться на анализе даже при выполнении двух предыдущих условий. Поэтому метод моделирования угроз должен иметь такой формат, который позволит специалистам и простым пользователям эффективно считывать и воспринимать данные.

На основе шаблона мы разработали метод моделирования угроз, который устраняет недостатки и позволяет быстро и продуктивно провести моделирование. Структура шаблона опирается на метод, предложенный Фондом электронных рубежей. Он является гибридом нескольких методов и включает ключевые элементы моделирования угроз. Его преимуществами также выступают структурный подход к моделированию и доступность для людей с разным уровнем подготовки в сфере информационной безопасности.

Апробация метода происходила на занятиях со студентами экономического факультета БГУ в рамках дисциплин «Цифровая безопасность», «Информационная безопасность», «Бизнес-офис организации (предприятия) и интернет-маркетинг». После наблюдения за взаимодействием студентов с исходным методом и обратной связи мы внесли изменения, позволившие сделать его структуру и логику доступнее. В результате разработан шаблон, который отвечает трем указанным условиям:

- разбивает страницу на четыре компонента (характеризующие активы, злоумышленников, угрозы и анализ рисков), которые, в свою очередь, также разделяются на составляющие;
- содержит адекватную декомпозицию, которая не отвлекает внимание от собственно моделирования;
- благодаря простому визуальному и текстовому изложению позволяет пользователю понять суть структуры и метода моделирования угроз и приступить к процессу.

Результат нашей работы представлен на рис. 2.

## Шаблон моделирования угроз

|                                                                                                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                      |  |                                                                                                                                                                                        |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Разработан для                                                                                                                   |  | Автор                                                                                                                                                                                                                                |  | Дата<br>Пересмотра                                                                                                                                                                     |  |
| <b>1. Активы</b><br>Что мы хотим защитить?<br>Кто или что взаимодействует с активами?<br>Где они находятся?<br>Как они защищены? |  | <b>2. Злоумышленники</b><br>От кого мы защищаем активы?<br>Кто может хотеть совершить атаку?<br>Кто может неумышленно нанести вред?                                                                                                  |  | <b>5. Угрозы</b><br>Что может сделать злоумышленник?<br>Что может произойти с активами?                                                                                                |  |
| <b>3. Мотивы</b><br>Какие цели побуждают злоумышленников к совершению атак?                                                      |  | <b>6. Последствия</b><br>Что случится, если мы не защитим активы?<br>Что произойдет, если мы не справимся с атакой?<br>Как атака повлияет на другие активы?                                                                          |  | <b>8. Контрмеры</b><br>Что мы готовы сделать для того, чтобы предотвратить возможные последствия?<br>Запишите возможные меры противодействия угрозам в порядке убывания их приоритета. |  |
| <b>4. Потенциал</b><br>На что способен злоумышленник?<br>Какими навыками он обладает?<br>Какое оборудование у него есть?         |  | <b>7. Анализ рисков</b><br>Какова вероятность того, что нам будет необходимо защитить активы?<br>Оцените выявленные угрозы на карте.<br>Отметьте угрозы на карте и определите их приоритет по цвету области (чем темнее – тем выше). |  |                                                                                                                                                                                        |  |

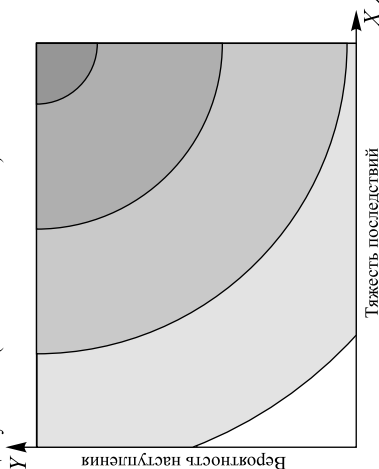


Рис. 2. Шаблон моделирования угроз  
Fig. 2. Threat modelling canvas

Шаблон моделирования угроз состоит из восьми блоков. В ходе заполнения шаблона мы отвечаем на вопросы, которые помогут рассмотреть каждый элемент подробно. Для упрощения некоторые компоненты были разделены или совмещены. Рассмотрим блоки шаблона в порядке их заполнения.

В блоке «активы» рассматриваются элементы системы, которые пользователи шаблона планируют или должны защитить. В отношении цифровой безопасности активами могут быть пароли, аккаунты, цифровой след, местоположение человека или группы лиц и т. д. При заполнении данного блока анализ стоит также дополнить инвентаризацией компонентов системы, взаимодействующих с активами.

При рассмотрении блока «злоумышленники» следует проанализировать, какие лица, группы лиц или организации могут (с умыслом или без него) причинить вред активам или инфраструктуре, связанной с ними. При этом стоит помнить о том, что круг злоумышленников не ограничен киберпреступниками и может включать сотрудников и членов их семей, а также другие организации.

В блоке «мотивы» мы указываем, что побуждает злоумышленника к совершению преступления.

Возможности злоумышленников следует проанализировать в блоке «потенциал». Данную категорию необходимо рассматривать с точки зрения взаимодействия с инфраструктурой и техническими умениями. Так, другие организации и хакеры могут иметь больше технических навыков, средств и специальной подготовки, но в то же время сотрудники рассматриваемой организации и члены их семей будут находиться в более тесном контакте с ней.

Блок «угрозы» включает действия, совершенные злоумышленниками, и события, приведшие к утрате или компрометации активов.

На его основании заполняется блок «последствия». При этом необходимо учитывать потенциал злоумышленников, поскольку в результате одного и того же действия, совершенного с разным потенциалом, последствия могут отличаться.

Затем следует блок «анализ рисков». Анализ рисков – субъективный процесс, нацеленный на приоритизацию выявленных рисков по убыванию. Его результат зависит от объекта, располагающего активами. Чтобы минимизировать субъективность анализа и максимизировать критическую оценку рисков, предлагаем использовать карту риска, где ось  $Y$  характеризует вероятность наступления события, а ось  $X$  – степень его тяжести. Для удобства график разделен на четыре области и содержит цветовое обозначение степени тяжести риска, т. е. пользователь шаблона может самостоятельно выбрать шкалу оценки рисков и приоритизировать их.

Заключительным этапом является заполнение блока «контрмеры», в котором необходимо определить свою готовность в защите активов или минимизировании последствий их утраты и компрометации. При этом следует учитывать ограничения финансового, технического и социального характера.

Отдельным элементом шаблона является графа о сроке переоценки модели угроз. Ее включение необходимо, поскольку основные элементы модели будут видоизменяться в зависимости от внешних и внутренних факторов.

### **Обучение применению метода моделирования угроз на основе шаблона**

Системы информационной безопасности бесполезны, если нанести вред данным или компрометировать конфиденциальные данные посредством атак, цель которых – персонал организации. Именно поэтому неосведомленность, недостаточная образованность и отсутствие культуры безопасности персонала в области защиты данных являются фактором риска для информационной безопасности.

И поскольку цифровизация экономики требует вовлечения всех элементов организации в разработку мер безопасности, обучение моделированию угроз должно быть обязательным, оно поможет создать более целостную систему защиты данных. Так, персонал не только получит необходимые навыки для анализа угроз и связанных с ними рисков, но и сможет в полной мере осознать, что безопасность организации – это ответственность каждого сотрудника.

Поскольку апробация метода происходила в ходе занятий со студентами, мы, исходя из опыта взаимодействия и обратной связи, сформулировали подход к обучению моделированию угроз, который показал высокую эффективность.

Главная цель подхода предполагает помощь сотрудникам организации в осознании их вклада и роли в обеспечении целостной системы информационной безопасности.

Достижению поставленной цели обучения служат три основные задачи:

- 1) улучшить понимание персоналом важности процесса моделирования угроз и структуры шаблона моделирования угроз;



2) обеспечить сотрудников эффективным инструментом моделирования угроз для последующего применения в реальных условиях;

3) предоставить возможность практики устной презентации для персонала в процессе защиты модели угроз и получения обратной связи от коллег.

Обучение рекомендуется проводить с использованием эмпирического подхода. На занятиях участники самостоятельно работают с шаблоном моделирования угроз, разбираются в его структуре и значении основных элементов. Задача преподавателя в данном случае заключается в мотивации группы на изучение процесса моделирования угроз, а также в курировании хода семинара, помощи в анализе и систематизации полученного опыта. План занятия представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Структура эвристического семинара по обучению  
использованию метода моделирования угроз на основе шаблона**

Table 3

**Structure of a heuristic workshop on teaching  
how to use the canvas-based threat modelling method**

| Этап                                                                                                                  | Временная реализация, мин |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Организационная часть: приветствие, знакомство с темой, мотивация                                                     | 3                         |
| Актуализация знаний, мотивация на восприятие и осмысление нового материала, рассмотрение некоторых понятий            | 15                        |
| Постановка познавательной задачи «моделирование угроз в процессе обеспечения информационной безопасности организации» | 5                         |
| Решение познавательной задачи с помощью инструмента «шаблон моделирования угроз»:                                     | 30                        |
| • работа в группах: обсуждение и заполнение таблицы;                                                                  | 15                        |
| • защита групповых проектов;                                                                                          | 5                         |
| • коллективная экспертная оценка результатов под руководством преподавателя;                                          | 5                         |
| • общие выводы                                                                                                        | 5                         |
| Формулирование основных понятий метода моделирования угроз:                                                           | 15                        |
| • работа в группах: обсуждение и заполнение таблицы понятий;                                                          | 10                        |
| • индивидуальная работа по формулированию вариантов угроз и контрмер                                                  | 5                         |
| Подведение итогов урока:                                                                                              | 12                        |
| • обобщение изученного материала;                                                                                     | 5                         |
| • рефлексия;                                                                                                          | 3                         |
| • обратная связь                                                                                                      | 4                         |

Мы выделили несколько условий наиболее эффективного обучения:

1) во время занятия его участники должны работать над общей проблемой. Это даст возможность сравнить и оценить завершённые проекты, стимулируя обмен конструктивной обратной связью между коллегами, и прийти к общим выводам о применении нового метода моделирования угроз;

2) в ходе семинара следует разделить участников на группы, в которых они будут прорабатывать заданную проблему. Каждый будет иметь возможность высказать свою точку зрения и принять участие в командной работе над проектом;

3) эффективным является привлечение к участию в занятии специалиста организации по обеспечению информационной безопасности или защите персональных данных (в качестве помощника преподавателя или куратора семинара), что создаст основу для лучшего понимания проблемы. Подобная практика также служит эффективным способом генерации и обмена идеями по совершенствованию системы информационной безопасности организации между представителями ее структурных элементов.

Стоит отметить, что проведение занятия не требует предварительной теоретической подготовки, поскольку его участники смогут дать определение основным понятиям самостоятельно с помощью шаблона моделирования угроз. Тем не менее наличие ранее полученных теоретико-методологических знаний в области обеспечения цифровой безопасности и защиты личных данных часто позволяет сформулировать более точное содержание структурных элементов модели. Таким образом, оптимально проводить семинар после овладения базовыми понятиями цифровой и информационной безопасности.

На наш взгляд, после основной фазы занятия необходимо провести групповое обсуждение, в процессе которого участники семинара смогут проанализировать свой опыт обучения, преобразуя полученную информацию для рефлексивной деятельности.

Апробация подхода во время занятий со студентами и сбора обратной связи показала, что его цели достигнуты. В данный момент нельзя ответить на вопрос, достигнет ли предложенный подход своих целей при обучении сотрудников организации, но мы предполагаем, что дальнейшее внедрение метода моделирования угроз в практику покажет его эффективность.

### Заключение

Таким образом, рассмотрены основные категории методов моделирования угроз, проанализированы особенности и недостатки часто применяемых методов. Многие методы моделирования угроз содержат ограничения, поскольку либо ориентированы на детальную проработку конкретных элементов систем, либо выходят за рамки процесса моделирования. Это, в свою очередь, приводит к упущению аспектов, являющихся ключевыми для моделирования угроз и предусмотрения его возможных компонентов. Существует проблема разработки полноценного плана безопасности и ответных и предупредительных мер, что может привести к угрозам информационной и экономической безопасности организации.

Разработан метод моделирования угроз, основанный на шаблоне, который позволяет провести быстрый и продуктивный процесс моделирования, доступный для людей с разной подготовкой в сфере информационной безопасности. Предложенный метод включает ключевые элементы моделирования угроз и использует структурный подход. Сформулированы структура семинара, который может быть использован при обучении моделированию угроз, и требования к нему.

В будущем мы планируем апробировать предложенный нами метод в организации для анализа потенциальных угроз информационных и бизнес-систем. Мы также намерены рассмотреть один из перечисленных путей научной и практической разработки шаблона, заключающийся в его применении в процессе обучения сотрудников основам цифровой безопасности и защите персональных данных.

### Библиографические ссылки

1. Parenty TJ, Domet JJ. *Leader's guide to cybersecurity: Why boards need to lead – and how to do it*. Boston: Harvard Business Review Press; 2019. 240 p.
2. Макаревич ВА, Минюкович ЕА, Мулярчик КС. Проблемы информационной безопасности при организации удаленной работы сотрудников. *Актуальные проблемы науки XXI века* [Интернет]. 2020 [процитировано 10 января 2020 г.];9:12–16. Доступно по: <http://library.miu.by/journals/item.science-xxi/issue.9/article.2.html>.
3. UcedaVelez T, Morana MM. *Risk centric threat modelling: process for attack simulation and threat analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2015. 696 p.
4. Shostack A. *Threat modelling: designing for security*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2014. 624 p.
5. Jaatun MG, Bernsmed K, Cruzes DS. Threat modelling in agile software development. In: Felderer M, Scandariato R, editors. *Exploring security in software architecture and design*. Hershey: IGI Global; 2019. p. 1–14. DOI: 10.4018/978-1-5225-6313-6.ch001.
6. Makarevich UA. Ethical hacking and social engineering. Legal ways of protecting business. В: Берлинская СГ, редактор. *Сборник работ 73-й научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета; 16–25 мая 2016 г.; Минск, Беларусь. Часть 2*. Минск: БГУ; 2016. с. 121–125.
7. Jouini M, Rabai LBA. Threats classification: state of the art. In: *Handbook of research on modern cryptographic solutions for computer and cyber security*. Hershey: IGI Global; 2016. p. 368–392. DOI: 10.4018/978-1-5225-0105-3.ch016.
8. Hernan S, Lambert S, Ostwald T. Uncover security design flaws using the STRIDE approach. *MSDN Magazine* [Internet]. 2006 [cited 2021 January 10]. Available from: <https://docs.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2006/november/uncover-security-design-flaws-using-the-stride-approach>.
9. Schneier B. Attack trees. In: Schneier B. *Secrets and lies: digital security in a networked world*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2015. p. 318–333. DOI: 10.1002/9781119183631.ch21.
10. Krishnan S. *A hybrid approach to threat modelling* [Internet]. 2017. [cited 2021 January 10]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/320183133\\_A\\_Hybrid\\_Approach\\_to\\_Threat\\_Modelling\\_A\\_Hybrid\\_Approach\\_to\\_Threat\\_Modelling](https://www.researchgate.net/publication/320183133_A_Hybrid_Approach_to_Threat_Modelling_A_Hybrid_Approach_to_Threat_Modelling). DOI: 10.13140/RG.2.2.33303.88486.

### References

1. Parenty TJ, Domet JJ. *Leader's guide to cybersecurity: Why boards need to lead — and how to do it*. Boston: Harvard Business Review Press; 2019. 240 p.
2. Makarevich UA, Miniukovich KA, Mulyarchik KS. Information security issues in the organisation of remote work of employees. *Current issues of science in the 21<sup>st</sup> century* [Internet]. 2020 [cited 2021 January 10];9:12–16. Available from: <http://library.miu.by/journals/item.science-xxi/issue.9/article.2.html>. Russian.
3. UcedaVelez T, Morana MM. *Risk centric threat modelling: process for attack simulation and threat analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2015. 696 p.
4. Shostack A. *Threat modelling: designing for security*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2014. 624 p.



5. Jaatun MG, Bernsmed K, Cruzes DS. Threat modelling in agile software development. In: Felderer M, Scandariato R, editors. *Exploring security in software architecture and design*. Hershey: IGI Global; 2019. p. 1–14. DOI: 10.4018/978-1-5225-6313-6.ch001.
6. Makarevich UA. Ethical hacking and social engineering. In: Berlinskaya SG, editor. *Sbornik rabot 73-i nauchnoi konferentsii studentov i aspirantov Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta; 16–25 maya 2016 g.; Minsk, Belarus'. Chast' 2* [Collection of works of 73<sup>rd</sup> scientific conferences of students and postgraduates of the Belarusian State University; 2016 May 16–25; Minsk, Belarus. Part 2]. Minsk: Belarusian State University; 2016. p. 121–125.
7. Jouini M, Rabai LBA. Threats classification: state of the art. In: *Handbook of research on modern cryptographic solutions for computer and cyber security*. Hershey: IGI Global; 2016. p. 368–392. DOI: 10.4018/978-1-5225-0105-3.ch016.
8. Hernan S, Lambert S, Ostwald T. Uncover security design flaws using the STRIDE approach. *MSDN Magazine* [Internet]. 2006 [cited 2021 January 10]. Available from: <https://docs.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2006/november/uncover-security-design-flaws-using-the-stride-approach>.
9. Schneier B. Attack trees. In: Schneier B. *Secrets and lies: digital security in a networked world*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2015. p. 318–333. DOI: 10.1002/9781119183631.ch21.
10. Krishnan S. *A hybrid approach to threat modelling* [Internet] 2017. [cited 2021 January 10]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/320183133\\_A\\_Hybrid\\_Approach\\_to\\_Threat\\_Modelling\\_A\\_Hybrid\\_Approach\\_to\\_Threat\\_Modelling](https://www.researchgate.net/publication/320183133_A_Hybrid_Approach_to_Threat_Modelling_A_Hybrid_Approach_to_Threat_Modelling). DOI: 10.13140/RG.2.2.33303.88486.

Статья поступила в редакцию 05.02.2021.  
Received by editorial board 05.02.2021.

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРЕНД-СИГНАЛОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МАРКЕТИНГОВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Э. Г. ЧУРЛЕЙ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Отмечается, что изменение конкурентного поля и скорости течения событий ориентируют игроков рынка на необходимость поиска тренд-сигналов и анализ трендов. Указываются актуальные способы отражения качественных и количественных результатов исследований и анализа трендов: мониторинг вторичных ресурсов, экспертные методы и модели.

**Ключевые слова:** тренд-сигнал; тренд; источники информации; маркетинговые исследования; процедура подбора экспертов; визуализация; система мониторинга; информационное обеспечение.

## FORMATION OF A MONITORING SYSTEM FOR TREND SIGNALS IN THE ORGANISATION OF THE MARKETING INFORMATION SUPPORT PROCESS

E. G. CHURLEI<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Changes in the competitive field and the speed of the course of events orient market players to the need to search for trend signals and analyse trends. Relevant methods are the monitoring of secondary resources, expert methods and the using models to reflect the qualitative and quantitative research results and trend analysis.

**Keywords:** trend signal; trend; sources of information; marketing research; procedure for selecting experts; visualisation; monitoring system; information support.

Разработка маркетинговой стратегии предприятия, продукта, бренда требует понимания и учета всех составляющих среды функционирования, причем не только их текущего состояния, но и в перспективе. Это предполагает выявление и анализ глобальных, национальных и локальных тенденций, трендов и закономерностей на макро- и микроуровнях. Сегодня, в условиях быстрых и всеохватывающих изменений, значительного роста объемов информации, разработать грамотную маркетинговую

### Образец цитирования:

Чурлей Э.Г. Формирование системы мониторинга тренд-сигналов в организации процесса маркетингового информационного обеспечения. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2021;1:69–85.

### For citation:

Churlei EG. Formation of a monitoring system for trend signals in the organisation of the marketing information support process. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:69–85. Russian.

### Автор:

Эдуард Генрихович Чурлей – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры международного менеджмента экономического факультета.

### Author:

Eduard G. Churlei, PhD (economics), docent; associate professor at the department of international management, faculty of economics.  
[churlei@bsu.by](mailto:churlei@bsu.by)  
<https://orcid.org/0000-0002-1980-4418>



стратегию, игнорируя процесс изучения трендов, невозможно. В связи с этим необходимым и обоснованным направлением научного поиска представляется разработка аналитической модели, которая позволит сформулировать алгоритм выявления и изучения трендов.

Наблюдение за трендами подразумевает мониторинг, выявление и прогнозирование трендов. Современному специалисту необходимо обладать информацией о том, что происходит на рынке сегодня, понимать, что будет завтра, как может измениться поведение потребителя. Особую важность подобные знания приобретают в период кризисов.

Вопросам идентификации, изучения, описания и анализа трендов свои труды посвятили известные ученые и специалисты: Д. Армстронг, Р. Бхаргава, И. Валлерстайн, Й. Гальту, Э. Гидденс, С. Ю. Глазьев, Д. Гольдблатт, А. А. Иноземцев, Дж. Нейсбит, Т. О'Рейли, М. Пенн, Дж. Перратон, Р. Робертсон, Дж. Розенау, Э. Сигель, Б. В. Токарев, М. Файман, Д. Хелд, Б. Шепард и др.

Анализ научной литературы показывает, что при изучении динамики глобальных технологических, политических, социально-экономических, природных и других явлений термины «тренд», «тенденция», «закономерность», «угроза», «вызов», «риск» часто используются как тождественные. Такое применение категориального аппарата представляется не вполне обоснованным. Указанные термины имеют следующие определения.

Тренд – направление, устремленность<sup>1</sup>.

Тенденция – сравнительно устойчивое направление развития какого-либо явления, процесса или идеи<sup>2</sup>.

Закономерность – соответствующее закону последовательное проявление действия какого-нибудь явления<sup>3</sup>.

Угроза – возможная опасность<sup>4</sup>.

Вызов – призыв к борьбе<sup>5</sup>.

Риск – возможность наступления событий с отрицательными последствиями в результате определенных решений или действий<sup>6</sup>.

Проанализировав представленные дефиниции, можно сделать вывод о правомерности использования в контексте рассматриваемого направления только категорий «тренд», «тенденция» и «закономерность», поскольку остальные являются уточняющими сущность основного понятия.

Как уже отмечалось, в основе развития любого предприятия или компании лежит стратегия – долгосрочный план достижения поставленных целей. Без учета трендов построение адекватной стратегии становится сложной задачей. Следовательно, знания о возможном развитии ситуации помогают определять возможные сценарии, а также изменения, которые нельзя игнорировать. Именно поэтому товары и услуги, созданные исходя из видения только реалий, рискуют стать устаревшими еще на стадии выхода на рынок. При разработке и запуске в продажу нового продукта необходимо точно понимать, как именно трансформируются предпочтения потребителей, чтобы в результате сделать им актуальное предложение. Увидеть это помогает анализ трендов.

Тренд подразумевает какие-либо изменения в ценностях, а также в стилях жизни, которые могут проявляться на различных уровнях: локальном, национальном и глобальном. Эксперты на основании исследований выдвигают предположение о том, что часть глобальных трендов приобретает особые черты при рассмотрении их в национальных или региональных масштабах.

Тренд – это долговременная тенденция изменения исследуемого временного ряда, нарастающий в обществе запрос на решение определенной задачи, ускоренно развивающееся явление или явление, обнаруженное в результате осознанного наблюдения [1].

Следовательно, трендом выступают заметное изменение (выраженное графически и/или математически) в развитии какой-либо сферы жизни либо определенное явление, продукт или предмет, задающие тон в своей области. Это направление (или вектор), по которому движутся определенные агенты изменений, где в качестве сил могут быть социальные движения, группы потребителей или технологии [2].

В современном понимании процесс выявления тренда базируется на применении четкой методологии с обозначенными целями, которая описывает тенденции настоящего времени и подтверждается использованием математического (статистического) аппарата [3].

<sup>1</sup>Социологический энциклопедический словарь / под ред. Г. В. Осипова. М. : НОРМА, 2000. 488 с.

<sup>2</sup>Там же.

<sup>3</sup>Ушаков Д. Н. Большой толковый словарь русского языка. М. : Дом славян. книги, 2014. 960 с.

<sup>4</sup>Малый экономический словарь / А. Н. Азрилиян [и др.] ; под ред. А. Н. Азрилияна. М. : Ин-т новой экономики, 2000. 1088 с.

<sup>5</sup>Ушаков Д. Н. Большой толковый словарь русского языка. М. : Дом славян. книги, 2014. 960 с.

<sup>6</sup>Малый экономический словарь / А. Н. Азрилиян [и др.] ; под ред. А. Н. Азрилияна. М. : Ин-т новой экономики, 2000. 1088 с.

Что же вызывает сдвиги в определенных сферах? Число факторов велико и включает природу, науку, технологии и другие сферы. Существуют различные подходы к подбору направлений для изучения появляющихся трендов. Например, тренды рассматриваются как драйверы (катализаторы), оказывающие влияние на поведение человека [4; 5], а также отраслевые изменения [6]. Однако следует отметить, что, например, модель поведения человека изменяется не только исходя из его желаний, но и под воздействием макрофакторов (природных или технологических) [5; 6]. С этих позиций тренды можно рассматривать через группы макрофакторов, которые в рамках модели *TEMPLES+I* (*technology, economics, market, politics, legal, ecology, society + information*) изучаются на глубинном уровне в различных временных периодах ( $t+$ ) и на различных уровнях: локальном, национальном, глобальном (*local, national, global – LoNG*) [7; 8]. Чтобы точно идентифицировать и определить тренд в каждой из групп макросреды, необходим категориальный анализ (табл. 1).

Таблица 1

### Характеристика трендов по группам макрофакторов

Table 1

#### Characteristic of trends by groups of macrofactors

| Макрофакторы |                             | Характеристика тренда                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T            | Технологические             | Прорывное направление технологического развития                                                                                                                                                                                                    |
| E            | Экономические               | Длительная тенденция изменения экономических показателей, расчетная кривая изменения показателя на основе математической обработки статистических данных                                                                                           |
| M            | Рыночные                    | Пребывание рынка в таком состоянии, когда цена образует последовательность максимумов (минимумов), движение показателей в определенном направлении в течение долгого времени                                                                       |
| P            | Политические                | Тенденция развития политического процесса, явления, доминирующее направление в политике, общественном мнении <sup>7</sup>                                                                                                                          |
| L            | Законодательные             | Производная развития общественных отношений, тенденция развития законодательства <sup>8</sup>                                                                                                                                                      |
| E            | Экологические               | Долгосрочное изменение среднего состояния экологической динамики                                                                                                                                                                                   |
| S            | Социальные. Демографические | Доминирующее направление в социальном развитии, относительно устойчивая ведущая тенденция развития какого-либо социального явления <sup>9</sup> . Тенденции рождаемости, смертности, естественного движения населения и его миграции <sup>10</sup> |
| I            | Информационные              | Изменение объема и направления информации в системе                                                                                                                                                                                                |

Источники: [9–14].

Таким образом, тренды, принадлежащие к определенной группе факторов, требуют идентификации, исследования их взаимосвязей и взаимовлияния, а также изучения элементов разных уровней на основе поискового и проблемно ориентированного сканирования [14].

Влияние внешней среды на всех игроков рынка неоспоримо и проявляется в виде тенденций и закономерностей, которые создают потенциальные возможности и угрозы, требующие разработки общих и функциональных стратегий компании [15]. Следует отметить, что при анализе трендов нельзя концентрироваться на изучении только одной группы факторов, необходимо исследовать все уровни и составляющие, искать взаимосвязи между трендами. Сложность выделения доминирующей группы факторов в макросреде определяется наличием прочных взаимосвязей между группами и элементами, а также между трендами как проявлениями составляющих макросреды. Тренды, как и макрофакторы, имеют схожие признаки неуправляемости.

В процессе работы над трендами важным является их сопоставление в разрезе «прошлое – настоящее», а также учет их взаимовлияния. В совокупности анализ взаимосвязей, изменения скорости,

<sup>7</sup>Политическая наука : словарь-справочник / авт.-сост. И. И. Санжаревский. М., 2010. 988 с.

<sup>8</sup>Политический словарь / под ред. В. В. Федорова. М. : Центр соц. прогнозирования, 2006. 456 с.

<sup>9</sup>Социология. Энциклопедия / сост. А. А. Грицанов [и др.]. Минск : Книжный дом, 2003. 1312 с.

<sup>10</sup>Демографический понятийный словарь / под ред. Л. Л. Рыбаковского. М. : ЦСП, 2003. 352 с.

направлений влияния и развития рассматриваемого тренда может привести к выявлению новых трендов [2; 4; 5; 7]. Вариант визуального представления их взаимовлияния отражен на рис. 1 (за основу принята модель *TEMPLES+I+LoNG*) [8]. Он демонстрирует, что появляющиеся тренд-сигналы могут воздействовать друг на друга с различной силой в разных группах факторов, а тренды верхнего уровня (глобальные, национальные и локальные) могут вызывать появление новых тренд-сигналов, а также менять направление влияния трендов. Указанные обстоятельства подтверждают необходимость комплексного рассмотрения ситуации. Кроме того, следует учитывать, что первичным проявлением и источником информации о зарождающемся тренде является тренд-сигнал.

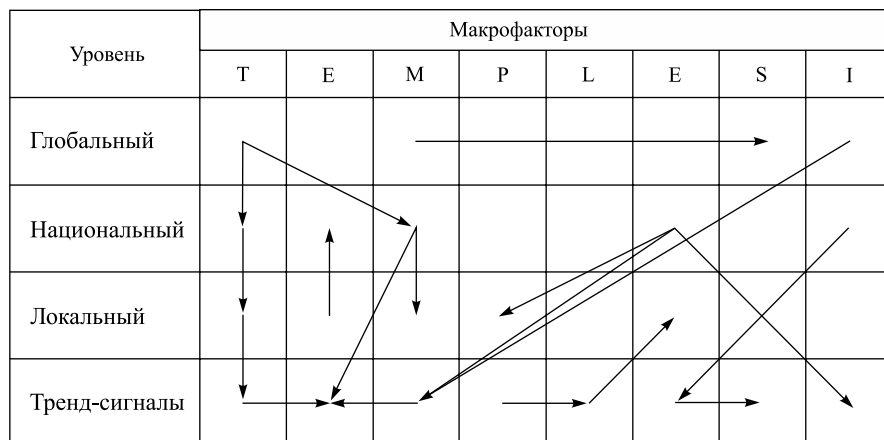


Рис. 1. Схематическое отражение взаимовлияния между трендами

Fig. 1. Schematic reflection of the mutual influence between trends

Таким образом, тренды непрерывно возникают и исчезают, могут трансформироваться на основе взаимосвязей между уровнями и группами факторов макросреды, пересекаться и сливаться, создавать новые тренды. Классификация трендов предполагает их рассмотрение на нескольких уровнях с учетом длительности, временных интервалов влияния и проявлений (табл. 2).

Таблица 2

## Характеристика трендов и их проявлений по уровням и временным интервалам

Table 2

## Characteristics of trends and their manifestations by levels and time intervals

| Уровень       | Характеристика                                                                                                                                                   | Временной интервал влияния | Проявления                              |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| Гигатренды    | Длительные тенденции (ориентиры движения вперед), радикально меняющие образ жизни и условия, содержащие элементы экономики, политики и технологического развития | 7 (10) – 30 лет            | Глобальные                              |
| Мегатренды    | Долгосрочные процессы, средние тренды, характеризующие дух времени, образ жизни и потребление                                                                    | 5–7 (10) лет               | Мировые                                 |
| Макротренды   | Крупные изменения, влияющие на общество в целом и трансформирующие среду (могут быть совокупностью микротрендов)                                                 | 3–5 лет                    | Национальные, международные             |
| Микротренды   | Небольшие (малочисленные или скрытые) изменения в поведении, пристрастиях, потребностях и желаниях групп людей, влияющие на социум                               | 6 месяцев – 3 года         | Региональные, отраслевые, микрорыночные |
| Тренд-сигналы | Проходящие (непроходящие) увлечения, влияющие на развитие ситуации                                                                                               | Краткосрочный период       | На уровне категорий продуктов           |

Источники: [3; 4; 14; 16].

Количество трендов на микроуровне значительно превосходит их число на глобальном уровне [1; 2; 5; 7]. Например, Копенгагенский институт исследований будущего (*Copenhagen Institute for Future Studies*) выделяет семь глобальных трендов и свыше 50 микротрендов [1; 4]. Согласно наблюдениям экспертов в области исследований и анализа трендов, встречаются явления в виде объединения, изменения направлений влияния (рис. 1), усиления трендов. Они рассматриваются и в географической плоскости, и во временном масштабе (рис. 2), исследуются концентрация тренд-сигналов, трансформация появляющихся тренд-сигналов и трендов, изменение их размеров, объединение некоторых из них в группы и даже нетипичные ситуации (например, появление глобальных трендов, обладающих краткосрочным действием).

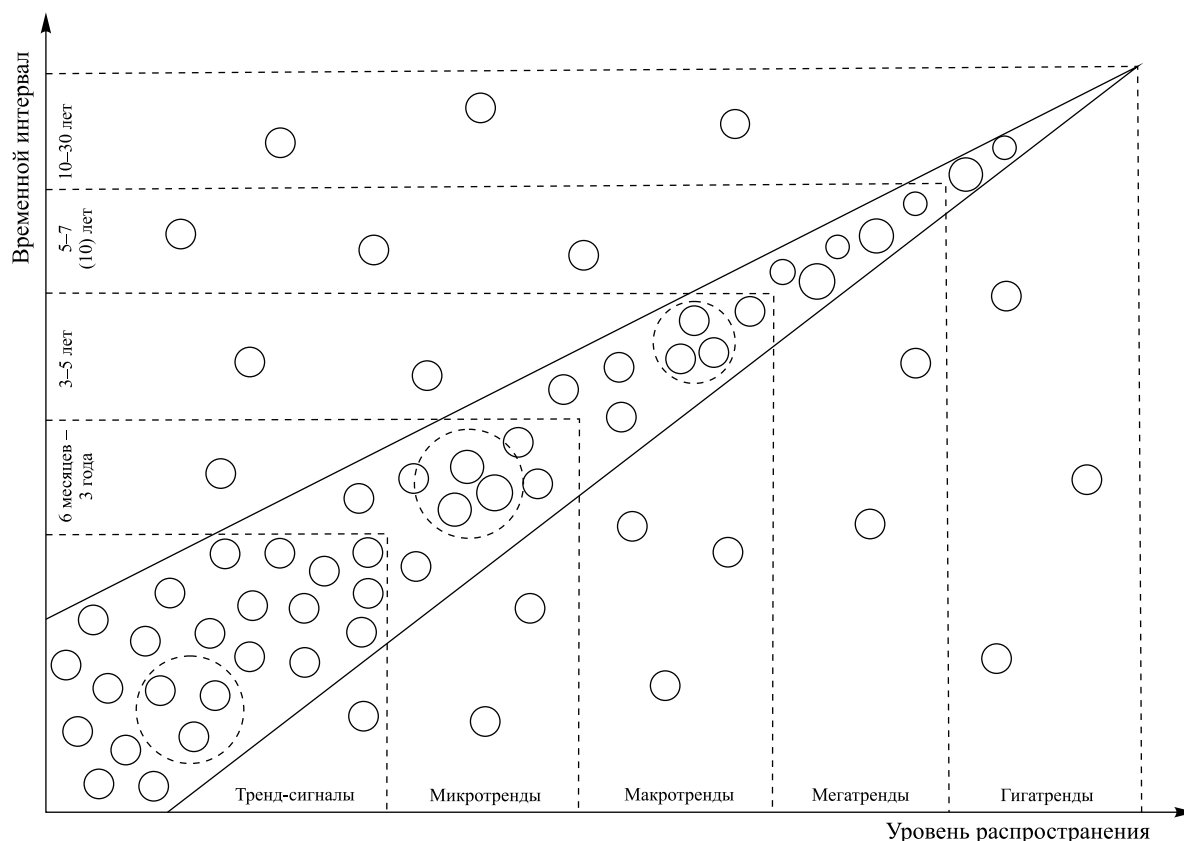


Рис. 2. Схематическое отражение количества тренд-сигналов и трендов в зависимости от географии распространения и временных интервалов

Fig. 2. Schematic reflection of the number of trend signals and trends depending on the geography of distribution and time intervals

Для выявления, анализа и использования тренд-сигналов и трендов разработан целый спектр различных инструментов: анализ статистических данных, формирование списков на основе качественных и количественных исследований, визуализация на основе моделей и использование карт [7].

Основой для выявления трендов является поиск аномалий. Под аномалиями подразумеваются сдвиги или изменения в социальной, технологической, экологической, политической сферах, которые указывают на различия, демонстрирующие появление новых тенденций, предупреждающие о нестабильности. Это поиск опознавательных знаков новизны или противоречий между тем, чего люди хотят, и тем, что им сейчас доступно [2]. Аномалии могут проявляться в виде едва заметных изменений еще на стадии зарождения либо ранних признаков.

Ранние признаки трендов – это слабые сигналы, «мечты завтрашнего дня». Термин «слабые сигналы» предложен в 1970-х гг. И. Ансоффом и определяется как предупреждения (внешние или внутренние), события, которые все еще слишком неполны, чтобы позволить дать точную оценку их воздействия [17]. При поиске и изучении ранних признаков следует учитывать, что ошибки в стратегических концепциях часто происходят по причине потери из виду слабых сигналов, которые лежат за пределами привычного состояния.



Один и тот же тренд-сигнал, а в последующем и тренд целесообразно рассматривать в разных отраслях и территориальных единицах. Это необходимо для выявления возможностей, а также для получения подтверждения наличия тренд-сигнала как основы выявления трендов.

Тренд-сигналами могут быть незначительные изменения в моделях поведения, привычках и предпочтениях, вызванные влиянием различных факторов макросреды, описанные на первых этапах в основном качественными характеристиками и ожидающие подтверждения на основе количественных составляющих. Количественные оценки реально подтверждают изменения и могут давать исходную информацию об изменениях как о реакции на происходящие события. Таким образом, динамические ряды содержат показатели, расположенные в хронологическом порядке и отражающие изменения изучаемого явления (например, растущий/развивающийся рынок – стабильный рынок – сокращающийся рынок и т. д.) [18].

Основой для получения необходимых сведений в процессе поиска тренд-сигналов являются маркетинговые исследования. В теории и на практике их рекомендуется начинать с изучения и анализа вторичных данных. Так, исходя из постоянного расширения информационного поля, данные целесообразно разделять на первичные (в исходном виде), вторичные (повторение, анализ или интерпретация исходных данных), а также третичные (краткое изложение или переупаковка исходной информации, часто основанная на опубликованной вторичной информации) [19–22].

Вторичные данные содержатся в информационных ресурсах. Это отдельные документы в информационных системах, электронные публикации, коллекции, фонды, библиотеки. К информационным ресурсам, актуальным для рассмотрения в печатном и электронном вариантах, относят публикации (статьи, обзоры, материалы конференций), справочные материалы, словари, книги, деловые источники данных, сайты [20–23].

Таким образом, возникает необходимость формирования системы мониторинга, включающей базовые принципы классификации источников информации для поиска тренд-сигналов и трендов (рис. 3), а также методы сбора и фиксации необходимых сведений. Практически все информационные ресурсы, раскрывающие вопросы тренд-анализа, присутствуют в электронном формате. Ввиду высокой скорости происходящих изменений подготовка бумажных вариантов занимает значительное время, что приводит к росту стоимости и быстрому устареванию информации.

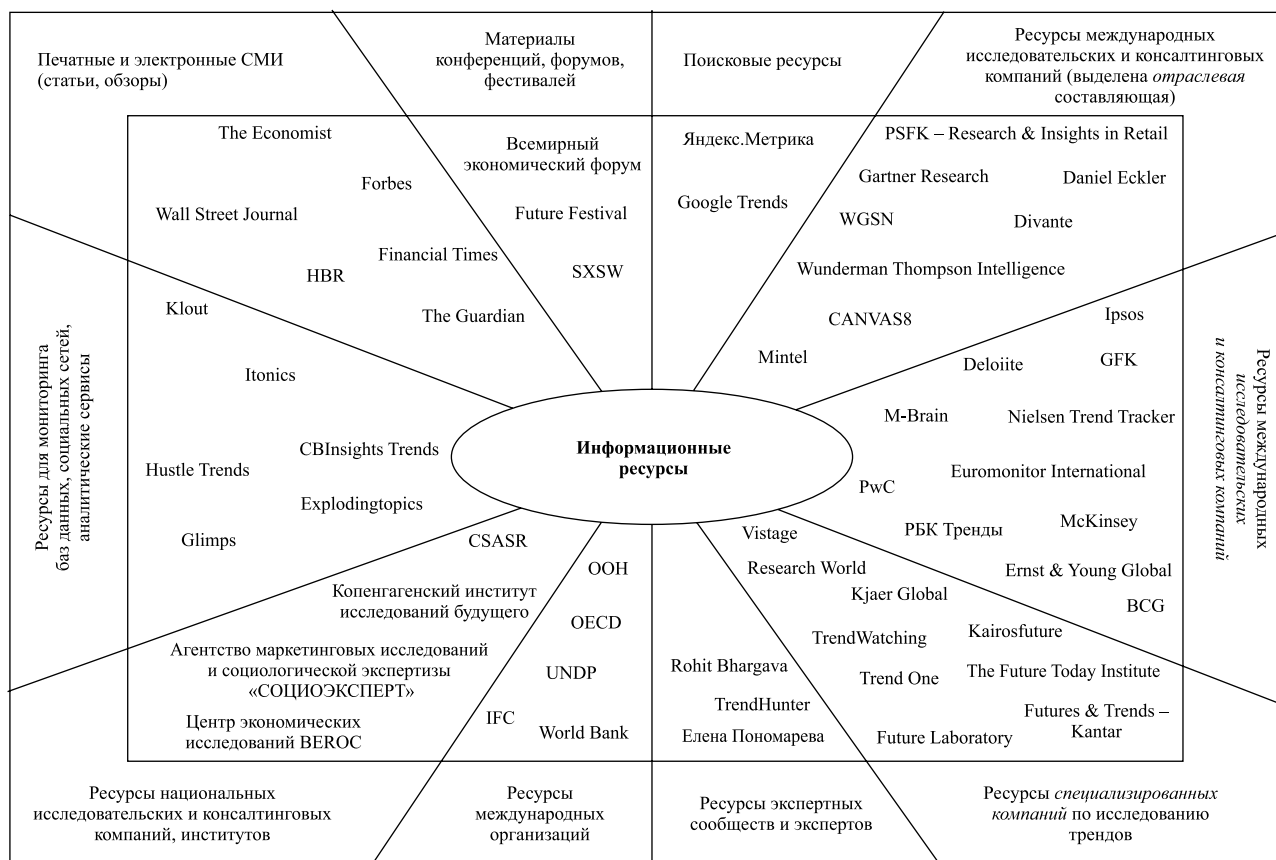


Рис. 3. Классификация и примеры ресурсов поиска тренд-сигналов и трендов

Fig. 3. Classification and examples of search resources for trend signals and trends

Учитывая высокую вероятность ошибки при использовании только одного информационного источника, согласно принципам триангуляции целесообразно опираться на 3–5 источников информации. Это позволит достичь относительно четких (точных) описаний и устойчивых значений на пересечениях по рассматриваемым областям.

Подготовка и реализация проектов по поиску тренд-сигналов и выявлению трендов подразумевают применение различных методологических подходов, включающих комбинирование кабинетных и полевых (качественных и количественных) методов для комплексного сбора и обработки информации. Основой является инструментарий, представленный в табл. 3.

Таблица 3

### Методы маркетинговых исследований тренд-сигналов и поиска трендов

Table 3

### Methods of marketing research of trend signals and search for trends

| Метод                                | Объекты исследований                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сбор и анализ вторичной информации   | Научные, маркетинговые, финансово-экономические отчеты, издания, публикации, содержащие результаты отраслевых исследований                                                  |
| Поисковые запросы в интернете        | Передовые технологии, основные и смежные рынки, страны                                                                                                                      |
| Мониторинг социальных сетей          | Хэштеги, актуальные темы, популярные страницы и обсуждения для выделения потребностей пользователей, формирующие потребительские тренды                                     |
| Интервью                             | Информация о трендах от сотрудников, клиентов и партнеров                                                                                                                   |
| Экспертные интервью                  | Целенаправленная работа с экспертами по погружению в жизнь людей, управляющих трендом, выявлению мнения о ситуации, обнаружению трендов и формированию экспертного прогноза |
| Контент-анализ                       | Результаты деловых мероприятий, выступлений и публикаций мировых лидеров, экспертов, информация из баз данных                                                               |
| Количественные исследования (опросы) | Изменения в поведении потребителей и их предпочтениях, дополнение (уточнение, проверка) экспертных выводов и определение влияния тренда                                     |
| Наблюдение                           | Поведение изучаемой аудитории, ключевых групп, конкурентов (использование споттинга (наблюдения), споттинговые сети по анализу аккумулированной информации)                 |

Источники: [3; 7; 18; 22; 24].

Таким образом, рассмотренные методы являются основой формирования инструментария полевых исследований в процессе поиска тренд-сигналов по различным объектам анализа.

В связи с тем что именно эксперт обладает наибольшими компетенциями, опытом и включен в исследование и решение узловых проблемных задач [25], особую значимость среди указанных методов приобретают экспертные интервью и опросы.

Подбор экспертов в области выявления трендов характеризуется применением как общеизвестных (классических) критериев (наличие специального образования в изучаемой сфере, достаточного опыта работы и определенной квалификации, число публикаций, участие в семинарах и конференциях), так и современных (частота упоминания специалиста в рассматриваемой отрасли или на рынке). Немаловажную роль играют участие в аналогичных исследуемому проектах и успешность их реализации.

Таким образом, *процедура подбора эксперта* по выявлению тренд-сигнала может складываться из следующих шагов:

- 1) сканирование (мониторинг, поиск) специалистов по рассматриваемой теме, отрасли;
- 2) сбор информации об образовании (а также ученых степенях и званиях);
- 3) анализ сведений об опыте работы, публикациях, знании изучаемой сферы, поиск экспертов (специалистов), являющихся примером воплощения конкретных трендов;
- 4) информация об области специализации и сведения о выполненных работах по изучаемым направлениям;



5) формулирование вопросов, требующих ответов (в области поиска тренд-сигналов и изучаемых трендов), проверка соответствия вопросов (направлений для изучения) специализации экспертов;

6) дополнение списка экспертов представителями различных направлений (экономики, социологии, культуры, политики и др.).

Экспертами могут выступать представители академических кругов, экспертного сообщества, международных организаций, исследователи, отраслевые специалисты, собственники бизнесов, а также аналитики, журналисты, социологи, маркетологи.

Обзор различных источников показал, что ученые выделяют дополнительные требования к составу экспертов. Например, М. Рейдмонт предлагает включать в их число инноваторов, законодателей трендов (т. е. тех, для кого тренды являются частью жизни), трендспоттеров, аналитиков трендов (специалистов, формулирующих появление и причины возникновения тренда: социологов, этнографов, психологов), потенциальных пользователей (раннего большинства, позднего большинства и отстающих) [2]. Указанные требования заслуживают внимания, поскольку расширяют спектр информационных потоков, дополняя число возможных экспертов.

Обращение к экспертам в процессе сбора и анализа информации – часто применяемый подход. Он довольно сложен с точки зрения организации и проведения, но в случае отсутствия достаточного объема статистической информации либо сложности ее поиска и интерпретации позволяет получить уникальные сведения. Экспертные методы, необходимые для оптимальной организации работы, представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Экспертные методы, используемые в процессе поиска тренд-сигналов и выявления трендов**

Table 4

**Expert methods used in the process of searching for trend signals and identifying trends**

| Экспертные методы |                                                                | Направления применения                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Очные             | Свободные интервью (в том числе индивидуальные, диады, триады) | Разведывательные цели, сбор первичной информации о проблеме, определение направлений исследования и гипотез |
|                   | Мозговая атака                                                 | Поиск путей решения проблемы                                                                                |
|                   | Метод отнесенной оценки                                        | Выработка единого согласованного мнения                                                                     |
|                   | Фокус-групповые дискуссии                                      | Коллективное обсуждение проблемы                                                                            |
|                   | Форсайт-сессия                                                 | Выработка концептуальных, прогностически подкреплённых подходов                                             |
| Заочные           | Метод сбора мнений                                             | Получение качественно новой информации                                                                      |
|                   | Метод Дельфи                                                   | Достижение согласованного мнения                                                                            |
|                   | Метод нечеткого Дельфи                                         | Использование для отбора критериев                                                                          |

Источники: [25–27].

Обнаружение ранних сигналов является элементом поиска первых признаков потенциально важных событий посредством систематического изучения потенциальных угроз и возможностей (исследовательского и проблемно ориентированного сканирования) с упором на новые технологии и их влияние на рассматриваемую проблему. Подобное сканирование, называемое выявлением тренд-сигналов, основано на поиске изменений, исследовании новых и неожиданных проблем [28]. Данный процесс опирается на научную методологию: первый этап проводится на основе кабинетных исследований для поиска закономерностей, далее сторонние специалисты (эксперты) подтверждают или опровергают выводы. Существуют и другие способы для поиска тренд-сигналов (табл. 5), предполагающие последовательный сбор информации с помощью различных подходов и трансформации результатов в удобный визуальный формат.

Таблица 5

### Подходы к поиску тренд-сигналов

Table 5

### Approaches to the search for trend signals

| Подход                                     | Автор                         | Характеристика                                                                                                                     | Источники |
|--------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>3-step method</i>                       | Э. Драгт                      | Структура исследований трех последовательных шагов на уровнях сканирования, анализа и применения                                   | [29]      |
| Метод стога                                | Р. Бхаргава                   | Сбор данных и выявление в них тенденций                                                                                            | [1]       |
| <i>Compas Lumiknows</i>                    | Е. Храмова                    | Анализ различных драйверов тренд-сигналов, структуризация в трендвотчинге (наблюдении за трендами)                                 | [18]      |
| <i>Synovate Censydiam</i>                  | <i>Synovate</i>               | Поиск тренд-сигналов на основе взаимосвязанности и взаимозависимости элементов в поведении людей под влиянием макрофакторов        | [30]      |
| <i>Horizon Scanning and Trend Analysis</i> | К. Делани                     | Сканирование, как исследование и понимание тенденций на предмет возникающих проблем, и анализ их потенциального воздействия        | [31]      |
| <i>4P Business Model</i>                   | Э. Кьер                       | Философия баланса через уравнивание четырех элементов (научного, социального, эмоционального и духовного) в бизнесе                | [5]       |
| <i>Seven-Step Funnel</i>                   | <i>Future Today Institute</i> | Выявление слабых сигналов и сопоставление их траекторий с техническими тенденциями на основе количественных и качественных данных. | [32]      |

Анализ представленных данных позволяет классифицировать существующие подходы. Так, можно выделить пошаговые, компасно-круговые со взаимосвязями, туннельные подходы, а также подходы сканирования.

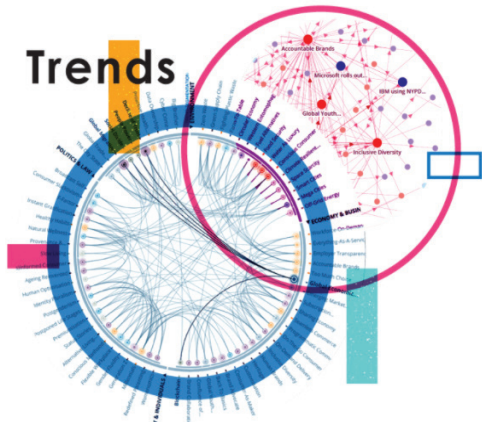
Данные, полученные при помощи кабинетных исследований, дополненные на основе полевых (качественных и количественных) и уточненные при помощи экспертных интервью и опросов, позволяют получить значительные объемы информации о тренд-сигналах. Эти сведения могут трансформироваться при помощи моделей, программного обеспечения, карт в визуально удобный формат (табл. 6).

Таблица 6

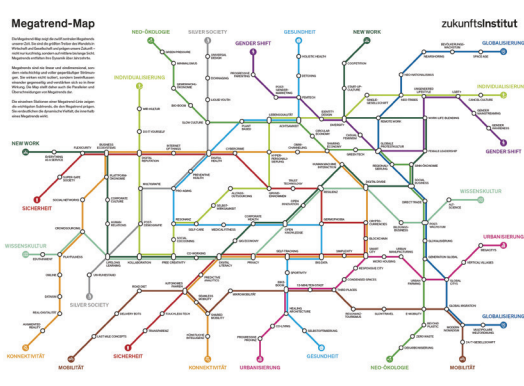
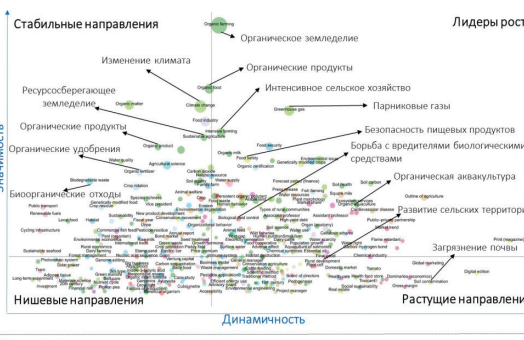
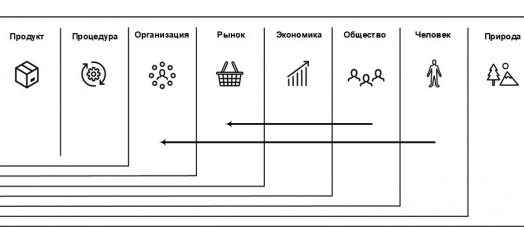
### Инструментарий для визуализации результатов поиска тренд-сигналов и трендов

Table 6

### Tools for visualising the search results for trend signals and trends

| Метод                                                | Пример визуализации                                                                 | Характеристика                                                                                         | Источники |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Trend Radar</i><br><i>ITONICS</i><br><i>Radar</i> |  | Составление интерактивной карты со взаимосвязями на основе мониторинга элементов по уровням макросреды | [33]      |

| Метод                                   | Пример визуализации | Характеристика                                                                                                                                                                                  | Источники |
|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Trend Radar (DHL Trend Research)</i> |                     | Визуализация отраслевых трендов (на примере логистической отрасли)                                                                                                                              | [34]      |
| <i>Trend Compass</i>                    |                     | Кластеризация и связывание трендов как фильтр для синтеза данных, полученных на этапе исследования, обзор факторов, влияющих на отрасль или задачу                                              | [5]       |
| <i>Trend Atlas</i>                      |                     | Классификация и картирование социально-экономических и культурных факторов, влияющих на изменение и отображение взаимосвязанных тенденций в многомерной структуре (на основе 4P Business Model) | [34]      |
| <i>Gartner Hype Cycle</i>               |                     | Графическое представление зрелости и внедрения технологий и приложений, их потенциальной важности, развития с течением времени                                                                  | [6]       |

| Метод               | Пример визуализации                                                                 | Характеристика                                                                                                   | Источники |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Trend map</i>    |    | Изображение различных аспектов и граней тенденции (в виде отдельных элементов-станций)                           | [35]      |
| Семантическая карта |   | Отражение актуальных тематик (точки с названиями), их смысловых связей (линий) и объединение в категории (цвета) | [36]      |
| <i>Trend Canvas</i> |  | Комплексный анализ влияния тенденций на организацию и ее системы                                                 | [37]      |

Наиболее распространенные форматы визуализации (табл. 6) предполагают применение радаров и компасов (отражение направления), атласов и карт (поиск взаимосвязей при одновременной работе с несколькими направлениями), графиков-циклов (скорость изменений).

Одним из подходов в области изучения трендов является формулирование вопросов, ориентирующих на описание и характеристику направлений для сбора и анализа информации о тренд-сигналах, выбор способа сбора информации [38]. Изучение данного подхода указывает на необходимость систематизации направлений и определения наиболее важных составляющих информационного обеспечения. Таким образом, при сборе информации о тренд-сигналах и трендах целесообразно определять не только процедуру поиска и анализа данных, но и формат результата.

Например, специалистами Копенгагенского института исследований будущего тренд-сигнал анализируется через следующие блоки: *importance* (краткое резюме сигнала, его важность), *implications* (области применения, последствия для бизнеса), *opportunities* (возможности, оценки, перспективы) и *threats* (риски, угрозы) [4]. Однако для полного описания тренд-сигнала перечисленного списка вопросов может быть недостаточно. Это требует введения дополнительных составляющих и их разделения на качественные и количественные (табл. 7). В качестве модели, позволяющей наиболее полно описать тренд-сигнал, предлагается *AIRWARDS* (*areas; intensity (depth); reach; what, when, where; argumentation; risks; development, direction, duration; speed*).

Описание тренд-сигнала по *AIRWARDS*

Table 7

Description of the trend signal by *AIRWARDS*

| Характеристика |                                     | Пример                             |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| A              | Сферы применения                    | Производство, услуги               |
| I              | Глубина проникновения               | Влияние на рынки, отрасли и страны |
| R              | Охват (перечень)                    | Страны, отрасли                    |
| W              | Название и описание                 | Краткое описание                   |
|                | Первое упоминание                   | Дата появления                     |
|                | Источники                           | Ресурс; страна, отрасль, рынок     |
| A              | Причины появления                   | Наука, общество, природа           |
| R              | Риски использования/неиспользования | Потеря целевой аудитории           |
| D              | Направления развития                | Рост, падение                      |
|                | Продолжительность                   | Время наблюдения                   |
| S              | Скорость развития (течения)         | Высокая, низкая                    |

Информация о тренд-сигналах, собранная по модели *AIRWARDS*, должна быть обработана, разделена на качественные и количественные характеристики, а также представлена для дальнейшего использования. На наш взгляд, оптимальным для решения этих задач является формат визуализации, предложенный на рис. 4.

| Качественные характеристики         |   | Количественные характеристики |
|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| Сферы применения                    | A | Сферы применения              |
| –                                   | I | Глубина проникновения         |
| Охват                               | R | –                             |
| Название. Место появления           | W | Источники появления           |
| Причины появления                   | A | –                             |
| Риски использования/неиспользования | R | –                             |
| Направленное развитие               | D | Продолжительность             |
| Сферы применения                    | S | Скорость развития (течения)   |

Рис. 4. Тренд-сигнал и его описание на основе модели *AIRWARDS*Fig. 4. Trend signal and its description based on the *AIRWARDS* model

Указанные элементы целесообразно использовать при изучении и описании не только тренд-сигнала, но и формирующегося тренда. Один и тот же тренд-сигнал, трансформирующийся в тренд, может оказывать влияние на различные страны, территории, отрасли, что часто вызывает его цикличность за счет появления новых тренд-сигналов и трендов. Следовательно, описание качественных и количественных составляющих тренд-сигнала по модели *AIRWARDS* является наиболее полным.

Формализация выявления тренд-сигналов обусловлена необходимостью работы с большими объемами информации и подразумевает следование определенным принципам [3].

1. Формирование информационно-аналитической системы, учитывающей взаимосвязи и взаимовлияние элементов (структурированной и неструктурированной информации) и имеющей количественное подтверждение направления и скорости изменений в действиях игроков рынка / социальных субъектов (потребителей, покупателей, компаний).

2. *Регулярность* – ежеквартальный или полугодовой срез. Исходя из огромной скорости изменений на всех уровнях среды функционирования, роста конкуренции, вариант сбора и анализа информации о трендах не может быть одноразовым (например, под запрос или по мере необходимости).

3. Организация работы над трендами чаще всего имеет три оптимальных направления: самостоятельный сбор информации, экспертные работы и смешанный подход. Последние два, безусловно, являются наиболее целесообразными, поскольку позволяют получить обоснованные и точные сведения. В то же время эти направления требуют серьезной подготовки и навыков, а их результаты часто сложны

для анализа и интерпретации. Недостаточность маркетинговых бюджетов приводит к необходимости самостоятельного сбора данных, а используемый инструментарий напрямую зависит от размера бизнеса, существования отложенной системы мониторинга трендов, наличия специалистов (исследователей и аналитиков) в штате компании.

4. Диапазон *охвата* составляющих включает *все уровни* среды функционирования для исследования и анализа ситуации, а также географические (мировой, страновой, региональный масштаб) и товарные (рассматриваемая индустрия, а также отрасли-субституты) границы.

5. Обязательность *оцифровывания* получаемых результатов обусловлена необходимостью количественного подтверждения выявляемого тренд-сигнала и/или тренда для понимания объема, скорости и направления развития.

6. Обязательным является соответствие основным *правилам формирования информационных ресурсов*: актуальности, полноты, комплексности, систематичности и взаимодействия [39].

Указанные принципы выступают в качестве чек-листа в процессе организации работы по сбору информации о тренд-сигналах и трендах.

Исследование показало, что мониторинг тренд-сигналов основывается на разработанном подходе и содержит семь шагов.

1. Определение целей, основных задач и масштаба исследования, выбор области для изучения (глобальный, национальный формат, отрасль).

2. Сбор сведений на основе вторичной информации (3–5 ресурсов) с использованием принципа триангуляции и предложенной схемы (рис. 3), а также методов поиска тренд-сигналов (по существующим моделям).

3. Организация и проведение анализа на основе экспертных методов для подтверждения сведений о наличии тренд-сигналов, собранных с помощью кабинетных исследований и отбора наиболее значимых тренд-сигналов. Использование экспертных методов (табл. 4) для разработки инструментария полевых исследований (обязательная процедура подбора экспертов, оптимальное количество экспертов – 3–5).

4. Организация и проведение полевых исследований (табл. 3, 4), применение методов поиска тренд-сигналов для последующей проверки данных (табл. 5).

5. Формирование модели макроанализа *TEMPLES+I+LoNG* с отражением места нахождения выявленных тренд-сигналов, поиска взаимосвязей между группами и уровнями (*LoNG*) макросреды и существующими трендами (отраженными в модели макросреды в периоде  $t+$  с фиксированием взаимосвязей по модели, представленной на рис. 1).

6. Описание полученных тренд-сигналов (и связанных с ними трендов) в качественном и количественном форматах на основе подхода *AIRWARDS* (табл. 7 и рис. 4).

7. Визуализация собранной и обработанной информации при помощи инструментария для визуализации (табл. 6).



Рис. 5. Концептуальная схема выполнения работ в системе мониторинга тренд-сигналов

Fig. 5. Conceptual scheme of the work in the trend signals monitoring system



Таким образом, последовательность действий по формированию системы мониторинга тренд-сигналов принимает вид, отраженный на рис. 5. Представленная концептуальная схема может служить основой для интеграции в маркетинговую информационную систему предприятия, выступать элементом мониторинга тренд-сигналов.

Актуальность изучения тренд-сигналов и трендов постоянно растет. Если ранее результаты подобных исследований чаще всего использовались при формировании стратегии стран и компаний (макро- и микроуровень), разработке продуктов и услуг (микроуровень), то сегодня сфера их применения охватывает и локальный уровень – формирование бизнес-моделей.

В процессе формирования современной маркетинговой культуры предприятия алгоритм его действий основывается на данных и аналитике. Это связано с изменением процесса принятия решений в бизнесе и потребительского опыта у клиентов, способов и принципов взаимодействия с компаниями, что приводит к появлению все новых и новых трендов. Следовательно, современные клиенты находятся в постоянном поиске. Указанные изменения требуют от компаний корректировки подходов к сбору и распространению информации, а также обязательного применения инструментов для выявления и анализа трендов в целях удержания текущих позиций и уверенной разработки стратегий [40; 41].

Возрастающая конкуренция ориентирует предприятия на усиление внимания к текущей рыночной ситуации и возможным направлениям ее изменения в ближайшем и далеком будущем, так как возможности и конкурентные преимущества для игроков рынка заключаются в создании продуктов и услуг, которые будут востребованы не только в текущем моменте. Для реализации этих целей необходимы знания о способах поиска тренд-сигналов и трендов, позволяющие находить идеи для разработки новых продуктов и услуг, изменять стратегию действующих бизнесов, разрабатывать бизнес-модели и стратегии для новых бизнесов и направлений деятельности, улучшать рыночные позиции за счет изменения положения компании (роста экспертности, получения конкурентных преимуществ, роста доходности и клиентской удовлетворенности за счет предложения новых (инновационных) товаров и услуг) [3].

Таким образом, компаниям необходимо понимать изменения в моделях поведения потребителей и находить подтверждение полученной информации статистическими данными. Оперативно реагировать на меняющиеся потребности возможно только на основе постоянного мониторинга сведений, размещенных для доступа и использования в маркетинговой информационной системе предприятия. Такой мониторинг позволит сформировать комплексный (целостный) взгляд на текущую ситуацию и понять, как происходящие изменения можно эффективно использовать для достижения собственных целей.

## Заключение

В настоящее время изучению тренд-сигналов и трендов посвящено значительное количество различных ресурсов, однако комплексный взгляд на эти процессы пока отсутствует. Результаты проведенного исследования позволили разработать методологический подход к их поиску, идентификации, первичной обработке и формулированию на всех уровнях среды функционирования.

## Библиографические ссылки

1. Бхаргава Р. *Не очевидно. Как выявлять тренды раньше других*. Медведь О, переводчик. Москва: Манн, Иванов и Фербер; 2016. 288 с. (МИФ. Маркетинг).
2. Реймонд М. *Исследование трендов. Практическое руководство*. Шаева О, редактор; Константинова Н, переводчик. Москва: Манн, Иванов и Фербер; 2020. 242 с.
3. Пономарева Е. *TRENDWATCHING. Как найти идеи для создания и развития бизнеса*. Москва: ЛитРес; 2019. 360 с.
4. *Scenario reports. Pandemics: existential risks and enablers of change* [Internet]. Copenhagen: Copenhagen Institute for futures Studies [cited 2021 March 10]. Available from: <https://cifs.dk/publications/reports/>.
5. Kjaer AL. *The trend management toolkit. A practical guide to the future*. London: Palgrave Macmillan; 2014. 257 p.
6. *Gartner hype cycle* [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.
7. Mühlroth C, Grottko M. Artificial intelligence in innovation: how to spot emerging trends and technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2020;1–18. DOI: 10.1109/TEM.2020.2989214.
8. Чурлей ЭГ. Применение TEMPLES+I-анализа для проведения комплексной оценки в международном маркетинге. *Журнал международного права и международных отношений*. 2011;4:87–92.
9. Марков АО. Сущность и значение мировых трендов для экономического развития стран. *Молодой ученый*. 2016; 9:649–654.
10. Fontanills G, Gentile T. *The stock market course*. 1<sup>st</sup> edition. New York: John Wiley & Sons, inc; 2001. p. 91.
11. Dixon PhM, Olsen AR, Kahn BM. Measuring trends in ecological resources. *Ecological Applications* [Internet]. 1998 [cited 2021 January 11];8(2):225–227. Available from: <http://www.jstor.org/stable/2641061>.
12. Toennies F. *On sociology: pure, applied, and empirical. New edition*. Cahnman WJ, Heberle R, editors. Chicago: University of Chicago Press; 1972. 374 p.

13. Dornberger R. *New trends in business information systems and technology. Digital innovation and digital business transformation*. 1<sup>st</sup> edition. Dornberger R, editor. Cham: Springer International Publishing; 2021. 294 p. DOI: 10.1007/978-3-030-48332-6.
14. Amanatidou E, Butter M, Carabias V, Könnölä T, Leis M, Saritas O, et al. On concepts and methods in horizon scanning: lessons from initiating policy dialogues on emerging issues. *Science and Public Policy*. 2012;39(2):208–221. DOI:10.1093/scipol/scs017.
15. Квинт В. *Стратегическое управление и экономика на глобальном формирующемся рынке*. Москва: Бюджет; 2012. 627 с.
16. Kongsholm LB, Frederiksen CG. *Trend sociology V. 2.0. The ultimate guide. Theoretical, methodical and practical work with trends*. Herning: Pej Gruppen; 2018. 396 p.
17. Ansoff IH. Managing strategic surprise by response to weak signals. *California Management Review*. 1975;18(2):21–33. DOI:10.2307/41164635.
18. Храмова Е. 50 лет форсайта. Обзор юбилейной статьи в *Journal of Technological Forecasting and Social Change* [Интернет; процитировано 10 марта 2021 г.]. Доступно по: <https://ekhramova.medium.com/50-лет-форсайта-5dc0c1d5d9bf>.
19. Choosing & using sources. A guide to academic research. *Ohio State University libraries* [Internet]. Ohio: Ohio State University; 2016 [cited 2021 March 10]. 189 p. Available from: <https://digitalcommons.liberty.edu/textbooks/1>.
20. Земсков АИ, Шрайберг ЯЛ. *Электронная информация и электронные ресурсы. Публикации и документы, фонды библиотек*. Казаченкова ЛА, редактор. Москва: ФАИР; 2007. 528 с.
21. Магомасва ЛР. Эволюция и классификация информационных ресурсов как экономической категории. *Фундаментальные исследования*. 2017;7:167–172.
22. Malhotra NK, Nunan D, Birks DF. *Marketing research. An applied approach*. 5<sup>th</sup> edition. Harlow: Pearson; 2017. 976 p.
23. Гендина НИ, Колкова НИ. Библиотека в едином информационном пространстве: необходимость создания электронных путеводителей по интернет-ресурсам. *Научные и технические библиотеки*. 2018;7:43–59.
24. Мирзиёева СШ. Учет глобальных и национальных тенденций и особенностей социально-экономического развития при разработке государственных стратегий. *Экономическое возрождение России*. 2020;1(63):69–78.
25. Кузьменко ТВ. Экспертный опрос как основа принятия управленческих решений. *Социологический альманах*. 2017; 434–443.
26. Полякова ТА, Минбалеев АВ, Наумов ВБ. Форсайт-сессия «Информационная безопасность в XXI веке: вызовы и правовое регулирование». *Труды Института государства и права РАН*. 2018;13(5):194–208.
27. Habibi A, Sarafrazi A, Jahantigh FF. Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*. 2015;5(2):130–143. DOI:10.5958/2249-7307.2015.00036.5.
28. Garbie I. *Sustainability in manufacturing enterprises. Concepts, analyses and assessments for Industry 4.0*. Oman: Springer; 2016. p. 23–31. DOI: 10.1007/978-3-319-29306-6.
29. Dragt E. *How to research trends: move beyond trendwatching to kickstart innovation*. Amsterdam: BIS Publishers; 2017. 192 p.
30. Brand positioning and growth [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.ipsos.com/en-id/brand-positioning-and-growth>.
31. Delaney K. *Innovation tool kit. A practical guide. Introduction to horizon scanning in the public sector* [Internet]. Canberra: Department of Industry and Science; 2014 [cited 2021 March 10]. 72 p. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/264534064\\_INNOVATION\\_TOOL\\_KIT\\_-\\_Horizon\\_Scanning](https://www.researchgate.net/publication/264534064_INNOVATION_TOOL_KIT_-_Horizon_Scanning).
32. *Foresight frameworks and tools* [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://futuretodayinstitute.com/foresight-tools-2/>.
33. Trend radar – software for trend management [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.itonics-innovation.com/trend-radar>.
34. Toy J, Gesing B, Ward J, Noronha J, Bodenbenner Ph. *The logistics trend radar*. 5<sup>th</sup> edition [Internet]. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation; 2020 [cited 2021 March 10]. 84 p. Available from: <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/press-releases/2020/dhl-logistics-trend-radar-unveils-trends-that-will-shape-logistics-in-the-future.html>.
35. Die megatrend-map [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/die-mega-trend-map/>.
36. Кузьминов И, Бахтин П, Хабирова (Точилина) Е. Мировое сельское хозяйство «зеленеет»: отражение тренда в научной и отраслевой периодике. *Наука, технологии, инновации* [Интернет]. 2018 [процитировано 10 марта 2021 г.];81. Доступно по: <https://issek.hse.ru/news/215615111.html>.
37. *Trend canvas* [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.trendcanvas.de/>.
38. Пенн М, Файнман М. *Микротренды, меняющие мир прямо сейчас*. Петров А, редактор; Деревянко Е, переводчик. Москва: Альпина Паблишер; 2019. 430 с.
39. Долгополова ЕЕ. *Информационное обеспечение маркетинга: в схемах и таблицах*. Минск: Национальная библиотека Беларуси; 2015. 150 с.
40. Sweetwood A. *The analytical marketer. How to transform your marketing organisation*. Harvard: Harvard Business Review Press; 2016. 208 p.
41. Webb A. How to do strategic planning like a futurist. *Harvard Business Review* [Internet]. 2019 [cited 2021 March 10]. Available from: <https://hbr.org/2019/07/how-to-do-strategic-planning-like-a-futurist>.

## References

1. Bhargava R. *How to see what others miss and predict the future*. Washington: Ideapress Publishing; 2015. 252 p.  
Russian edition: Bhargava R. *Ne ochevidno. Kak vyyavlyat' trendy ran'she drugikh*. Medved' O, translator. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber; 2016. 288 p.
2. Raymond M. *The trend forecaster's research handbook*. 2<sup>nd</sup> edition. London: Laurence King Pub; 2019. 240 p.  
Russian edition: Raymond M. *Issledovanie trendov. Prakticheskoe rukovodstvo*. Shaeva O, editor; Konstantinova N, translator. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber; 2020. 242 p.



3. Ponomareva E. *TRENDWATCHING. Kak naiti idei dlya sozdaniya i razvitiya biznesa* [TRENDWATCHING. How to find ideas for creating and developing a business]. Moscow: LitRes; 2019. 360 p. Russian.
4. *Scenario reports. Pandemics: existential risks and enablers of change* [Internet]. Copenhagen: Copenhagen Institute for futures Studies [cited 2021 March 10]. Available from: <https://cifs.dk/publications/reports/>.
5. Kjaer AL. *The trend management toolkit. A practical guide to the future*. London: Palgrave Macmillan; 2014. 257 p.
6. Gartner hype cycle [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.
7. Mühlroth C, Grottke M. Artificial intelligence in innovation: how to spot emerging trends and technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2020;1–18. DOI: 10.1109/TEM.2020.2989214.
8. Churlei EG. [Application of TEMPLES + I-analysis for a comprehensive assessment in international marketing]. *Zhurnal mezhdunarodnogo prava i mezhdunarodnykh otnoshenii*. 2011;4:87–92. Russian.
9. Markov AO. [The essence and significance of global trends for the economic development of countries]. *Young scientist*. 2016;9:649–654. Russian.
10. Fontanills G, Gentile T. *The stock market course*. 1<sup>st</sup> edition. New York: John Wiley & Sons, inc; 2001. p. 91.
11. Dixon PhM, Olsen AR, Kahn BM. Measuring trends in ecological resources. *Ecological Applications* [Internet]. 1998 [cited 2021 January 11];8(2):225–227. Available from: <http://www.jstor.org/stable/2641061>.
12. Toennies F. *On sociology: pure, applied, and empirical. New edition*. Cahnman WJ, Heberle R, editors. Chicago: University of Chicago Press; 1972. 374 p.
13. Dornberger R. *New trends in business information systems and technology. Digital innovation and digital business transformation*. 1<sup>st</sup> edition. Dornberger R, editor. Cham: Springer International Publishing; 2021. 294 p. DOI: 10.1007/978-3-030-48332-6.
14. Amanatidou E, Butter M, Carabias V, Könnölä T, Leis M, Saritas O, et al. On concepts and methods in horizon scanning: lessons from initiating policy dialogues on emerging issues. *Science and Public Policy*. 2012;39(2):208–221. DOI:10.1093/scipol/scs017.
15. Kvint V. *Strategicheskoe upravlenie i ekonomika na global'nom formiruyushchemsya rynke* [Strategic management and economics in the global emerging market]. Moscow: Byudzhet; 2012. 627 p. Russian.
16. Kongsholm LB, Frederiksen CG. *Trend sociology V. 2.0. The ultimate guide. Theoretical, methodical and practical work with trends*. Herning: Pej Gruppen; 2018. 396 p.
17. Ansoff IH. Managing strategic surprise by response to weak signals. *California Management Review*. 1975;18(2):21–33. DOI:10.2307/41164635.
18. Khramkova E. [50 years of foresight. Review of the jubilee article in Journal of Technological Forecasting and Social Change] [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://ekhrankova.medium.com/50-лет-форсайта-5dc0c1d5d9bf>. Russian.
19. Choosing & using sources. A guide to academic research. *Ohio State University libraries* [Internet]. Ohio: Ohio State University; 2016 [cited 2021 March 10]. 189 p. Available from: <https://digitalcommons.liberty.edu/textbooks/1>.
20. Zemskov AI, Shraiberg YaL. *Elektronnaya informatsiya i elektronnye resursy. Publikatsii i dokumenty, fondy bibliotek* [Electronic information and electronic resources. Publications and documents, library funds]. Kazachenkova LA, editor. Moscow: FAIR; 2007. 528 p. Russian.
21. Magomaeva LR. Evolution and classification of information resources as an economic category. *Fundamental Research*. 2017;7:167–172. Russian.
22. Malhotra NK, Nunan D, Birks DF. *Marketing research. An applied approach*. 5<sup>th</sup> edition. Harlow: Pearson; 2017. 976 p.
23. Gendina NI, Kolkova NI. Libraries in the single information space: the demand for building digital guides of the internet resources. *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki*. 2018;7:43–59. Russian.
24. Mirziyoeva SSh. Accounting for global and national trends and idiosyncrasies of socioeconomic progress in the development of government strategies. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*. 2020;1(63):69–78. Russian.
25. Kuzmenko TV. Expert survey as the basis for management decision-making. *Sotsiologicheskii al'manakh*. 2017;8:434–443. Russian.
26. Polyakova TA, Minbaleev AV, Naumov VB. Foresight session «Information security in the 21<sup>st</sup> century: challenges and legal regulation». *Proceeding of the Institute of State and Law of the RAS*. 2018;13(5):194–208. Russian.
27. Habibi A, Sarafrazi A, Jahantigh FF. Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*. 2015;5(2):130–143. DOI:10.5958/2249-7307.2015.00036.5.
28. Garbie I. *Sustainability in manufacturing enterprises. Concepts, analyses and assessments for Industry 4.0*. Oman: Springer; 2016. p. 23–31. DOI: 10.1007/978-3-319-29306-6.
29. Dragt E. *How to research trends: move beyond trendwatching to kickstart innovation*. Amsterdam: BIS Publishers; 2017. 192 p.
30. Brand positioning and growth [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.ipsos.com/en-id/brand-positioning-and-growth>.
31. Delaney K. *Innovation tool kit. A practical guide. Introduction to horizon scanning in the public sector* [Internet]. Canberra: Department of Industry and Science; 2014 [cited 2021 March 10]. 72 p. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/264534064\\_INNOVATION\\_TOOL\\_KIT\\_-\\_Horizon\\_Scanning](https://www.researchgate.net/publication/264534064_INNOVATION_TOOL_KIT_-_Horizon_Scanning).
32. Foresight frameworks and tools [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://futuretodayinstitute.com/foresight-tools-2/>.
33. *Trend radar – software for trend management* [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.itonics-innovation.com/trend-radar>.
34. Toy J, Gesing B, Ward J, Noronha J, Bodenbenner Ph. *The logistics trend radar*. 5<sup>th</sup> edition [Internet]. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation; 2020 [cited 2021 March 10]. 84 p. Available from: <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/press-releases/2020/dhl-logistics-trend-radar-unveils-trends-that-will-shape-logistics-in-the-future.html>.
35. Die megatrend-map [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/die-megatrend-map/>.
36. Kuz'minov I, Bakhtin P, Khabirova (Tochilina) E. [Global agriculture is «greening»: a trend reflected in scientific and industrial periodicals]. *Nauka, tekhnologii, innovatsii* [Internet]. 2018 [cited 2021 March 10];81. Available from: <https://issek.hse.ru/news/215615111.html>. Russian.



37. Trend canvas [Internet; cited 2021 March 10]. Available from: <https://www.trendcanvas.de/>.
38. Penn M, Fineman M. *Microtrends squared: the new small forces driving, the big disruptions today*. New York: Simon & Schuster; 2019. 432 p.  
Russian edition: Penn M, Fineman M. *Mikrotrendy, menyayushchie mir pryamo seichas*. Petrov A, editor; Derevyanko E, translator. Moscow: Al'pina Publisher; 2019. 430 p.
39. Dolgopolova EE. *Informatsionnoe obespechenie marketinga: v skhemakh i tablitsakh* [Marketing information support: in diagrams and tables]. Minsk: National Library of Belarus; 2015. 150 p. Russian.
40. Sweetwood A. *The analytical marketer. How to transform your marketing organisation*. Harvard: Harvard Business Review Press; 2016. 208 p.
41. Webb A. How to do strategic planning like a futurist. *Harvard Business Review* [Internet]. 2019 [cited 2021 March 10]. Available from: <https://hbr.org/2019/07/how-to-do-strategic-planning-like-a-futurist>.

Статья поступила в редколлегию 12.03.2021.  
Received by editorial board 12.03.2021.



## НОВЫЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ГЛОБАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ОПЫТ КИТАЯ)

Г. Г. ГОЛОВЕНЧИК<sup>1)</sup>, ХЭ ЯНЬХАЙ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Анализируется и обобщается китайский опыт быстрой цифровой трансформации промышленности с концентрацией на модернизации бизнес-процессов. Отмечается, что этот опыт будет полезен белорусским специалистам, только приступающим к цифровизации промышленности. Акцент сделан на новых цифровых бизнес-моделях организации промышленного производства и реализации продукции в условиях цифровизации.

**Ключевые слова:** цифровая глобализация; цифровая промышленность; промышленный интернет; умное производство.

## NEW BUSINESS MODELS IN DIGITAL GLOBALISATION OF INDUSTRY (CHINA EXPERIENCE)

G. G. GOLOVENTCHIK<sup>a</sup>, HE YANHAI<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: He Yanhai (hai111cn@mail.ru)

The article analyses and summarises the advanced Chinese experience in the rapid digital transformation of industry in terms of changing business processes, which will be useful to Belarusian specialists who are just starting to digitalise the industry. The emphasis is on new digital business models for organising industrial production and product sales.

**Keywords:** digital globalisation; digital industry; industrial internet; smart manufacturing.

### Введение

Фундамент четвертой промышленной революции – *Industry 4.0* – Китай видит в цифровизации промышленности, составной части цифровой экономики. Китайское правительство очень быстро осознало ее приоритетное значение и придало ей ускоренный темп. С этой целью был принят ряд документов: план «Сделано в Китае – 2025», План развития робототехники на 2016–2020 гг., Руководство по углублению интеграции производства и промышленного интернета на 2018–2020 гг., План инте-

#### Образец цитирования:

Головенчик ГГ, Яньхай Хэ. Новые бизнес-модели в условиях цифровой глобализации промышленности (опыт Китая). Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2021;1:86–93.

#### For citation:

Goloventchik GG, Yanhai He. New business models in digital globalisation of industry (China experience). *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:86–93. Russian.

#### Авторы:

**Галина Геннадьевна Головенчик** – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры аналитической экономики и эконометрики экономического факультета, доцент кафедры международных экономических отношений факультета международных отношений.

**Хэ Яньхай** – аспирант кафедры аналитической экономики и эконометрики экономического факультета. Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор М. М. Ковалев.

#### Authors:

**Galina G. Goloventchik**, PhD (economics), docent; associate professor at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics, and associate professor at the department of international economic relations, faculty of international relations.

goloventchik@bsu.by

**He Yanhai**, postgraduate student at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics.

hai111cn@mail.ru



грации информации и индустриализации на 2016–2020 гг., План развития умного производства на 2016–2020 гг., план действий «Интернет плюс» и др. Центральным из них, план «Сделано в Китае – 2025», содержит описание новой промышленной политики по цифровизации и представляет пять ключевых национальных проектов: по развитию умного, инновационного, зеленого производства, промышленного инжиниринга, использованию высокотехнологичного оборудования. Доминирующим выступает проект по внедрению умных производств, который к 2025 г. должен превратить Китай в мирового промышленного лидера по уровню цифровизации и интеллектуализации производства. Цифровая трансформация промышленности уже обеспечила экономический рост Китая.

Развитые страны разработали стратегии цифровизации промышленности раньше Китая: в 2012 г. опубликована Белая книга США «Промышленный интернет: прорыв границ между интеллектом и машиной», в 2013 г. предложена немецкая стратегия *Industrie 4.0*. Таким образом, развитые США и Германия и развивающийся Китай сформировали новую промышленную политику, в которой указали пути развития индустрии XXI в.

Ведущей отраслью экономики Китая является промышленность, которая определяет уровень экономического развития страны. Доля китайского промышленного производства превышает 20 % мирового объема, и уже семь лет Китай сохраняет позиции крупнейшей в мире промышленной державы. Из 22 основных групп в обрабатывающей промышленности Китай в семи занимает первое место в мире и примерно по 220 видам продукции из 500 существующих также считается абсолютным лидером. Страна является крупнейшим экспортером промышленных товаров – около 1/7 мирового производства. В индексе конкурентоспособности промышленности Организации Объединенных Наций по промышленному развитию *CIP-2020* Китай – второй в мире после Германии. Успех в цифровизации промышленности объясняется правильно расставленными приоритетами и действенными механизмами, главные из которых:

- стимулирование создания крупных цифровых платформ для целых секторов, что экономит средства по сравнению с тем, если бы каждое предприятие создавало собственную платформу;
- приоритетное внедрение промышленного интернета вещей (*Internet of things – IoT*) и роботов, что дало возможность создавать умные производственные линии;
- интенсивная цифровизация коммуникаций с внешним окружением предприятия: поставщиками, проектировщиками, клиентами (трансграничная электронная торговля *B2B (business to business)* и *B2C (business to consumer)*), что позволило разрабатывать инновационные цифровые бизнес-модели.

Таким образом, статья посвящена анализу китайской модели цифровой глобализации промышленности на примере инновационных цифровых бизнес-процессов<sup>1</sup>.

### Цифровая глобализация промышленности Китая – драйвер ее роста

В 2018 г. в [1] введено понятие «цифровая глобализация», которое подразумевает экономические возможности глобальной сетевой инфраструктуры, обеспечиваемой интернетом, мобильной связью и блокчейн-децентрализацией. Позднее в [2] было подробно раскрыто содержание последнего этапа глобализации – цифровой глобализации – и показаны ее новые функциональные возможности, в первую очередь модернизация моделей бизнеса в промышленности.

Стадии промышленной глобализации, т. е. глобализации, обусловленной производством и реализацией промышленных товаров, связаны с четырьмя промышленными революциями (табл. 1). В целом стадии коррелируют с этапами глобализации, выделенными в [1; 2] на основе динамики роста ВВП и торговли. Более ранний этап глобализации (завоевание колоний) связан с торговлей преимущественно сырьевыми товарами.

<sup>1</sup>陈潭 等. 工业4.0: 智能制造与治理革命. 中国社会科学出版社; 2017. 從 856–888 = Чэнь Тань. Индустрия 4.0: интеллектуальное производство и революция управления. Пекин : Издательство общественных наук, 2017. С. 856–888.

彭俊松. 工业 4.0 驱动下的制造业数字化转型. 机械工业出版社; 2016. 從 1033–1042 = Пэн Цзюньсун. Цифровая трансформация производства, управляемая промышленностью 4.0. Пекин : Машиностроение, 2016. С. 1033–1042.

中国制造 2025 强国之路与工业 4.0 实战 重构智慧型产业 开启产业转型新时代. 人民邮电出版社; 2016 = Чжоу Кайгэ, Лу Янь. Индустрия 4.0: дорожная карта для трансформации и модернизации: интеграция и реконструкция промышленного интернета и производства в Китае до 2025 года. Пекин : Издательство народной почты, 2016.

胡耀光. 企业数字化转型与工业 4.0 渐进之路. 电子工业出版社; 2019. 從 30–33 = Ху Яогуан. Цифровая трансформация предприятий и постепенный путь к промышленности 4.0. Издательство электронной промышленности, 2019. С. 30–33.

朱建良、王廷才、李诚。中国经济增长创新“新方案”。北京：人民邮电出版社；2017年。從 216–251 = Чжу Цзяньлян, Ван Тинчай, Ли Чэн. «Новый план» для китайского экономического роста инноваций. Пекин : Издательство народной почты, 2017. С. 216–251.

马化腾, 孟少立, 闫大丽。中国创新增长的新动力。中信出版集团; 2019. 從 155–222 = Ма Хуатэн, Шаоли Мэн, Дэли Янь. Новая движущая сила инновационного роста Китая. Пекин : CITIC Publishing Group, 2019. С. 155–222.

陈炳祥。人工智能正在改变世界：工业4.0时代的新商业引擎。北京：人民邮电出版社；2018年。從 42–136 = Бинсян Чэнь. Искусственный интеллект меняет мир: новый двигатель бизнеса в эпоху индустрии 4.0. Пекин : Издательство народной почты, 2018. С. 42–136.

## Стадии промышленной глобализации

Table 1

## Stages of industrial globalisation

| Стадии промышленной глобализации | Драйверы роста ВВП и торговли                                                                                     | Мировые лидеры                | Годы       | Среднегодовой рост в постоянных международных долларах, % |                         | Эластичность торговли (превышение роста экспорта над ростом ВВП), раз | Экспортная квота (экспорт товаров к ВВП по ППС), % |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                  |                                                                                                                   |                               |            | Мировой ВВП по ППС                                        | Мировой экспорт товаров |                                                                       |                                                    |
| Глобализация 1.0                 | Ткацкий станок, паровая машина, паровой двигатель, индустриализация                                               | Великобритания                | 1820–1870  | 0,9                                                       | 4,2                     | 4,45                                                                  | 5,0                                                |
| Глобализация 2.0                 | Железные дороги, электрификация, автомобилестроение, сборочные линии, самолетостроение                            | Великобритания, США, Германия | 1870–1913  | 2,1                                                       | 3,4                     | 1,60                                                                  | 8,0                                                |
| Глобализация 3.0                 | Ядерная энергия, компьютер, автоматизация производства                                                            | США, Европа (ЕС)              | 1960–2008  | 3,0                                                       | 6,1                     | 2,03                                                                  | 23,7                                               |
| Глобализация 4.0                 | Цифровая промышленность: интернет вещей, искусственный интеллект, промышленные роботы, 3D-печать, социальные сети | США, Китай                    | 2010–2019+ | 2,9                                                       | 1,2                     | 0,43                                                                  | 18,6                                               |

Примечания: 1. Составлено авторами с использованием данных Мэддисона, МВФ, ЮНКТАД. 2. Сознательно не указаны стадия стагнации глобализации с 1914 г. по 1960 г. (период двух мировых войн, Великой депрессии и восстановления послевоенных разрушений), а также 2009 и 2020 гг. как периоды значительного падения ВВП и мировой торговли, искажающие тренд соответствующих стадий.

Цифровая глобализация промышленности – это цифровая трансформация традиционных глобальных процессов международной торговли промышленными товарами, привлечения зарубежных промышленных инвестиций, технологий и трудовых ресурсов. Она вносит коренные изменения в традиционные бизнес-модели промышленности.

### **Промышленный интернет – фундамент глобальных цифровых бизнес-моделей**

Промышленный интернет, создающий умные производства на основе интернета вещей в режиме реального времени, – главная технология цифровизации промышленности Китая и ее глобализации. Промышленный интернет в Китае интегрирует сектора производства, складирование, логистику и мониторинг данных о загрузке оборудования и заказах, что дает возможность оптимального управления за счет умного прогнозирования индивидуализированного спроса, в том числе зарубежного.

В последнее время среднегодовой темп роста промышленного интернета в Китае превышал 14 %. По данным международной консалтинговой компании *ICC*, рынок *IoT* в 2018 г. достиг 531,8 млрд юаней, по итогам 2020 г. ожидается почти 700 млрд юаней. За 15 лет доходы Китая от *IoT* составили порядка 1,5 трлн долл., уже сегодня треть мировых подключений к промышленному интернету вещей – китайские.

Посредством сетевого взаимодействия данных промышленный интернет обеспечивает гибкий поиск технологического сырья, оптимизирует производственный процесс и быстро адаптирует промышленную среду к заказам. Он выстраивает умную индустриальную экосистему, которая управляет всеми этапами производства, складирования и логистики, что повышает эффективность производства, улучшает качество продукции, сокращает затраты и объемы потребляемых ресурсов. В Китае промышленный интернет складывается из пяти компонентов: слоя восприятия, слоя передачи, оборудования, слоя платформы, облачной платформы. Слои восприятия и передачи состоят из датчиков *IoT*, которые используются для сбора и передачи данных; оборудование – из промышленных роботов, установок 3D-печати и т. д.; слой платформы представляет собой блок управления, включающий программную систему управления производством и аппаратную систему (имеющую, в свою очередь, системы измерения и анализа); облачная платформа – это гибридные облака, которые в сочетании с облачными вычислениями обрабатывают большие данные о производстве и заказах.

Таким образом, промышленный интернет – это открытая глобальная сетевая экосистема, которая эффективно совмещает человеческие ресурсы, данные и оборудование, предоставляет возможность соединения разного оборудования, общения между оборудованием и человеком, а также организует взаимосвязь между данными, физическим миром и программным обеспечением. В результате не только оптимизируется использование ресурсов, но и сохраняется качество продукции при снижении производственных издержек в процессе выполнения индивидуальных заказов. Благодаря промышленному интернету происходит переход от традиционной промышленности к умному производству.

Промышленный интернет, опираясь на интеллектуальные технологии и интеграцию сетевых и киберфизических систем, создает *Industry 4.0*, которая организует умное производство, динамическое ценообразование и реализует другие способы достижения эффективного совмещения товаров, информации, материальных и трудовых ресурсов для удовлетворения персонализированных заказов.

В 2017 г. Государственный совет КНР издал Руководство по развитию промышленного интернета, в котором предложил к 2020 г. создать систему из десяти межотраслевых промышленных интернет-платформ в целях поддержки цифровой, сетевой и интеллектуальной трансформации 300 тыс. предприятий. Согласно этому документу главная китайская специфика – общие платформы для предприятий. Основная часть промышленных интернет-платформ уже создана, 3–5 конкурентоспособны на международном уровне. Среди них: космическая облачная сеть *INDICS*, к которой подключены более 50 тыс. единиц промышленного оборудования 200 предприятий; облачная платформа *Sany Heavy Industry* (более 400 тыс. единиц), что позволило 42 подсекторам получить расширенные возможности, соединив активы на сотни миллиардов юаней для обслуживания заказов из 45 стран.

Умная китайская промышленность – это единая интеллектуальная система, интегрирующая инженеров и машины с искусственным интеллектом, частично заменяющая умственный труд в процессе производства. Для создания умного производства необходима цифровизация производственных процессов на базе облачных вычислений, промышленного интернета и роботов. Облачные вычисления и промышленный интернет стали новой инфраструктурой для производства. Применение больших промышленных данных и промышленных интернет-приложений в комплексе стимулирует потребность в промышленном облаке и широкополосной связи. В этих условиях проектирование и компьютерное моделирование изделий и систем управления производством и жизненным циклом продукта модернизируют промышленную деятельность, методы производства и промышленную экосистему.



Сегодня экосистемы умной промышленности, основанные на интеграции промышленного интернета и производства, находятся в центре конкуренции всех стран по следующим причинам. Во-первых, такая интеграция повышает не только эффективность, но и производительность технологических операций. Во-вторых, предлагаются новые бизнес-модели для изменения процесса внедрения инноваций на базе новой организации разработок с привлечением лучших мировых научно-исследовательских центров. В-третьих, обеспечивается цифровизация услуг по обслуживанию производства и реализации продукции на глобальном рынке.

Новые бизнес-модели изменяют идеологию предприятия: от ориентации на производителя – к ориентации на потребителя. Инновационные системы мониторинга в режиме быстрого реагирования и своевременного удовлетворения спроса потребителей с помощью трансграничной электронной торговли становятся новой возможностью даже для небольших предприятий, конкурирующих на глобальных рынках.

Промышленный интернет стимулирует появление новых привычек в процессе потребления, активизируется спрос на цифровые инновационные продукты, такие как умная одежда, автономные автомобили, сервисные роботы и др. Также он повышает инновационную активность для создания новых бизнес-моделей. Во-первых, формируются условия для совместного сетевого производства в цепочках добавленной стоимости, расположенных в разных странах. Совместное сетевое производство не является новой концепцией: авиастроение, автомобилестроение и некоторые другие отрасли осуществляют такое взаимодействие десятилетиями. Однако цифровые технологии дали сетевому сотрудничеству новые глобальные возможности. Сегодня это новые модели совместных исследований и разработок, краудсорсинговое проектирование и взаимодействие между предприятиями в цепочках поставок посредством промышленной облачной платформы, что снижает затраты, расширяет сферу использования ресурсов, открывает границы, создает промышленную синергию и в итоге повышает конкурентоспособность. Во-вторых, персонализированный подход позволяет перейти от традиционной промышленности к умному производству, в котором потребности пользователей трансформируются в производственные заказы, выполняемые персонализировано. В результате эффективно удовлетворяются потребности диверсифицированного рынка, решаются проблемы избыточных запасов и реализуется динамический баланс производства и продаж. В-третьих, умное производство преобразует традиционные производственные предприятия в сервисно ориентированные комплексы, что изменяет конкурентный ландшафт.

На примерах цифровизации бизнес-процессов промышленных предприятий продемонстрируем новые возможности умных производств Китая.

### **Бизнес-модель производства и трансграничной B2B торговли металлом**

*Baosteel Group* – наиболее конкурентоспособная сеть металлургических предприятий, занимающаяся технологическими исследованиями и разработками, оказывающая информационные услуги, организуемая маркетинговые сети, сети доступа к капиталу и др. За 40 лет работы *Baosteel Group* собрала базу высококачественных поставщиков и производителей стали, трейдеров, логистических компаний и других субъектов поставок металлоконструкций, интегрировала инвесторов на 2 млрд юаней (с 2015 г.). Она создала платформу *Ouyeel Cloud Business*, включающую электронную торговлю B2B и подчиненные ей промышленный интернет, большие данные и другие новые технологии. *Ouyeel Cloud Business*, ставшая моделью цифровой трансформации для всех металлургических предприятий страны, имеет три основных направления: от стали до материалов, от производства до обслуживания, от Китая до глобального мира. Получив кредитную линию в размере 162,7 млрд юаней от 15 банков, платформа создала систему электронной торговли сталью (B2B), организующую работу онлайн-сервисов, сбор маркетинговой информации, электронные расчеты по сделкам, цифровую логистику и технические услуги. *Ouyeel Cloud Business* обслуживает всю сталелитейную промышленность Китая, в том числе осуществляет поставки сырья, оборудования и запасных частей, и сопровождает весь цикл: от закупок – до выпуска конечной продукции, от реализации – к использованию и последующей переработке.

Платформа *Ouyeel Cloud Business* обеспечивает следующие бизнес-процессы.

1. Цифровое логистическое обслуживание, включающее планирование перевозок, определение тарифов, осуществление транзакций и финансовый надзор за трейдерами стали, конечными пользователями и перевозчиками. Реализовано по принципу одного окна. Логистика подчинила систему управления металлургической продукцией на тысячах складов по всей стране и за рубежом.

2. Осуществление электронных платежей, управление финансовыми активами предприятий, цепочками поставок, услугами по выставлению счетов и залогов.

3. Онлайн-торговля (включая трансграничную) изделиями переработки стали с помощью технологичной штамповки, резки, обработки давлением, обеспечивающая клиентов персонализированными заказами.

4. Поставка персонализированной информации с помощью интегрированной аналитической системы обслуживания предприятий – для принятия комплексных управленческих решений. Обработку данных в системе осуществляют приложения, обеспечивающие хранение и анализ данных, прогнозирование спроса, маркетинг, прогнозирование цен и оптимизацию логистики.

5. Сервисное обслуживание бизнес-операций по всей отраслевой цепочке с помощью различных методов сотрудничества, таких как гипермаркеты, специализированные магазины металла и альянсы электронной торговли.

Платформа *Ouyee Cloud Business* окупилась менее чем за два года: объем платежей увеличился на 48,3 %, финансовых услуг – на 68,9 %.

### **Бизнес-модель взаимосвязанных заводов трансграничной B2B оптовой торговли бытовыми приборами**

Компания *Haier*, крупнейший в мире производитель бытовой техники, запустила первую в Китае платформу промышленного интернета для обслуживания своих четырех заводов (производящих, соответственно, кондиционеры, стиральные машины, холодильники и водонагреватели) – *COSMOPlat*. Платформа принимает оптовые заказы на производство любого из продуктов компании, предлагает индивидуальные решения, используя технологии больших данных, сети совместного производства, умное тестирование, сертификацию и т. п. *COSMOPlat Haier* тесно сотрудничает с платформой взаимодействия с покупателями *Zhong chuang hui* и платформой поставщиков модулей *Hai da yuan*, которые анализируют информацию и выстраивают оптимальные схемы производства и последующего сервиса. Платформы оперативно реагируют на быстро меняющиеся дифференцированные требования рынка, эффективно адаптируя умные производственные системы выполнения заказов под фрагментированные и неструктурированные запросы покупателей (потребности рынка).

На основе эталонной бизнес-модели взаимосвязанных заводов и трансграничной торговли *COSMOPlat* скопирована в 12 других отраслях, таких как производство керамики, домостроение, сельскохозяйственное машиностроение, швейное производство и т. д. Платформа обслуживает 320 млн пользователей и 3,9 млн предприятий по всему миру с оборотом 313,3 млрд юаней, благодаря ей сроки изготовления и доставки оплаченных товаров сократились на 50 %.

### **Бизнес-модель трансграничного совместного проектирования самолетов**

Компания *China CC Flying* создала глобальную платформу управления совместным проектированием и производством продукции для авиастроения. На начальном этапе региональные отделы компании и зарубежные компании-партнеры, используя глобальную платформу и общие компьютерные модели проектирования, осуществляют проектирование и виртуальную сборку всей конструкции воздушного судна. Далее, применяя данные о технологических процессах, разрабатывают унифицированную виртуальную модель производства самолета на нескольких предприятиях и воплощают ее в реальной жизни. В итоге цикл разработки сократился на 20 %, цикл производства – на 30 %, себестоимость продукции – на 20 %, расход энергопотребления – на 10 %, количество проблем с качеством изготовления – на 25 %. Например, в разработке самолета C919 в онлайн-режиме участвовали десятки компаний-разработчиков и заводов-изготовителей из разных стран, в том числе 10 авиаконструкторских бюро, 24 проектировщика бортового оборудования, 16 поставщиков материалов, 54 поставщика стандартных деталей и еще 200 компаний. В итоге участники проекта за неполный год создали готовый для летных испытаний самолет C919.

### **Бизнес-модель роботизированного умного производства персонализированных продуктов**

В 2016 г. Шэньянский институт автоматизации Китайской академии наук и немецкая компания *SAP* разработали модель, на основе которой была создана умная производственная линия. Решение интегрирует промышленную беспроводную сетевую коммуникационную технологию *WIA-FA*, предложенную институтом, для беспроводного сбора производственной информации о состоянии оборудования и быстрой ее передачи на платформу *HANA* компании *SAP*. Это позволяет в режиме реального времени осуществлять диагностику оборудования и прогнозировать его жизненный цикл, эффективно сокращая время простоя установок. Платформа *HANA* дает заводам возможность эффективно планировать



ресурсы на всем протяжении производственного цикла – от приема заказа до его окончательного исполнения. С помощью *RFID*-технологии она непрерывно собирает информацию о состоянии входящих в систему промышленных роботов компании *Xinrong Robotics*, анализирует массивы больших данных на платформе облачного сервиса и, наконец, реализует идею умного модульного производства персонализированных продуктов, что значительно повышает эффективность всей системы.

### Бизнес-модель исполнения персонализированных заказов в легкой промышленности

Компания по производству одежды *Red Collar Group* создала модель персонализированной настройки производства, быстро реагирующей на желания потребителей одежды, в основном зарубежных. Модель *Red Collar* имеет особенности:

- использование технологии больших данных для обработки дифференцированных потребностей клиентов, которые комбинируют собственный заказ, используя базу данных о шаблонах, стилях, мастерстве, тканях и т. д. *Red Collar* оцифровывает заказ, записывает его на чип и передает в производство, где каждая технологическая операция – от раскроя ткани до последнего шва – выполняется автоматически в соответствии с персонализированными индивидуальными параметрами заказа, что обеспечивает высокое качество продукта;
- использование промышленного интернета для передачи производственной информации в режиме реального времени на оборудование в целях интеграции производства и управления, что позволяет мониторить все операции и заказы;
- модульную стандартизированную схему технологического процесса крупномасштабного производства персонализированных продуктов на основе платформы, реализующей стандартизацию данных клиентов, когда заказ делится на несколько модулей и автоматически выполняется на нескольких производственных линиях. Такая модель позволяет использовать персонализированную настройку и осуществлять масштабное производство;
- гибкую модель настройки, основанную на данных о потребностях клиентов. Благодаря платформе *C2M* производственная система может беспрепятственно обрабатывать индивидуальные потребности пользователей.

Персонализированная бизнес-модель *Red Collar* изменила традиции швейной промышленности Китая и значительно повысила экономическую эффективность предприятия: стоимость проектирования изделий была снижена на 40 %, себестоимость продукции – на 30 %, запасы сырья – на 60 %, производственный цикл – на 40 %, весь цикл – на 30 %. Чтобы способствовать цифровой трансформации традиционных швейных производств, *Red Collar* начала экспортировать свои решения, подписав соглашения об их внедрении с 38 зарубежными компаниями.

Указанные бизнес-модели представлены в табл. 2.

Таблица 2

#### Инновационные бизнес-модели в цифровой промышленной глобализации

Table 2

##### Innovative business models in digital industrial globalisation

| Цифровой бизнес-процесс                                                                                                     | Эффект                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Трансграничная электронная торговля <i>B2B</i> и <i>B2C</i> , цифровая логистика электронной торговли и электронные платежи | Рост экспорта                                                     |
| Трансграничное онлайн-проектирование                                                                                        | Сокращение сроков проектирования изделия и повышение его качества |
| Цифровой маркетинг спроса и персонализация заказов                                                                          | Рост доли рынка                                                   |
| Управление цепочками выполнения заказов на взаимосвязанных предприятиях                                                     | Ускорение сроков исполнения сложных заказов                       |
| Диагностика и интеграция оборудования в умную производственную линию                                                        | Сокращение времени простоя оборудования                           |

Примечание. По версии ЮНКТАД, в мировом рейтинге электронной торговли *B2C* в 2020 г. лидируют Швейцария, Нидерланды, Дания, Сингапур. Беларусь занимает 35-е место.

## Рекомендации для Беларуси

1. *Цифровая синергия производства и бизнеса.* Цифровая трансформация промышленности воплощается в синергии производства и бизнеса с применением интеллектуальной цифровизации производственного процесса, цифровых сетей услуг, быстро реагирующих на спрос. Технологии промышленного интернета позволяют связать управление производственным процессом с реализацией продукции и логистикой, что повышает эффективность деятельности предприятия. Подобный китайский опыт может быть применен на всех предприятиях Беларуси.

2. *Онлайн-проектирование.* Использование глобальной платформы для совместного унифицированного процесса исследований и разработок при едином управлении данными по модели трансграничного совместного проектирования китайской авиакосмической компании позволит сократить цикл разработки за счет привлечения зарубежных ученых и конструкторов при одновременном сокращении сроков и затрат. Идея будет полезна для крупных белорусских машиностроительных холдингов, например для корпорации сельскохозяйственного машиностроения, сооздание которой запланировано на седьмую пятилетку.

3. *Умный мониторинг состояния оборудования.* Использование интеллектуальных датчиков в технологическом оборудовании и производимых продуктах позволяет осуществлять непрерывный удаленный мониторинг состояния устройств и механизмов, контролировать потребление сырья и качество продукта на протяжении всего жизненного цикла, принимать оптимальные решения по управлению производственным процессом – в итоге обычное предприятие превращается в умное производство по выполнению персонализированных заказов. Совместное решение Китайской академии наук и немецкой компании *SAP* по созданию умной роботизированной линии, динамически оптимизируемой в режиме реального времени в соответствии с текущим состоянием оборудования и требованиями к заказу, значительно повысило гибкость производственной системы и скорость выполнения заказов. Подобный опыт представляет ценность и для белорусских специалистов.

4. *Выполнение персонализированных заказов.* Промышленный интернет помогает предприятиям предоставлять клиентам всесторонние услуги в течение длительного времени после продажи товаров, изучая потребности заказчиков и повышая гибкость отношений между производителями и потребителями. Компания *Red Collar Group* создала модель исполнения персонализированных заказов, с помощью которой клиенты могут проектировать желаемую одежду, а предприятие на основе данных о потребностях организует производственный процесс, быстро реагирующий на спрос. Использование подобной платформы будет полезно для белорусских предприятий легкой промышленности.

5. *Контроль исполнения персонализированных заказов.* Компания *Haier* осуществила широкомаштабную персонализацию и визуализацию всего процесса выполнения заказов: пользователи могут не только делать заказы в любое время и в любом месте с помощью мобильных телефонов, но и виртуально наблюдать за всем процессом производства – от проектирования и разработки до изготовления, логистики и реализации готового продукта. Таким образом компания реализует концепции «взаимной кастомизации» и «непрерывного контакта с сетевыми устройствами». Китайскую модель оптовой торговли *B2B* компании *Haier* можно использовать для создания аналогичной платформы по реализации бытовых приборов белорусских заводов «Атлант», «Горизонт», «Витязь».

6. *Трансграничная торговля металлопродукцией.* Опыт китайской платформы *Ouyee Cloud Business* может быть использован Белорусским металлургическим заводом в Жлобине.

## Библиографические ссылки

1. Ковалев ММ, Головенчик ГГ. *Цифровая экономика – шанс для Беларуси*. Минск: БГУ; 2018. 327 с.
2. Головенчик ГГ, Ковалев ММ. *Цифровая экономика*. Минск: БГУ; 2019. 395 с.

## References

1. Kovalev MM, Goloventchik GG. *Tsifrovaya ekonomika – shans dlya Belarusi* [Digital economy – a chance for Belarus]. Minsk: BSU publishing centre; 2018. 327 p. Russian.
2. Goloventchik GG, Kovalev MM. *Tsifrovaya ekonomika* [Digital economy]. Minsk: BSU publishing centre; 2019. 395 p. Russian.

Статья поступила в редакцию 02.11.2020.  
Received by editorial board 02.11.2020.



## ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ И БЛАГОСОСТОЯНИЕ СТРАНЫ: ПРИМЕР БЕЛАРУСИ

**К. В. ШЕСТАКОВА<sup>1)</sup>, Е. М. КАРПЕНКО<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Анализируется взаимосвязь индустриализации страны и ее экономического благосостояния. На основе эконометрических моделей проведена оценка влияния в Республике Беларусь промышленного сектора на показатели, отражающие благосостояние страны на различных уровнях (скорректированный чистый национальный доход на душу населения, уровень бедности населения, средняя годовая заработная плата). Сделан вывод о значимой роли промышленного сектора Республики Беларусь в формировании ее благосостояния.

**Ключевые слова:** индустриализация; промышленное развитие; экономический рост; национальное богатство; экономическое благосостояние страны; промышленная политика.

## INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND COUNTRY'S WELFARE: CASE OF BELARUS

**K. V. SHESTAKOVA<sup>a</sup>, E. M. KARPENKA<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: K. V. Shestakova (shestakovak@bsu.by)

The authors analyse the relationship between the country's industrialisation and wealth. Based on econometric models the assessment of influence of industrial sector on indicators of country's welfare at various levels (which are adjusted net national income per capita, poverty level, average annual salary) was carried out. The conclusion about the significant role of the industrial sector of the Republic of Belarus in the formation of its welfare was made.

**Keywords:** industrialisation; industrial development; economic growth; national prosperity; welfare; industrial policy.

Historically, economic development was closely associated with industrial development because it was concerned with the industrial revolution. Therefore, industrialisation has been the main driver of economic growth and many economists assign great importance to this component. A. Hirschman [1], P. Rosenstein-Rodan [2],

### Образец цитирования:

Шестакова КВ, Карпенко ЕМ. Промышленное развитие и благосостояние страны: пример Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2021;1:94–99 (на англ.).

### For citation:

Shestakova KV, Karpenka EM. Industrial development and country's welfare: case of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2021;1:94–99.

### Авторы:

**Кристина Владиславовна Шестакова** – кандидат экономических наук; доцент кафедры международного менеджмента экономического факультета.

**Елена Михайловна Карпенко** – доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой международного менеджмента экономического факультета.

### Authors:

**Kristina V. Shestakova**, PhD (economics); associate professor at the international management department, faculty of economics.

shestakovak@bsu.by

**Elena M. Karpenka**, doctor of science (economics), full professor; head of the international management department, faculty of economics.

karpenkaem@bsu.by

A. Lewis [3], M. Cimoli [4], M. P. Timmer [5] and some others stated that a crucial element in economic development is transformational a predominantly rural economy into a «modern» economy with a thriving industrial sector. Industrialisation leads to economic structure and country's infrastructure upgrading, supports the achievements of socio-economic and environmental objective: jobs creation, «green» production, innovation stimulation. Industrialisation is recognised as the core force of «economic miracles» of Japan, Korea, China, Ireland, Singapore and some others. The hypothesis about a special role of industrial sector in economic development is also confirmed by the fact that it demonstrated higher productivity in comparison with other sectors (agriculture and service) across different income groups (fig. 1).

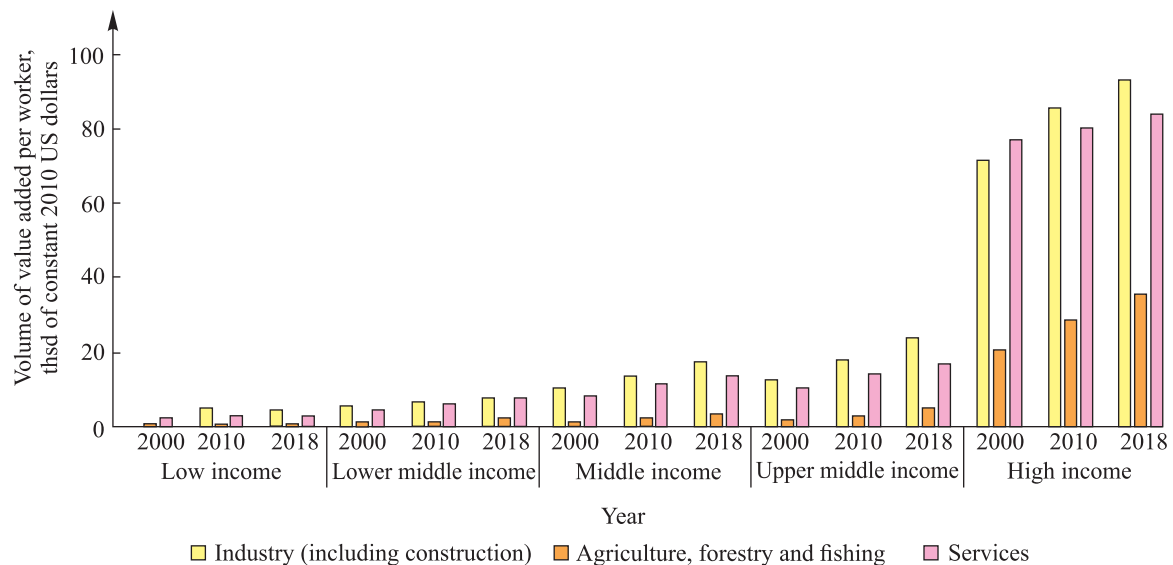


Fig. 1. Volume of value added per worker in sectors of economy across income groups (the authors' own research results based on World Bank's world development indicators (WDI)<sup>1</sup>)

United Nations Industrial Development Organisation (UNIDO) has long been a major mover and initiator for industrial development (the Lima declaration on industrial development and cooperation of the 2<sup>nd</sup> General conference of the UNIDO (1975), the Lima declaration on towards inclusive and sustainable industrial development at the 15<sup>th</sup> session of the General conference of the UNIDO in Lima (2013)). No country, except a few resource rich ones like Australia and Canada, has attained prosperity without a period of sustained industrialisation. UNIDO sets up the key targets for it in terms of socio-economic and environmentally related aspects. Recently, many scientific studies have investigated the linkage between national prosperity and countries industrial development<sup>2</sup> [6; 7]. They examine the effect of industrialisation on economic development, unemployment and inequality. The analysis found evidence that industry-driven economies grow significantly faster than others did. However, for Belarus such studies have not been carried out. Thus, this study explores the hypothesis of the impact of industrial development on welfare in Belarus.

In 2019 Belarusian industrial sector included 16 106 enterprises of different size and types of ownership that is 0.83 % more than in 2015. It generated 25.7 % of GDP and 93.7 % of country's export. In 2019 in industrial sector were employed 23.6 % of total country's employment<sup>3</sup>. The manufacture value added (MVA) per capita in current dollars has doubled in comparison with 1990 (fig. 2) and has exceeded 1423 US dollars despite of the periods of falling (1990–2000, 2015–2017).

Total contribution of Belarus in world MVA in 2017 amounts 0.09 % (fig. 3). In should be noted that the share of Belarus in world MVA is lower that its' share in world population. That fact may indicate about insufficient development of manufacturing or ineffective usage of its potential.

For the purpose of study of the relationship between industrialisation and country's wealth a range of indicators are suggested which measure country's welfare and could be largely viewed as endogenous (it is shown in the table). This indicators the potential effect of raising prosperity on different level of national economy in the process of industrial development.

<sup>1</sup>World development indicators [Electronic resource]. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (date of access: 17.01.2021).

<sup>2</sup>Industrialisation as the driver of sustained prosperity / ed. by Li Yong. Vienna : United Nations Industrial Development Organisation, 2020. 178 p.

<sup>3</sup>Промышленность Республики Беларусь. Минск : Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2016. 196 с.

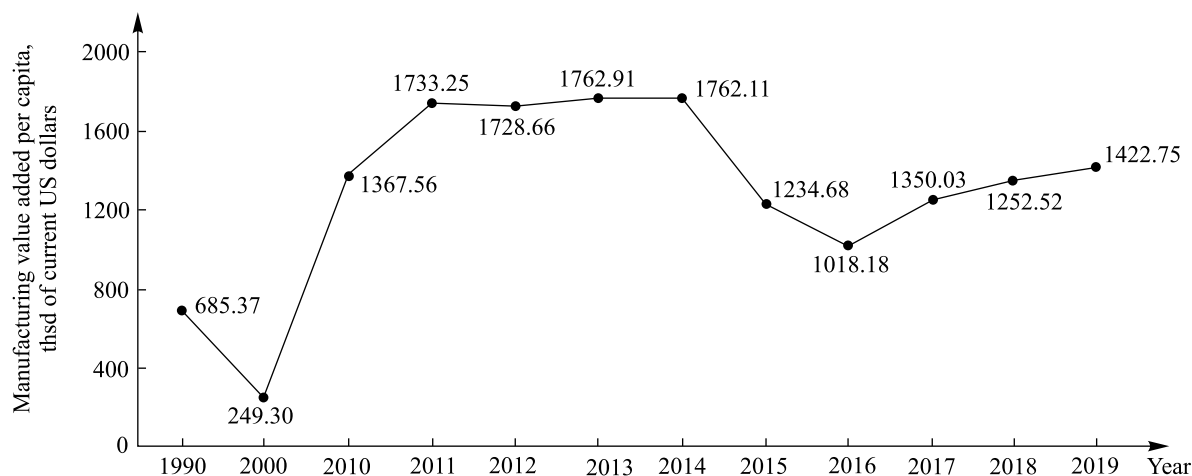


Fig. 2. Manufacturing value added per capita  
(the authors' own research result based on UNIDO statistics<sup>4</sup>)

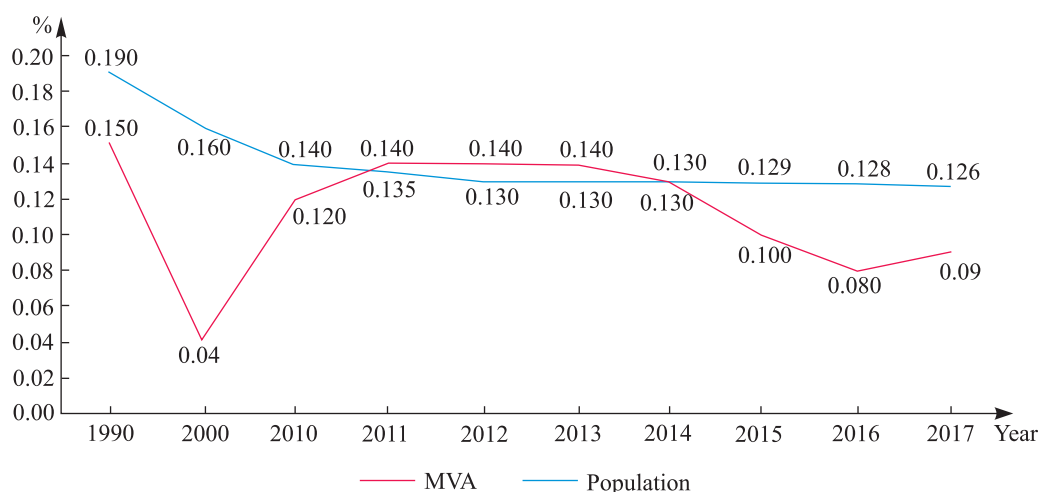


Fig. 3. Belarus' share in world MVA and world population  
(the authors' own research result based on World Bank's WDI<sup>5</sup>)

#### Country's wealth measurement indicators

| Indicator                                                                | Economic concept                                                                                              | Level of country's wealth measurement |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Adjusted net national income (ANNI) per capita, constant 2010 US dollars | Measure of the available income that can be consumed or invested to increase the nation's future consumption. | Nation                                |
| Poverty rate (Pov), %                                                    | Measure number of people whose income falls below the poverty line, identify level of life.                   | Population                            |
| Average annual salaries (ASal), constant 2010 US dollars                 | The main source of individual prosperity formation.                                                           | Employees                             |

<sup>4</sup>UNIDO statistics data portal [Electronic resource]. URL: <https://stat.unido.org/> (date of access: 17.01.2021).

<sup>5</sup>World development indicators [Electronic resource]. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (date of access: 17.01.2021).

The empirical analysis accounts for a wide range of exogenous confounding. Based on the definition of the term «industrialisation» given by S. Kuznets (1973) («industrialisation is a structural transformation process involving changes in the sectorial composition of the economy» [8]) exogenous variables are chosen and divided into two groups of factors:

- quantitative estimation which includes value added produced by agriculture (AgrVA), industry (IndVA) and service (SerVA), evaluated in constant 2010 US dollars;
- qualitative estimation which includes productivity in agriculture (AgrPr), industry (IndPr) and service (SerPr), evaluated in constant 2010 US dollars.

The assumption that industrialisation influence country's wealth on different levels is investigated by providing econometric analyses and baseline regressions estimation.

### Industrialisation and national wealth

This study seeks to examine the effect of industrialisation on the evolution of adjusted net national income per capita in the process of development. Data, which is the basis for this analysis, was conducted between 1992 and 2018. The analysis focuses on estimation the influence of value added per capita created by agriculture, industry, service, and productivity per worker in agriculture, industry and service on adjusted net national income per capita.

*Model «Adjusted net national income – value added»* provides estimation of the relationship between adjusted net national income per capita and sectorial value added. The model is significant. All estimations are reliable.

$$\text{ANNI} = -1547.1 + 4.118\text{AgrVA} + 1.017\text{IndVA} + 0.952\text{SerVA}, R^2 = 0.996$$

(–6.78)      (4.74)      (3.99)      (4.74)

According to the regression the main factor that influence on adjusted net national income is value added per capita produced in agriculture. The effect of industrialisation on national welfare is positive and is estimated as a 1000 US dollars increase in industry value added leads to 1017 US dollars increase in national income. It is less in comparison with agriculture as the amount of the consumption of the fixed capital in industry is greater.

Specific analyses of relationship between MVA per capita and adjusted net national income per capita shows strong positive correlation (fig. 4): 1 % change in MVA per capita leads to the 3.95 % increase in national income. It is due to this manufacturing is widely considered to be an economy's «engine of growth» in Belarus.

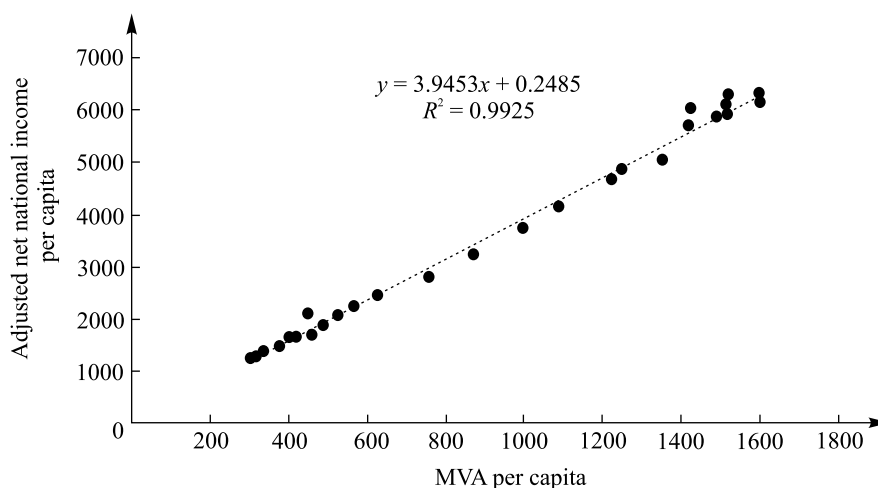


Fig. 4. The relationship between MVA per capita and adjusted net national income per capita for Belarus, constant 2010 US dollars (the authors' own research result based on UNIDO statistics<sup>6</sup>)

<sup>6</sup>UNIDO statistics data portal [Electronic resource]. URL: <https://stat.unido.org/> (date of access: 17.01.2021).



Model «Adjusted net national income – productivity» focuses on the potential impact of productivity in different sectors of national economy on national income formation. The baseline regression for analyses is shown in (1).

$$\text{ANNI} = -1393.18 + 0.152\text{AgrPr} + 0.335\text{IndPr} + 0.099\text{SerPr}, R^2 = 0.994 \quad (1)$$

(–4.1269)      (3.652)      (5.090)      (0.97)

The exogenous variable «productivity in service sector» is statistically insignificant ( $t_{\text{observed}} = 0.97$  is less  $t_{\text{nor}} = 1.725$ ). So, after the model improvement it has been transformed to (2).

$$\text{ANNI} = -1081.47 + 0.153\text{AgrPr} + 0.382\text{IndPr}, R^2 = 0.994 \quad (2)$$

(–10.1269)      (3.68)      (13.28)

In the case of adjusted net national income formation, the industry has strong impact: 100 US dollars increase in industry productivity per capita rises the adjusted net national income per capita by 38.2 US dollars. Therefore, it proves the hypothesis that industrialisation has great impact on the national prosperity in Belarus.

### Industrialisation and population wealth

The analysis focuses on the potential impact of industrialisation on poverty reduction. To assess the effects of industrialisation on poverty in the long-run, the analysis is restricted to the 2000–2018 period, since data on poverty rate in Belarus is only available in the post-2000 period.

Model «Poverty rate – value added» investigates the linkage between poverty rate in Belarus and value added in sector of national economy.

$$\text{Pov} = 47.6 - 0.0806\text{AgrVA} - 0.01516\text{IndVA} + 0.01318\text{SerVA}, R^2 = 0.834$$

(4.79)      (–1.168)      (–1.53)      (1.022)

Coefficients for agriculture value-added and service value added are not statistical significant. These variables have been excluded from the model. The new model describing the relationship between industry value-added and poverty rate is shown in (3):

$$\text{Pov} = 42.27 - 0.01724\text{IndVA}, R^2 = 0.818 \quad (3)$$

(11.84)      (–8.74)

The model estimates impact of industry value added to poverty rate reduction as positive and significant. The increase in industry value added in 100 US dollars will decrease the poverty rate by 1.72 %.

Model «Poverty rate – productivity» indicates the relationship between poverty rate and productivity in different sectors of economy:

$$\text{Pov} = 29.049 - 0.00063\text{AgrPr} - 0.0473\text{IndPr} - 0.0486\text{SerPr}, R^2 = 0.816$$

(1.39)      (–0.295)      (–2.182)      (0.833)

Similarly to the model «Poverty rate – value added», the coefficients for productivity per worker in agriculture and service are not statistical significant and these exogenous variable should be removed from the model. After the model improvement it has been transformed to (4).

$$\text{Pov} = 46.33 - 0.00303\text{IndPr}, R^2 = 0.8075 \quad (4)$$

(11.379)      (–8.689)

The resulting model is representative and states that 100 US dollars change in productivity per worker in industry causes 0.3 % change in poverty rate. Therefore, industrial sector in Belarus is substantial for reduction poverty and social welfare increase. Industry has the potential to create jobs for low-qualified labour force.

### Industrialisation and employment wealth

The study further explores the effect of industrialisation on the change income of population employed in economy. As a depended factor suggested average annual salary in constant 2010 US dollars. The analyses conducts data between 1992 and 2018.

*Model «Salary – value added»* links average annual salaries and value-added per capita produced in sectors of national economy.

$$\text{ASal} = -3270.1 + 7.7028\text{AgrVA} - 2.863\text{IndVA} + 2.047\text{SerVA}, R^2 = 0.893$$

(–9.66)                      (5.97)                      (–7.5858)                      (6.873)

According to the model, industry sector gives negative impact to the change of average annual salaries. This fact could be explained by the prevalence of activities with low value-added in the structure of industrial sector.

*Model «Salary – productivity»* clears relationship between average annual salary and productivity.

$$\text{ASal} = -4650.07 + 0.4871\text{AgrPr} - 0.6139\text{IndPr} + 0.9246\text{SerPr}, R^2 = 0.7937$$

(–5.017)                      (4.27)                      (–3.94)                      (3.282)

There is a clear link between productivity per worker in the main sectors of the economy and change of average annual salary. The model indicates indirect relationship between production per worker in industry sector: 100 US dollars raise in productivity per worker in industry causes 61.39 US dollars decrease in average annual salary.

The highly significant negative correlation between average annual salary and productivity in industry per worker could be the result of disbalance between the growth rate in salaries and growth rate in productivity per worker in industry. Negative relationship between average annual salaries and industry value-added and industry productivity shows that industrialisation is a process that should involve structural transformation not only of the economy, but also within industry itself and the manufacturing sector in particular. It should lead to technological transformation and upgrading and reduce the imbalances between changes in average salaries and the growth rate of value added and productivity in industry sector.

Therefore, the survey has established a direct link between industrialisation and overall economic prosperity growth in Belarus. It approves the proposed hypothesis about influence of industrial development into prosperity and welfare growth in Belarus.

The outcomes of this research for Belarus show that industrialisation processes need to be managed and initiated by government to make sure that national wealth are achieved at all levels and no parts of society within a country are left behind the process of sustainable economic development. Successful industrialisation is a process of finding the appropriate industrial policy. So, inclusive and efficient industrial policy should be suggested as a tool for managing national prosperity.

### References

1. Hirschman AO. *Strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press; 1958. 230 p.
2. Rosenshein-Rodan PN. Problems of industrialisation of Eastern and South-Eastern Europe. *Economic Journal*. 1943; 53(210/211):202–211. DOI: 10.2307/2226317.
3. Lewis WA. Economic development with unlimited supplies of labour. *Manchester School*. 1954;22(2):139–191. DOI: 10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x.
4. Cimoli M, Dosi G, Stiglitz JE, editors. *Industrial policy and development. The political economy of capabilities accumulation*. Oxford: Oxford University Press; 2009. 575 p. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199235261.001.0001.
5. Timmer MP, Szirmai A. Productivity growth in Asian manufacturing: the structural bonus hypothesis examined. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2000;11(4):371–392. DOI: 10.1016/S0954-349X(00)00023-0.
6. Kaldor N. *Strategic factors in economic development*. Ithaca: New York State School of Industrial and Labour Relations; 1967. 83 p.
7. Reinert E. *How rich countries got rich and why poor countries stay poor*. London: Constable & Robinson; 2007. 365 p.
8. Kuznets S. Modern economic growth: findings and reflections. *American Economic Review*. 1973;63(3):247–258.

Received by editorial board 03.03.2021.



## ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГА

Т. Д. КОЛОДНИК<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет физической культуры,  
пр. Победителей, 105, 220020, г. Минск, Беларусь

Исследуются особенности цифрового маркетинга. Анализируется влияние цифровизации на формирование каналов и инструментов цифрового маркетинга, переданных как ИТ-инфраструктура и сетевые технологии. Представлен взгляд автора на организацию комплексных мероприятий цифрового маркетинга и рассмотрены тенденции его развития.

**Ключевые слова:** цифровизация; цифровой маркетинг; ИТ-инфраструктура и сетевые технологии; каналы цифрового маркетинга; инструменты цифрового маркетинга; мероприятия цифрового маркетинга.

## FEATURES OF DIGITAL MARKETING

T. D. KOLODNIK<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University of Physical Culture,  
105 Pieramožcaŭ Avenue, Minsk 220020, Belarus

This author explores the features of digital marketing. The article analyses the impact of digitalisation on the formation of digital marketing channels and tools, transferred as IT infrastructure and network technologies. The article provides a view on the organisation of complex events and discusses trends in the development of digital marketing.

**Keywords:** digitalisation; digital marketing; IT infrastructure and network technologies; digital marketing channels; digital marketing tools; digital marketing events.

В условиях глобализации практически все компании заинтересованы во внедрении ИТ-инфраструктуры и сетевых технологий в бизнес-процессы [1; 2]. В начале 2020 г. доступные сервисы «We are social» и «Hootsuite» представили широкой публике отчет о состоянии развития цифровой среды, в котором указывалось, что ежедневно Интернет востребован более чем у 4,5 млрд человек, а количество пользователей данной сети в сравнении с 2019 г. увеличилось на 9 % (321 млн человек)<sup>1</sup>.

В настоящее время цифровой маркетинг выступает одним из основных условий для развития электронного бизнеса и коммерции. Прикладные приемы использования элементов цифровизации<sup>2</sup> в мар-

<sup>1</sup>We are social [Electronic resource]. URL: <https://clck.ru/MHanP> (date of access: 20.06.2020).

<sup>2</sup>Цифровизация – использование современных цифровых технологий в разных сферах производства и жизни общества.

### Образец цитирования:

Колодник ТД. Особенности цифрового маркетинга. Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2021;1:100–108.

### For citation:

Kolodnik TD. Features of digital marketing. Journal of the Belarusian State University. Economics. 2021;1:100–108. Russian.

### Автор:

Татьяна Дмитриевна Колодник – старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства Института менеджмента спорта и туризма.

### Author:

Tatiana D. Kolodnik, senior lecturer at the department of tourism and hospitality management, Institute of sports and tourism management.  
[tatiana\\_ktd@mail.ru](mailto:tatiana_ktd@mail.ru)



кетинговой деятельности разных компаний очевидны. В условиях нарастающей конкуренции службы маркетинга продолжают активно овладевать практиками исследований товарной, ценовой политики, политики распределения и продвижения с применением цифровых каналов и инструментов.

Сближение компаний и потребителей при помощи цифровых каналов и инструментов существенно влияет на увеличение продаж. Основное свойство цифрового маркетинга – тесное взаимодействие с потенциальными и реальными потребителями, запросы которых во многом формируют тенденции развития данного вида маркетинга.

Цифровой маркетинг является одним из важных направлений развития деятельности компаний в частности и экономики в целом, которая также формируется под влиянием цифровизации. Внедрение цифровизации в маркетинг позволило усовершенствовать не только рыночные бизнес-процессы, но и социально-экономические отношения. Следовательно, цифровой маркетинг – существенный фактор для формирования и дальнейшего развития указанных отношений. В связи с этим А. А. Головенчик отнесла цифровой маркетинг к субиндексам для образования цифровых экосистем государства [3, с. 123].

В Республике Беларусь внимание к формированию приведенных экосистем закреплено в Национальной стратегии социально-экономического развития на период до 2030 года<sup>3</sup> и Стратегии развития информатизации на 2016–2022 годы<sup>4</sup>. Данные экосистемы выделяют на основании следующих признаков: обновление форм, содержаний и методов различных видов и направлений деятельности, также информационный обмен, стиль управления, включая управление маркетингом. Ф. Котлер отмечал, что цифровой маркетинг свидетельствует о необходимости адаптации к новым условиям постиндустриального общества и особенностям поведения людей, а это требует переосмысления фундаментальных основ маркетинга [4]. Цифровой маркетинг использует достижения научно-технического прогресса в качестве средства и метода влияния на потребителей. Применение в маркетинге цифрового потенциала ИТ-инфраструктуры и сетевых технологий<sup>5</sup> предполагает моделирование рыночных бизнес-процессов как связь компаний с рынками.

Использование цифровых каналов и инструментов для формирования связей с рынками позволило изменить практики ведения бизнеса и умножить производительность рыночных бизнес-процессов в целях получения прибыли.

Таким образом, в настоящий момент цифровизация выступает масштабным, объективным и закономерным процессом, нацеленным на модернизацию различных сфер жизнедеятельности. На рис. 1 показана связь цифровизации и маркетинга, представленная конвергенцией указанных процессов, которая выступает как сегмент цифрового маркетинга. Заметим, что проблемам конвергенции цифровизации и разных сфер жизнедеятельности посвящено множество академических работ. К тому же эксперты, специалисты и исследователи продолжают анализировать формирование цифровой экономики, которая включает в себя организацию цифрового маркетинга.

Как было отмечено, в условиях глобальной конкуренции компании обязаны постоянно искать рынки и развивать новые цифровые методы влияния на потребителей. Вместе с тем теория и практика маркетинга по-прежнему нуждаются в разработке инновационных методик применения потенциала цифровизации в маркетинге.

Маркетинговые коммуникации с применением потенциала цифровизации получили особые свойства: мультимедийность, таргетируемость, распределенность и интерактивность, которые позволили многим из рассматриваемых коммуникаций стать уникальными. Заметим, что интерактивность дает возможность получать аналитику, способную уменьшать асимметрию между производителями и потребителями, а также обеспечивать продажи товаров и услуг цифровым сопровождением.

Проанализированные подходы к решению задач сбыта можно рассматривать как современные методы цифрового маркетинга, который использует ИТ-инфраструктуру и сетевые технологии в качестве каналов и инструментов коммуникационной политики, исследований маркетинговой среды, товарной, ценовой политики и политики распределения.

Технические и программные решения ИТ-инфраструктуры и сетевых технологий позволяют службам маркетинга применять потенциал цифровизации в целях трансформации взаимодействий с потребителями. Заметим, что мировые технологические гиганты (*Google*, *Яндекс* и др.) для указанных взаимодействий основали специальные сервисы (*Google AdWords*, *Google AdSense*, *Google Analytics*, *Яндекс.Директ*, *Яндекс.Метрика*, *Яндекс.ВордСтат* и др.), которые активно используются службами маркетинга. В связи с этим отметим, что на трансформацию взаимодействий с потребителями повлияли

<sup>3</sup>Национальная стратегия социально-экономического развития на период до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <https://www.clck.ru/MRvzy> (дата обращения: 05.04.2020).

<sup>4</sup>Стратегия развития информатизации в Республике Беларусь на 2016–2022 годы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bit.ly/2MLkD14> (дата обращения: 24.01.2020).

<sup>5</sup>ИТ-инфраструктура и сетевые технологии – цифровые технические и программные устройства, организационно-техническое объединение и связь вычислительных и телекоммуникационных средств.

не только специальные цифровые, но и информационные (*Yahoo*, *Lycos* и др.), коммуникационные (*Telegram*, *Viber* и др.), а также комплексные (*Qiwi*, *WebMoney*, *PayPal* и др.) сервисы.

Потенциал цифровизации является важнейшим условием для развития и совершенствования маркетинговых коммуникаций. Следовательно, цифровая трансформация маркетинга – это внедрение в рыночные бизнес-процессы потенциала цифровизации, которое позволяет создавать инновационные методики. Данная трансформация маркетинга может предполагать как фундаментальные изменения рыночных бизнес-процессов, так и модернизацию существующих практик, включая стиль управления, коммуникации, связи с общественностью, корпоративную культуру и др.



Рис. 1. Конвергенция цифровизации и маркетинга

Fig. 1. Convergence of digitalisation and marketing

В целях исполнения мероприятий цифрового маркетинга применяют трансляционные технологии вещания, интернет-технологии, мобильные технологии передачи данных, локальные сетевые технологии и разные типы цифровых устройств в офлайн-пространствах, которые в совокупности можно представить как каналы и инструменты цифрового маркетинга или ИТ-инфраструктуру и сетевые технологии.

К основным каналам цифрового маркетинга Т. П. Данько и О. В. Китова отнесли интернет и устройства, предоставляющие доступ к нему; локальные сети компаний и территориальных образований, которые постепенно интегрируются с интернетом; мобильные устройства; цифровое телевидение, успешно сменяющее аналоговое и постепенно интегрирующееся с интернет-приложениями; интерактивные экраны; POS-терминалы [5, с. 261]. Следовательно, в качестве каналов и инструментов цифрового маркетинга используют техническую и программную инфраструктуру, представленную разными типами цифрового оборудования и программных решений. Применение указанной инфраструктуры как каналов и инструментов цифрового маркетинга предпочтительно. Инструменты цифрового маркетинга позволяют обеспечить тесное взаимодействие маркетинговых служб с потребителями.

Как показано на рис. 2, каналы цифрового маркетинга представлены множеством цифровых технических и программных средств [9].

Несмотря на наличие академических работ, цель которых заключается в анализе особенностей развития цифрового маркетинга, до настоящего времени однозначных дефиниций для каналов и инструментов указанного маркетинга не существует. На рис. 3 отражена структура каналов цифрового маркетинга, основанных на использовании потенциала ИТ-инфраструктуры и сетевых технологий.

Анализируя каналы цифрового маркетинга (см. рис. 3), легко обнаружить, что развитие цифровизации позволило объединять их. Например, совмещение каналов цифровых трансляционных технологий для просмотров интернет-контента, технологий интернета и мобильной передачи данных дало возможность использовать устройства связи для мероприятий интернет-маркетинга. Следовательно, в настоящее время инфраструктура каналов цифрового маркетинга является динамичной и интеграционной.

В связи с этим заметим, что для персонализации взаимодействий в цифровом маркетинге активно применяют роботизацию и современные персональные цифровые устройства, например мобильные устройства, чат-боты и др. Новые тенденции в развитии цифрового маркетинга возникают довольно быстро. Именно поэтому за базу каналов цифрового маркетинга стоит принимать основные структурные элементы ИТ-инфраструктуры и сетевых технологий. В данном случае каждый канал цифрового маркетинга может иметь определенный технологический инфраструктурный базис функционирования. Заметим, что физическое отсутствие указанного базиса не позволит реализовать мероприятия цифрового маркетинга с использованием того или иного канала.



Рис. 2. Каналы цифрового маркетинга<sup>6</sup>

Fig. 2. Digital marketing channels



Рис. 3. Структура каналов цифрового маркетинга

Fig. 3. Structure of digital marketing channels

В табл. 1 приведены каналы цифрового маркетинга и соответствующие классы инструментов с учетом структурных элементов технологического базиса ИТ-инфраструктуры и сетевых технологий.

Для решения стратегических и тактических маркетинговых задач используются разные цифровые каналы и инструменты, приведенный перечень которых нельзя считать завершенным (см. табл. 1). Вместе с тем с учетом каналов (см. рис. 3) цифровой маркетинг может быть проанализирован как система цифровых маркетинговых коммуникаций между экономическими агентами, образующаяся под влиянием цифровизации.

Ключевым ресурсом для развития бизнеса является маркетинговая информация, которую важно аккумулировать, структурировать и анализировать. В целях ее получения используют цифровые каналы и инструменты. К многообразию инструментов цифрового маркетинга нужно отнести цифровое телевидение, радио, планшеты, фаблеты, ридеры, ноутбуки, смартфоны, *digital-art*, мобильные приложения, рекламу в интернете, видео- и компьютерные игры, игровые консоли, *POS*-терминалы, *LED*-экраны, бегущие строки, цифровые табло, терминалы самообслуживания, электронные витрины, вывески, цифровые билборды, *SMS*, *MMS*, рекламу в электронных книгах и т. д.

<sup>6</sup> Digital маркетинг: определение, подходы, инструменты [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/MHanP> (дата обращения: 10.09.2020).



## Каналы и классы инструментов цифрового маркетинга

Table 1

## Channels and classes of digital marketing tools

| Каналы                               | Классы инструментов                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цифровой офлайн-канал                | Внешние носители рекламы: терминалы, интерактивные экраны, выставочные <i>LED</i> -стенды, электронные витрины, вывески, цифровые билборды, электронные книги, игровые консоли, табло, устройства для электронной коммерции, цифровые девайсы для сбора и передачи информации (часы, браслеты, очки и др.) и т. д. |
| Локальные сетевые технологии         | Медийная реклама, вирусная реклама, программы для автоматизации маркетинга и т. д.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Цифровые трансляционные технологии   | Видеоролики, телемагазины, бегущие строки, скрытая реклама и т. д.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Мобильные технологии передачи данных | Смартфоны, <i>WAP</i> -сайты, мобильные программы, <i>GPS</i> -навигация, мобильная нативная реклама, сканирование <i>QR</i> -кодов, <i>SMS</i> -рассылки, рассылки с использованием мессенджеров, <i>bluetooth</i> -маркетинг и т. д.                                                                             |
| Интернет-технологии                  | Сайты, рассылки, вебинары, онлайн-выставки и музеи, медийная, вирусная, контекстная, нативная реклама, сервисы для создания контента, аналитики ( <i>Яндекс.Метрика</i> , <i>Google Analytics</i> и др.), сервисы <i>Web 2.0</i> и т. д.                                                                           |

Эксперт О. Д. Андреева и другие ученые пришли к выводу, что важными инструментами цифрового маркетинга являются интернет и устройства, предоставляющие доступ к нему, например компьютеры, планшеты, смартфоны и т. д., как средства для получения информации, общения и самореализации человека [6, с. 37]. Ф. Ю. Вирин также отмечал, что цифровой маркетинг тесно переплетен с интернет-маркетингом. В первом уже разработан ряд технических приемов, позволяющих установить связь с целевой аудиторией даже в офлайн-среде: использование приложений в телефонах, *SMS* или *MMS*, рекламные дисплеи на улицах и т. д. [7, с. 160]. Исследователь А. Л. Кашин, проанализировав изыскания ведущих мировых маркетологов, привел рейтинговые инструменты цифрового маркетинга: контент-маркетинг, большие данные, автоматизация маркетинга, мобильный маркетинг и маркетинг в социальных сетях [8, с. 65]. В одних открытых источниках к востребованным инструментам цифрового маркетинга отнесены создание контента, аффилиативный маркетинг, маркетинг влияния, создание контента, *SMM*, посадочные страницы, приложения, *SEO*, *e-mail*-рассылки [5], в других – реклама в СМИ, поисковый маркетинг, таргетированная реклама, *SMM*, *e-mail*-рассылки, реклама на цифровых дисплеях, видеореклама, реклама в играх, мобильные рассылки, контекстная реклама, *BTL* и провокации, телемаркетинг, ремаркетинг, *performance*, *UX*-аналитика, организация или участие в выставках и конференциях, аренда *LED*-экранов и медиавывесок<sup>7</sup>.

Следовательно, для реализации комплексных мер цифрового маркетинга (исследований маркетинговой среды, товарной и ценовой, коммуникационной политики, политики распределения и др.) можно применять различные цифровые инструменты. Охват указанных мер маркетинга предполагает применение разных цифровых каналов: интернет-маркетинга, мобильного маркетинга, маркетинга с использованием цифровых устройств в офлайн-пространстве, цифровых технологий вещания.

В связи с этим можно утверждать, что для решения многообразных задач, т. е. исследований коммуникационной политики, управления репутацией, сервисного обслуживания и др., службы маркетинга применяют разные тактики цифровых каналов и инструментов. Цифровой маркетинг, как и традиционный, основан на маркетинговых данных. Источников, необходимых для сбора указанных данных, с каждым днем становится больше. В случае цифрового маркетинга внимания заслуживают не количество источников и объем их данных, а инструменты, используемые в целях получения маркетинговой аналитики, формирующей необходимый базис для прогнозной деятельности.

<sup>7</sup>12 инструментов digital маркетинга, которые должен знать каждый [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/QzbmD> (дата обращения: 10.09.2020).

Отметим, что масштабы развития коммуникаций, множество разных типов компьютерных устройств, совершенствование технологий вещания и другие новшества, связанные с расширением цифровизации, повлияли на возможности для усиления потенциала цифрового маркетинга. Вместе с тем большое количество технических и программных средств, задействованных в цифровом маркетинге в качестве каналов и (или) инструментов, не всегда являются залогом успешных маркетинговых коммуникаций.

В целях усиления тактических и стратегических маркетинговых мер требуется установить преимущества и ограничения цифровых каналов и (или) инструментов, планируемых к использованию. В связи с этим заметим, что в общей структуре комплексных мероприятий цифрового маркетинга основными выступают разные цифровые каналы и инструменты. К базовым мерам цифрового маркетинга, которые наиболее часто включаются в состав комплексных, можно отнести мероприятия интернет-маркетинга: создание и оптимизацию сайта (*SEO*), продвижение в социальных сетях (*SMM*), рассылки, контекстную рекламу, проведение прямых эфиров (вебинаров, воркшопов) и др., а также использование цифровых трансляционных, мобильных технологий и цифровых устройств в офлайн-среде. Д. Малютин выделил основные преимущества и недостатки инструментов цифрового маркетинга (табл. 2).

Таблица 2

### Основные преимущества и недостатки инструментов цифрового маркетинга

Table 2

#### The main advantages and disadvantages of digital marketing tools

| Инструмент                                                          | Преимущества                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Корпоративный сайт                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• инвестирование в актив предприятия;</li> <li>• возможность быть центром любой активности предприятия: продажи, вебинары, объявления, общение и т. д.;</li> <li>• разгрузка кол-центра предприятия, так как на сайте можно разместить много доступной информации</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• потеря полезности без внешнего продвижения;</li> <li>• необходимость постоянной доработки, продвижения, обеспечения безопасности</li> </ul>                                                                                                                                                          |
| <i>SEO</i> (продвижение в топ-позиции поисковых систем по запросам) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• доверие потребителей как к нерекламному каналу;</li> <li>• наиболее качественный трафик после <i>type-in</i> трафика;</li> <li>• возможность распланировать бюджет (начиная с небольшого размера) на год;</li> <li>• высокий уровень конверсии посетителей в клиентов</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• сложно прогнозируемый результат;</li> <li>• принудительное изменение некоторых элементов сайта для <i>SEO</i>, что не всегда удобно;</li> <li>• длинный срок достижения устойчивых результатов;</li> <li>• сильная зависимость от поисковых систем, веб-мастеров</li> </ul>                          |
| Контекстная реклама                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• таргетинг (поведенческий, временной, геотаргетинг, социально-демографический, тематический);</li> <li>• быстрый запуск;</li> <li>• управляемость (бюджет, ключевые слова, объявления и т. д.)</li> </ul>                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• обязательное приложение усилий, чтобы составить хорошее эффективное объявление;</li> <li>• необходимость отмечать объявление как рекламу;</li> <li>• вероятность принудительного отключения поисковиком при плохих показателях;</li> <li>• большие бюджеты, особенно в конкурентных нишах</li> </ul> |
| Социальные сети                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность воздействовать на целевую аудиторию в неформальной обстановке;</li> <li>• хорошие возможности анализа эффективности рекламы;</li> <li>• большая и постоянно растущая аудитория</li> </ul>                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность воздействовать на целевую аудиторию в неформальной обстановке</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 |



| Инструмент               | Преимущества                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Видеореклама             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• широкий охват аудитории;</li> <li>• возможность проведения вирусных кампаний типа «Лучше 1 раз увидеть, чем 100 раз услышать», поскольку видео позволяет и увидеть, и услышать рекламный посыл аудитории;</li> <li>• несколько форматов для тестирования: <i>InStream</i>, <i>InDisplay</i>, видео <i>SEO</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• широкий охват аудитории;</li> <li>• «бедный» таргетинг;</li> <li>• значительные затраты для подготовки качественного ролика;</li> <li>• высокая стоимость успешного масштабного рекламного продвижения</li> </ul>               |
| <i>E-mail</i> -маркетинг | <ul style="list-style-type: none"> <li>• гарантированное повышение лояльности партнеров благодаря грамотно построенной <i>e-mail</i>-стратегии;</li> <li>• бесплатность (если не считать расходы на контент и средств доставки);</li> <li>• возможность наращивать базу клиентов;</li> <li>• использование дизайна писем и сегментации базы</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• вероятность блокировки рассылки в связи с увеличением количества спама;</li> <li>• высокая вероятность вызвать раздражение, если быть слишком навязчивым;</li> <li>• обязательное наличие кнопки отписки от рассылки</li> </ul> |
| Медийная реклама         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• массовый охват аудитории;</li> <li>• наличие эмоций и мотивов в посыле;</li> <li>• возможность запоминания при повторении</li> </ul>                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• высокая стоимость;</li> <li>• невозможность применения для продаж в классическом баннерном исполнении</li> </ul>                                                                                                                |

Источник: [9].

О. Д. Андреева и другие эксперты отмечали важность для формирования комплексных мероприятий цифрового маркетинга преимуществ и ограничений цифровых инструментов, обращая внимание, что в целях реализации концепций данного маркетинга специалисты должны определить, какой набор каналов удовлетворит их маркетинговые потребности: «Что касается измерения воздействия цифровых технологий непосредственно на продажи, то надо отметить, что уже существует много методов, позволяющих оценить, насколько реклама влияет на поведение покупателей, в том числе определить воздействие на ход продаж текущих рекламных кампаний (и внести изменения на ходу)» [6, с. 24].

Цифровизация оказала воздействие на масштаб информационных каналов, которые используют компании для получения рыночной информации. Разные методы цифрового маркетинга позволили производителям товаров и услуг посредством цифровых каналов собирать объективные данные о потребителях и их запросах. Особую популярность для получения указанных данных приобрели специальные информационные ресурсы и программное обеспечение, предоставившее возможность на основе параметров проводить сбор, обработку и представление необходимой рыночной информации.

А. С. Селиверстов и другие исследователи замечали, что цифровой маркетинг – процесс, с помощью которого компании могут сотрудничать с клиентами в целях совместного создания и предоставления ценности, а цифровые технологии уменьшают асимметрию информации между клиентом и компанией, трансформируют продукт компании в продукт с цифровым обслуживанием [10, с. 289]. Полагаем, это означает, что в составе комплексных мероприятий цифрового маркетинга нужно обратить внимание на активно развивающийся маркетинг отношений. Использование цифровых каналов и инструментов в маркетинге усиливает лояльность клиентов и дает возможность совместно создавать ценность продуктов и услуг. В связи с этим заметим, что цифровой маркетинг отношений позволяет компаниям формировать имидж, активно влияет на их развитие и популярность. Примечательно, что компания *McKinsey & Company* истолковывала *CRM* как маркетинг, основанный на отношениях с потребителями.

По мнению специалистов Т. П. Данько и О. В. Китовой, интенсивное развитие современных цифровых технологий оказывает влияние на возникновение новых трендов, которые могут рассматриваться в качестве инструментов цифрового маркетинга. Например, к актуальным цифровым инструментам нужно отнести интернет вещей, являющийся концепцией цифровой вычислительной сети, связывающей предметы, и технологии «умных» одежды и аксессуаров, которые способны взаимодействовать с окружающей средой.

«В связи с развитием современных методов коммуникации с использованием электронных устройств цифровой маркетинг постоянно развивается» [5, с. 261] и формирует новейшие тенденции. Практически все новейшие тенденции для цифрового маркетинга предполагают формирование максимально удобных условий для взаимодействия с клиентами [5, с. 261]. Новыми тенденциями развития цифрового маркетинга являются программы, которые способны самостоятельно обучаться и делать прогнозы поведения потенциальных потребителей. Заметим, что в маркетинге крупных компаний начали применяться современные прогрессивные цифровые технологии: *big data* и *artificial intelligence*. Указанные цифровые технологии предполагают современные методы и способы обработки больших массивов данных, представляющих ценность для принятия адресных маркетинговых решений.

А. А. Беневская и другие исследователи, анализируя концепцию развития цифрового маркетинга, отмечали, что неотъемлемой частью любой цифровой маркетинговой компании будут следующие важные компоненты: контент-маркетинг как уникальный контент для различных целевых рынков, созданный при помощи методов цифрового маркетинга, управление маркетингом в качестве фундаментальных концепций управления, продажами и их связью с каналами цифрового маркетинга, а также с технологическим мышлением [11, с. 8]. Следовательно, в настоящее время актуальными трендами для развития цифрового маркетинга являются *big data*, *artificial intelligence*, нейронные сети, виртуальная реальность и некоторые другие цифровые новшества, которые могут использоваться в маркетинге во многом благодаря технологическому мышлению специалистов-маркетологов.

Таким образом, маркетинговые методологии по применению цифровых каналов и инструментов постоянно развиваются. Под комплексом мероприятий цифрового маркетинга нужно понимать действия со стороны маркетинговых служб, планирующих использование цифровых каналов и инструментов, управление которыми позволит компаниям удовлетворять запросы целевых рынков и получать прибыль. Полагаем, что достичь экономического эффекта от комплекса мероприятий цифрового маркетинга возможно в случае, когда меры цифрового маркетинга в составе комплекса будут осмысленными. Данная осмысленность означает, что комплексные мероприятия цифрового маркетинга должны предполагать цель, с их помощью можно планировать *smart*-идеи. В цифровом маркетинге применяются элементы креатива и (или) искусства, например виртуальной реальности, музыки и др. Однако если ставить вопрос о важности использования элементов креатива, то следует понимать, что *smart*-идеи в цифровом маркетинге нужно преломлять сквозь призму рыночных бизнес-процессов и встраивать в наиболее подходящие мероприятия. Отдельные меры в составе комплексных мероприятий цифрового маркетинга также должны иметь цели несмотря на то, что будут являться подчиненными и могут существенно отличаться по форме и содержанию.

Внедрение цифровизации в маркетинг усиливает возможности и изменяет подходы к формированию комплексных маркетинговых мер, наделяя их способностью быть мобильными и гибкими, проследить пути потенциальных потребителей, расширять географию и масштаб рынков. Бизнес-модели цифровых платформ, объединяющие производителей, посредников и потребителей, влияют на развитие функций, методов и инструментов цифрового маркетинга.

Таким образом, цифровизация обеспечивает условия для инновационного развития маркетинговой деятельности. Комплексные меры цифрового маркетинга представляются целенаправленными и управляемыми процессами, обращенными на исполнение основных функций маркетинга, которые происходят в цифровом пространстве с приложением разных цифровых каналов и инструментов. Формирование комплексных мер цифрового маркетинга предполагает наличие целей, а также определение преимуществ и недостатков цифровых каналов и инструментов. Завершая анализ особенностей развития цифрового маркетинга, сделаем следующие выводы:

- мероприятия цифрового маркетинга под влиянием цифровизации прогрессируют;
- классы инструментов цифрового маркетинга имеют вариативный состав и тенденцию к расширению;
- формирование комплексных мероприятий цифрового маркетинга предполагает установление преимуществ и недостатков цифровых каналов и инструментов, планируемых к использованию, что позволит учреждать действенные меры, включая способы оценки их эффективности;
- методы решения стратегических задач маркетинга подразумевают использование цифровых каналов и инструментов.

Подводя итоги анализа особенностей развития цифрового маркетинга, отметим, что цифровизация обеспечивает маркетинг возможностями для принятия вызовов цифровой эпохи и формирует его высокую транзитивность.



## Библиографические ссылки

1. Трофимов ВВ, редактор. *Информационные системы и технологии в экономике и управлении*. Москва: Высшее образование; 2006. 480 с.
2. Козырев АА. *Информационные технологии в экономике и управлении*. Санкт-Петербург: Издательство В. А. Михайлова; 2000. 360 с.
3. Головенчик ГГ. *Цифровизация белорусской экономики в современных условиях глобализации*. Минск: Издательский центр БГУ; 2019. 257 с.
4. Котлер Ф. *Основы маркетинга. Краткий курс*. Бобров ВБ, переводчик; Пенькова ЕМ, редактор. Москва: ВИЛЬЯМС; 2007. 656 с.
5. Данько ТП, Китова ОВ. Вопросы развития цифрового маркетинга. *Проблемы маркетинга. Логистика*. 2018;62(12): 261–265.
6. Андреева ОД, Абрамова АН, Кухаренко ЕГ. Развитие использования цифрового маркетинга в мировой экономике. *Российский внешнеэкономический вестник*. 2015;4:24–41.
7. Вирин ФЮ. *Интернет-маркетинг: полный сборник практических инструментов*. Москва: Эксмо; 2010. 224 с.
8. Кашин АЛ. Особенности современных инструментов цифрового маркетинга. *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2018;2:65–67.
9. Мalyutin Д. 7 обязательных элементов digital-стратегии. *Executive.ru* [Интернет]. 2017 [протитировано 10 сентября 2020 г.]. Доступно по: <https://www.e-xecutive.ru/management/marketing/1986286-7-obyazatelnyh-elementov-digital-strategii>.
10. Селиверстов АС, Митрофанов ДЕ, Буцкая АА, Евстратов АД, Николаева КА. Digital-маркетинг: что это такое? *Молодой ученый* [Интернет]. 2017 [протитировано 10 сентября 2020 г.];6(140):289–291. Доступно по: <https://moluch.ru/archive/140/39450>.
11. Бенеvская АА, Никищенко ДВ, Раскина СА. Важность цифрового маркетинга для бизнеса [Интернет]. В: Скорикова ЕН, редактор. *Наука. Образование. Инновации. Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции; 13 января 2020 г.; Анапа, Россия*. Анапа: НИЦ ЭСП в ЮФО; 2020 [протитировано 10 сентября 2020 г.]. с. 7–12. Доступно по: <https://innova-science.ru/wp-content/uploads/2020/01/sbornik-nauchnyh-trudov-13.01.2020-noi-14.pdf>.

## References

1. Trofimov VV, editor. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii v ekonomike i upravlenii* [Information systems and technologies in economics and management]. Moscow: Vysshee obrazovanie; 2006. 480 p. Russian.
2. Kozyrev AA. *Informatsionnye tekhnologii v ekonomike i upravlenii* [Information technologies in economics and management]. Saint Petersburg: Izdatel'stvo V. A. Mikhailova; 2000. 360 p. Russian.
3. Golovenchik GG. *Tsifrovizatsiya belorusskoi ekonomiki v sovremennykh usloviyakh globalizatsii* [Digitalisation of the Belarusian economy in modern conditions of globalisation]. Minsk: Izdatel'skii tsentr Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta; 2019. 257 p. Russian.
4. Kotler Ph, Armstrong G. *Marketing an introduction*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.; 1987. 595 p.  
Russian edition: Kotler Ph. *Osnovy marketinga. Kratkii kurs*. Bobrov WB, translator; Pen'kova EM, editor. Moscow: VIL'YAMS; 2007. 656 p.
5. Danko TP, Kitova OV. [Questions of digital marketing development]. *Problemy marketinga. Logistika*. 2018;62(12):261–265. Russian.
6. Andreeva OD, Abramova AN, Kukhareno EG. [Development of the use of digital marketing in the economy]. *Russian Foreign Economic Journal*. 2015;4:24–41. Russian.
7. Virin FYu. *Internet-marketing: polnyi sbornik prakticheskikh instrumentov* [Internet marketing: a complete collection of practical tools]. Moscow: Eksmo; 2010. 224 p. Russian.
8. Kashin AL. [Features of modern digital marketing tools]. *International journal of applied sciences and technologies «Integral»*. 2018;2:65–67. Russian.
9. Malyutin D. [7 mandatory elements of a digital strategy]. *Executive.ru* [Internet]. 2017 [cited 2020 September 10]. Available from: <https://www.e-xecutive.ru/management/marketing/1986286-7-obyazatelnyh-elementov-digital-strategii>. Russian.
10. Seliverstov AS, Mitrofanov DE, Butskaya AA, Evstratov AD, Nikolaeva KA. [Digital marketing: what is it?]. *Molodoi uchenyi* [Internet]. 2017 [cited 2020 September 10];6(140):289–291. Available from: <https://moluch.ru/archive/140/39450>. Russian.
11. Benevskaya AA, Nikishenko DV, Raskina SA. [The importance of digital marketing for business] [Internet]. In: Skorikova EN, editor. *Nauka. Obrazovanie. Innovatsii. Sbornik nauchnykh trudov po materialam XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; 13 yanvarya 2020 g.; Anapa, Rossiya* [The science. Education. Innovation. Collection of scientific papers based on the materials of the 14<sup>th</sup> International scientific and practical conference; 2020 January 13; Anapa, Russia]. Anapa: Nauchno-issledovatel'skii tsentr ekonomicheskikh i sotsial'nykh protsessov v Yuzhnom federal'nom okruge; 2020 [cited 2020 September 10]. p. 7–12. Available from: <https://innova-science.ru/wp-content/uploads/2020/01/sbornik-nauchnyh-trudov-13.01.2020-noi-14.pdf>. Russian.

Статья поступила в редколлегию 24.09.2020.  
Received by editorial board 24.09.2020.

## ВЕРТИКАЛЬНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В КОНЦЕПЦИИ ЦЕПОЧЕК ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ

П. Е. РЕЗКИН<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Полоцкий государственный университет,  
ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк, Беларусь

Описана современная динамично развивающаяся концепция управления цепочками добавленной стоимости. Отмечается, что цель управления последними заключается в выстраивании бизнес-процессов в распределенных производственных системах (бизнес-системах), выпускающих конечную продукцию. Оно ориентировано как на обеспечение финансовой устойчивости и конкурентоспособности предприятий-участников, так и на экономическое развитие регионов их базирования, включая национальную экономику. Рассмотрены подходы к управлению цепочками добавленной стоимости (маркетинговый, сетевой, международного разделения труда). Предложены варианты общих управленческих решений. Изучены виды и формы вертикальной интеграции, выделены ее основные стратегии (нижний и верхний пути промышленного развития), выявлены и систематизированы преимущества и недостатки вертикально интегрированных структур.

**Ключевые слова:** цепочка добавленной стоимости; вертикальная интеграция; производственные структуры; стратегии интеграции; промышленное развитие.

**Благодарность.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант «Наука М Г19М-143»).

## VERTICAL INTEGRATION IN THE CONCEPT OF VALUE CHAINS

P. E. REZKIN<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Polotsk State University, 29 Blahina Street, Navapolack 211440, Belarus

The article is devoted to the modern dynamically developing concept of value chain management. The goal of value chain management is to build business processes in distributed production systems (business systems) that produce final products, aimed both at ensuring the financial stability and competitiveness of participating enterprises, and at the economic development of the regions where they are based, including the national economy. The study examines the main approaches to managing value chains (marketing, network, international division of labour). The author proposed several options for general management decisions, studied the types and forms of vertical integration, highlighted the main strategies of vertical integration: «the lower road to competitiveness», «high road to competitiveness», identified and systematised advantages and disadvantages of vertically integrated structures.

**Keywords:** value chain; vertical integration; production structures; integration strategies; industrial development.

**Acknowledgements.** The research was carried out with financial support of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (grant «Science M Г19М-143»).

### Образец цитирования:

Резкин ПЕ. Вертикальная интеграция в концепции цепочек добавленной стоимости. Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2021;1:109–119.

### For citation:

Rezkin PE. Vertical integration in the concept of value chains. Journal of the Belarusian State University. Economics. 2021; 1:109–119. Russian.

### Автор:

**Петр Егорович Резкин** – кандидат экономических наук, доцент; директор Института повышения квалификации и переподготовки.

### Author:

**Petr E. Rezkin**, PhD (economics), docent; director of the Institute for advanced studies and retraining.  
p.rezkin@psu.by  
<https://orcid.org/0000-0003-2877-1272>



## Введение

Как показывает мировой опыт, производитель повышает экономический эффект, если реализует не сырье, а продукты его переработки. Именно по этой причине большинство отраслей промышленности в высокоразвитых странах, прежде чем экспортировать продукцию, особое внимание уделяют комплексной переработке сырья. Данное явление характерно не только для крупных хозяйствующих субъектов (далее – ХС), но и для представителей малого и среднего бизнеса.

На современном этапе глобальная экономическая система вступила в период новой реальности, которая характеризуется дифференциацией темпов экономического роста среди высокоразвитых и развивающихся стран, ужесточением конкуренции, высокой неопределенностью направлений эволюции и т. д.

Вследствие происходящих процессов увеличилась вероятность кризисных явлений как на макро-, так и микроуровнях экономики, возросли роль и значимость риска как основного фактора развития и функционирования экономических систем.

Белорусская экономика уже смогла в достаточной мере ощутить новые условия, испытав валютный кризис и другие финансовые трудности. Сегодня привычные методы менеджмента могут стать малоэффективными либо неэффективными. Реальность требует новых, более действенных инструментов.

Одним из них является управление цепочками добавленной стоимости (далее – ЦДС), предложенное профессором Гарвардской школы бизнеса М. Портером [1]. Суть данного инструмента сводится к проектированию замкнутых бизнес-процессов, охватывающих стадии обеспечения предприятий-производителей материально-сырьевыми ресурсами, собственно производства и доведения конечной продукции для потребителей, в целях обеспечения стабильного и эффективного функционирования предприятий, а также предотвращения и преодоления кризисных тенденций в экономике [2, с. 80].

Большая часть белорусских ХС специализируется на определенных стадиях производства конечной продукции (поставке сырья и материалов, сборочном производстве комплектующих и т. д.). По этой причине ЦДС включает в себя группу самостоятельных ХС, как правило, вертикально не интегрированных.

Таким образом, целью управления ЦДС является построение бизнес-процессов в распределенных производственных системах (бизнес-системах), выпускающих конечную продукцию. Оно ориентировано как на обеспечение финансовой устойчивости и конкурентоспособности предприятий-участников, так и на экономическое развитие регионов их базирования, включая национальную экономику. Конечным результатом данного процесса может быть достижение наилучшего финансового результата (коммерческая эффективность), который приведет к созданию новых рабочих мест, внесет определенный вклад в рост валового внутреннего (регионального) продукта и чистого экспорта (макроэкономическая эффективность), снизит риск неплатежеспособности, финансовой неустойчивости и убыточности ХС (антикризисная эффективность).

## Результаты исследования и их обсуждение

Следует отметить, что в рыночной среде актуализируется проблема формирования такой ЦДС продукта, которая, с одной стороны, позволит ХС повысить собственную экономическую эффективность, а с другой – не обременит его выполнением несвойственных видов деятельности и не снизит эффекта специализации. Необходимо создать ЦДС, которая будет способна удовлетворить экономические интересы как внутренних ее участников (собственников, работников и др.), так и внешних (поставщиков, покупателей, государства и др.).

Наиболее распространены в рамках управления ЦДС следующие механизмы:

- принятие решения о собственном производстве;
- работа в качестве субподрядчика на давальческом сырье;
- поиск субподрядчиков среди отечественных и зарубежных ХС;
- выделение отдельных производственных процессов и их перенос в другие регионы;
- создание и размещение новых ХС, которые будут специализироваться на определенных стадиях производства конечной продукции;
- формирование сетей послепродажного обслуживания;
- создание отраслевых логистических систем и др.

В мировой теории и практике управления концепция ЦДС еще только формируется. В связи с этим можно выделить несколько подходов к ее управлению (табл. 1).

Таблица 1

## Подходы к управлению ЦДС

Table 1

## Approach to value chain management

| Подход                             | Описание                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Маркетинговый                      | Акцент на учете потребительских предпочтений в производстве продукции и доведении ее до конечного потребителя                                                                                                                       |
| Сетевой                            | Функционирование и развитие ХС на основе аутсорсинга, формирования сетевых структур (холдингов, кластеров и др.) и других интегрированных объединений                                                                               |
| Международного распределения труда | Исследование модели международного разделения труда, в результате реализации которой промышленно развитые страны размещают производственные мощности в периферийных странах; создание стратегических альянсов, совместные инновации |

Многие авторы, например профессор Ю. А. Лебедев [3] и доцент У. С. Бабкина<sup>1</sup>, в сфере управления группой ХС выделяют три концепции:

- проектного управления;
- кластерного управления;
- процессного управления.

Их описание приведено в табл. 2.

Таблица 2

## Концепции управления группой ХС в рамках ЦДС

Table 2

## Management concepts for a group of business entities within the value chain management

| Концепции                        | Краткое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Концепция проектного управления  | Основоположники – Ф. Тейлор, Г. Форд, А. Файоль, Г. Гантт.<br>Ориентирована на достижение эффективных результатов путем реализации успешных проектов, программ, портфелей заказов с применением принципов и методов проектного управления.<br>Отличительные особенности: ограниченный срок проекта, значительные риски, большое количество изменений, формирование команды для одного проекта [3, с. 487]                                                                                                                                                                                                                                   |
| Концепция кластерного управления | Основоположник – М. Портер <sup>2</sup> [1].<br>Позволяет повысить конкурентоспособность как отдельного региона, отрасли, участника кластера, так и всего государства, а также достичь определенных преимуществ: в обеспечении доступа к специализированным факторам производства при наличии в регионе конкурентоспособных поставщиков и смежных отраслей; в накоплении специальной информации (знаний) путем наблюдения за деятельностью других участников кластера, что даст возможность своевременно реагировать на нужды потребителей; во взаимодополнении видов деятельности, что повышает эффективность и качество работы [4, с. 28] |
| Концепция процессного управления | Основоположники – А. Смит, Ф. Тейлор, А. Файоль и др.<br>Рассматривает ХС как совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов, конечная цель которых – выпуск продукции.<br>На процессном подходе основано множество современных управленческих методик: концепция «Шесть сигм», реинжиниринг, стандарты ISO 9001:2000, бережливое производство, система сбалансированных показателей и др. [5, с. 178]                                                                                                                                                                                                                                       |

<sup>1</sup>Бабкина У. С. Управление предприятиями атомной энергетики в крупном промышленном центре : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. Н. Новгород, 2015. 158 с.

<sup>2</sup>Определил кластер как группу территориально соседствующих взаимосвязанных компаний, предприятий и организаций, объединенных инновационной программой внедрения передовых производственных и инжиниринговых технологий в целях повышения конкурентоспособности участников кластера.



Практическая реализация концепции управления ЦДС возможна только при исследовании всей производственной цепочки, включая поставщиков сырья, производителей, торговых посредников и другие субъекты (отраслевые рынки, корпоративные и сетевые структуры, каналы продвижения продукции и др.), а не отдельные ХС.

Рассматривая последние в аспекте представленных концепций, можно выделить несколько общих управленческих решений:

- 1) выбор стратегии интеграции производственных цепочек;
- 2) разработка механизмов участия субъектов малого бизнеса в производстве и реализации продукции отечественного производства;
- 3) создание высококонкурентной среды, минимизация затрат ХС и максимизация потребительской ценности для покупателя.

В настоящее время в Республике Беларусь большинство ХС функционируют в режиме организационного разделения, т. е. каждое звено ЦДС руководствуется личными экономическими интересами. Построить единую экономическую политику можно только на базе общих интересов. Одним из путей решения этой сложной задачи является интеграция всей ЦДС. Несмотря на различия интеграционных структур (далее – ИС), их объединяет одна задача – построение экономического механизма, который позволит создать условия взаимодействия всех участников процесса в рамках ЦДС. Так, по мнению доктора экономических наук, профессора Г. А. Яшевой<sup>3</sup>, можно выделить два вида ИС: вертикальные и горизонтальные. Среди них различают мягкие структуры (кластеры, консорциумы, синдикаты, картели, стратегические альянсы, пулы, совместные программы, ассоциации, сетевую интеграцию, предпринимательские союзы) и жесткие структуры (концерны, тресты, холдинги, финансово-промышленные группы, транснациональные корпорации).

Отличие мягких структур от жестких, на взгляд У. С. Бабкиной, состоит в том, что ХС получают выгоду за счет использования вертикальной и горизонтальной кооперации и интеграции, развития формальных и неформальных отношений между членами, снижения рисков, децентрализации управления в рамках объединения. Создание мягких структур не влечет потерю самостоятельности ХС, способствует сетевому сотрудничеству участников<sup>4</sup>.

Рассматривая интеграционные процессы, следует разграничить понятия «кооперация» и «интеграция». В экономической литературе кооперация трактуется как сотрудничество. Интеграция – это сочетание специализации, концентрации, кооперации и комбинирования производства, т. е. процесс сближения и постепенного объединения отраслей и ХС, которые взаимодействуют технологически и объективно, ориентированы на сочетание материальных интересов в процессе производства и реализации конечной продукции.

Исследованием интеграции активно занимаются как зарубежные, так и отечественные ученые. В настоящее время в Беларуси изучены следующие направления в данной области:

- важность и преимущества ИС: оптимизация издержек (бухгалтерских и транзакционных), получение эффекта синергии, финансового рычага, повышение финансовой устойчивости ХС, оптимизация налоговой нагрузки и др. (указанной тематике свои работы посвятили В. Г. Гусаков, М. В. Мясникович, М. И. Какора, В. М. Жудро, Л. В. Метрик и др.);
- этапы становления ИС в СССР и Республике Беларусь (Н. В. Ермалинская, М. И. Запольский и Ю. Жарикова, А. А. Гайдуков и др.);
- проблемы формирования ИС: установление оптимального уровня интеграции, поиск кадров, государственное управление (В. Г. Гусаков, М. В. Мясникович, Г. А. Яшева, Н. А. Бычков, М. И. Запольский и др.);
- вопросы кооперации, организация вертикального и горизонтального типов кооперации (А. А. Гайдуков, Л. В. Метрик, А. В. Казакевич и др.);
- формы ИС, проблемы их функционирования в Республики Беларусь (М. И. Какора, М. И. Запольский и др.);
- критерии определения предприятий-интеграторов (В. Г. Гусаков и др.);
- сущность, особенности и опыт функционирования кластеров за рубежом, создание кластерных структур в Республики Беларусь (Г. А. Яшева, В. Г. Гусаков, В. М. Жудро и др.).

В настоящее время особую популярность в Республике Беларусь приобрели сетевые структуры, имеющие форму мягкой интеграции. Сетевая структура, по мнению Ю. Г. Вайлуновой, это «форма мягкой интеграции субъектов хозяйствования, которая основана на формировании долговременных и устойчи-

<sup>3</sup>Яшева Г. А. Формирование и реализация кластерного подхода в управлении конкурентоспособностью предприятий легкой промышленности Республики Беларусь : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05. Минск, 2009. 53 с.

<sup>4</sup>Бабкина У. С. Управление предприятиями атомной энергетики в крупном промышленном центре : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. Н. Новгород, 2015. 158 с.

вых организационных, хозяйственных, производственно-кооперационных, информационных и других формах сотрудничества, партнерства и взаимоотношений предприятий, преимущественно неформальных, которые играют значимую роль при организации бизнес-структуры» [6, с. 38].

Важно разграничить понимание сетевых структур и концепции ЦДС с учетом пространственной организации, а также определить типологию территориальных производственных систем (рис. 1). Э. А. Карпов трактует производственную систему как «совокупность средств производства, материальных и трудовых ресурсов, предопределяемых производственной технологией преобразования материалов и комплектующих в конечный продукт хозяйственной организации» [7, с. 8].

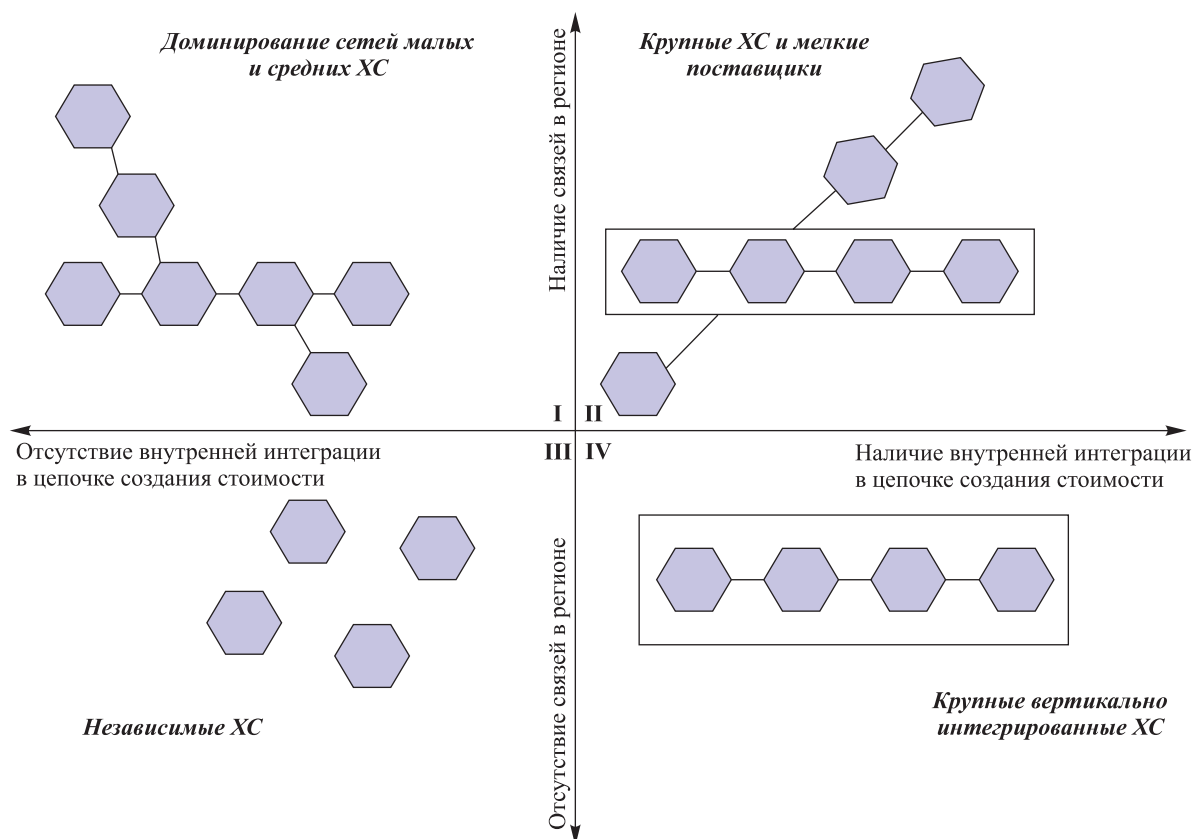


Рис. 1. Типология производственных структур

Fig. 1. Typology of production structures

Так, в I и II квадрантах представлена организация мягких ИС (сетевых структур, кластеров), здесь присутствует горизонтальная и горизонтально-вертикальная интеграция; в III квадранте (независимые ХС) интеграция отсутствует; в IV квадранте (вертикально интегрированные ЦДС) – интеграция вертикальная.

Вернемся к видам интеграции. Определим особенности их функционирования, преимущества и недостатки. Как отмечает доктор экономических наук, профессор, академик НАН Беларуси В. Г. Гусаков, горизонтальная интеграция – это «внутриотраслевое кооперирование предприятий и производств одной или нескольких подотраслей, обеспечивающее углубление специализации отдельных звеньев единого технологического процесса» [8, с. 10]. Под вертикальной интеграцией стоит понимать «межотраслевое кооперирование и комбинирование организаций и производств различных отраслей, обеспечивающее оптимальное прохождение товарной массы в едином технологическом процессе из одной фазы производства в другую» [9, с. 21]. Следует отметить, что и горизонтальная, и вертикальная интеграция снижают издержки, повышают эффективность производства, качество выпускаемой продукции и т. д.

В истории экономического развития первые поглощения и слияния ХС происходили в форме горизонтальной интеграции, что приводило к господству монополий фактически в каждой отрасли. В свою очередь, монополии проявляли несостоятельность в виде быстрого роста бюрократических (управленческих) транзакционных издержек, зависимости от поставщиков ресурсов, которые через цену влияли на всю производственную цепочку, что могло привести к угнетению обрабатывающего и выпускающего производства. Кроме того, монополии порождали самовоспроизводящуюся инфляцию в результате



установления полного контроля над ценой и, как следствие, получения сверхприбыли. Все это привело к тому, что государство начало вмешиваться в деятельность таких ХС с помощью антимонопольного законодательства.

Дальнейшее развитие интеграционных процессов вызвало появление вертикальных объединений, слияний и поглощений, а также диверсификации (смешанной формы) ХС. Это обусловило доминирование нескольких ХС в отраслях.

Профессор С. С. Губанов еще в 1996 г. сформулировал закон вертикальной интеграции, который предписывает «нулевую рентабельность всех звеньев промежуточного производства ради максимума расширенного воспроизводства совокупной добавленной стоимости» [10, с. 14–15], т. е. вся последовательная производственная цепочка, начиная от поставок сырья и заканчивая произведенной конечной продукцией, может функционировать максимально эффективно только при получении прибыли по всем звеньям.

По мнению С. С. Губанова, вертикальная интеграция – это «воспроизводственная интеграция науки, добывающих и обрабатывающих производств со специализацией на выпуске конкретных видов конечной наукоемкой продукции» [11, с. 24].

Профессор С. А. Пелих одним из ключевых преимуществ вертикальной интеграции считает возможность ликвидации либо минимизации потерь, связанных с остановкой производственного процесса. Автор объясняет это наличием совместной выработанной стратегии и тактики интегрированного объединения, предсказуемостью его делового цикла.

Основными преимуществами вертикально интегрированных структур являются:

- минимизация и оптимизация затрат на выполнение полного производственного цикла;
- сокращение количества вынужденных остановок производственного процесса;
- возможность влияния на структуру и размер отрасли;
- обеспечение стабильности в поставках и реализации продукции;
- улучшение информационного обеспечения ИС;
- тесная технологическая взаимосвязь;
- возможность проведения комплексных научно-исследовательских работ и внедрения инноваций;
- стимулирование экономического роста ХС;
- повышение контроля качества выпускаемой продукции;
- построение оптимальной системы формирования добавленной стоимости;
- снижение транзакционных издержек;
- возможный рост инвестиций в ответ на снижение фактора неопределенности и др.

Важные исследования в области вертикально интегрированных структур в агропромышленном комплексе провел доктор экономических наук, профессор, академик НАН Беларуси Г. М. Лыч. По его мнению, «значение экономической интеграции состоит прежде всего в том, что она позволяет выстроить завершенную вертикально интегрированную цепочку по всему производственно-торговому циклу, охватывающему все стадии производства и реализации готового продукта, начиная от производства исходного сельскохозяйственного сырья и заканчивая продажей созданного на его основе готового продукта конечному потребителю через сеть розничной торговли» [12, с. 56].

Обобщив различные управленческие подходы и концепции применительно к ЦДС, а также рассмотрев виды и формы ИС, можно сформулировать ряд умозаключений:

- результатом взаимодействия между ХС – участниками интеграции всегда является создание бизнес-структуры;
- формирование ИС может быть выражено в форме жесткой и мягкой интеграции, т. е. как с объединением активов, так и без него;
- ИС строится на вертикальных, горизонтальных связях, что не исключает наличия обоих;
- ИС может основываться на сетевом сотрудничестве;
- партнерство выступает одним из критериев ИС.

Таким образом, наиболее подходящей формой реализации управленческих решений в рамках концепции ЦДС является вертикальная интеграция.

Тем не менее на данный момент в экономической науке нет общей теории вертикальной интеграции, ее существование объясняется с использованием различных теорий и подходов.

По мнению М. Аделман, ХС считается вертикально интегрированным, если в его рамках происходит перемещение товара, который может быть продан на рынке без дальнейшей переработки, т. е. предполагается полный контроль субъектом за всеми стадиями производства [13]. К. Харриген определяет вертикальную интеграцию как способ увеличения добавленной стоимости при создании продукта и продвижении его до конечного потребителя [14].

Однако в общем смысле интеграция означает процесс объединения усилий различных подсистем для достижения целей организации или внесения отдельных компонентов в определенную систему. Экономическая интеграция характеризуется формированием глубоких и устойчивых кооперативных связей между ХС и отраслями.

Итак, анализируя различные трактовки вертикальной интеграции, следует отметить весьма важный аспект, выделенный А. Игнатьюком и К. Столяровой [15, с. 20]. Вертикальная интеграция заключается в степени контроля одного ХС над другим, который возникает в результате взаимодействия различных стадий создания добавленной стоимости. Именно это придает особую актуальность вертикально интегрированным структурам в рамках концепции ЦДС, где происходит формирование добавленной стоимости путем ее присоединения к стоимости продукта при его перемещении и участии в производственном процессе по всей производственной цепи.

Вертикальная интеграция подразумевает охват единой иерархической системой всех стадий производства и распределения, а также замену «рыночных сделок внутрифирменными поставками» [16, с. 38].

Система, в которой ХС, занимающийся основным производством, контролирует других участников производственной цепи, которые, объединившись, стали более эффективными, по своей сути являются вертикально интегрированными структурами. В результате слияния производств экономический эффект многократно возрастает [17, с. 70].

Интеграция предполагает включение, привлечение, вращание. Этот процесс означает состояние связанности отдельных элементов системы в единое целое. Экономическая интеграция – высшая степень сотрудничества, при которой достигается объединение экономических субъектов, углубление их взаимодействия. При этом особую роль приобретает согласованное развитие элементов системы межотраслевого взаимодействия и обмена [18, с. 6].

Существует несколько видов и форм вертикальной интеграции (рис. 2).

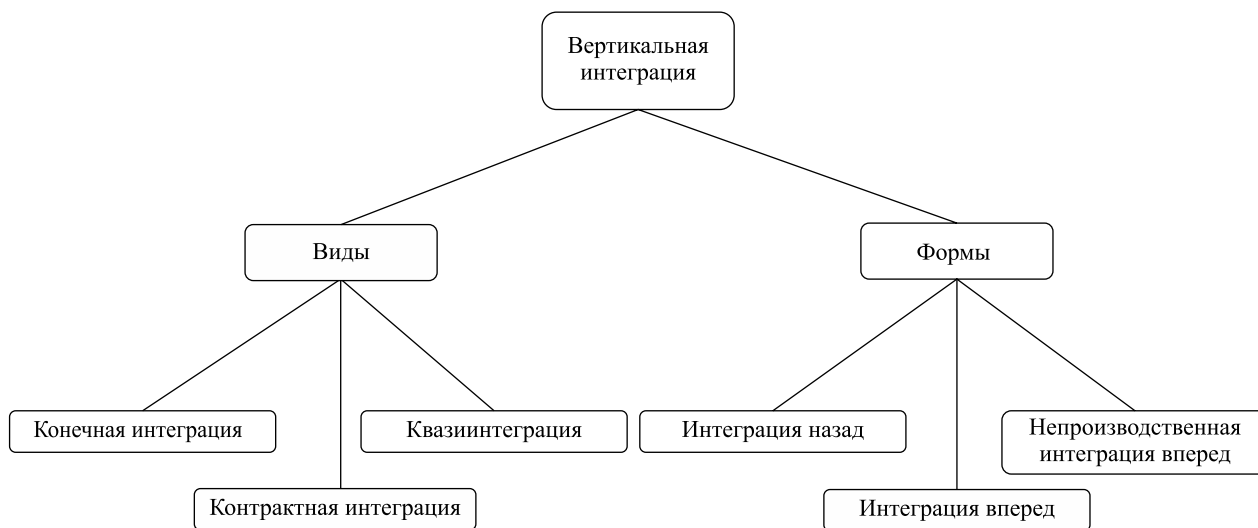


Рис. 2. Виды и формы вертикальной интеграции

Fig. 2. Types and forms of vertical integration

При выборе видов и форм интеграции составляется интеграционная стратегия. Для ее разработки ХС следует предпринять следующие шаги:

- 1) проанализировать исходную ситуацию;
- 2) оценить интеграционный потенциал;
- 3) установить цели;
- 4) определить необходимые меры;
- 5) распределить средства.

На первый план необходимо поставить вопрос о повышении конкурентоспособности объединяющихся субъектов. В этом отношении ключевую роль играют следующие меры: снижение расходов в результате увеличения масштабов производства, оптимизация загрузки производственных мощностей, повышение функциональности организационной культуры, улучшение практичности работы ХС, ориентация на заинтересованные группы потребителей.



Системы критериев, по которым следует выбирать тот или иной вид интеграции, в практике нет, поэтому решение в этом плане носит преимущественно интуитивный характер. Для любого ХС выбор формы и степени интеграции сугубо индивидуален. Многие эксперты не без оснований считают, что успех определяется прежде всего опытом партнеров.

В теории стратегического менеджмента существуют две стратегии вертикальной интеграции: идущая вперед и обратная. В первом случае производитель развивает производственную базу, контролирует производство сырья и комплектующих конечной продукции (интеграция назад). Во втором – развивает каналы распределения продукции, создает сеть розничной торговли (интеграция вперед) [19, с. 44]. В концепции управления ЦДС с двумя указанными стратегиями можно сопоставить два альтернативных пути достижения конкурентоспособности производственных систем:

- нижний путь промышленного развития: конкурентное преимущество достигается за счет сравнительно низкой стоимости труда или других производственных ресурсов, интеграции производителей с поставщиками сырья;

- верхний путь промышленного развития: ХС специализируются на технологических и организационных инновациях, достигая конкурентного преимущества за счет дифференциации продукта, повышения качества товара и сервиса, доминирования в сфере маркетинга и брендинга.

Выбор нижнего пути промышленного развития превращает факторы из конкурентных преимуществ в препятствия на пути к получению заказов на мировом рынке аутсорсинга. Несмотря на очевидную привлекательность данного варианта как временного способа использования имеющихся производственных ресурсов, он представляет опасность не только для ХС, но и для региона его местонахождения. Практика показывает, что преобладание стратегий нижнего пути промышленного развития в регионе может вызвать эффект «разоряющего роста», когда индустриализация в экономике, которая характеризуется увеличением объемов промышленного производства, занятости, а также объемов экспорта, может фактически ассоциироваться со снижением общих стандартов жизни населения.

Итак, функционирование вертикально интегрированных ХС приводит к повышению конкурентоспособности продукции, оптимизации затрат при производстве конечной продукции, содействию при введении инноваций.

Возникновение вертикальной интеграции определяют две группы факторов.

1. Внутри вертикально интегрированной структуры эффект всех операций выше, издержки ниже, чем при раздельном функционировании элементов. Это можно объяснить:

- снижением издержек, связанных с заключением контрактов и договоров;
- минимизацией неопределенности деятельности, что позволяет увеличить сроки действия различных соглашений и контрактов;
- возможностью снижения оппортунистического поведения (т. е. поведения, при котором одна из сторон – участников соглашения может изменить условия в одностороннем порядке, увеличивая полезность для себя и снижая ее для другого) в случае, когда один из участников соглашения не может определить, выполнил ли другой свои обязательства по контракту по причине недоступности информации, и т. д.

2. В рамках вертикально интегрированной структуры есть возможность увеличения размера прибыли за счет:

- сокращения эксплуатационных и (или) транспортных издержек, например, путем концентрации технологически связанных процессов в одном месте;
- организации технологической цепочки стадий производственного процесса в рамках одного ХС (предприятия, фирмы и т. д.) в том случае, если цены поставщиков ресурсов выше предельных издержек;
- использования существующего положения на рынке, эффективного распределения влияния на него между подразделениями ИС;
- самостоятельного производства ХС необходимых ресурсов в случае монополизированного предложения (причем цена произведенного самостоятельно ресурса ниже монопольной);
- самостоятельного производства ХС конечного продукта при монополии спроса на ресурс;
- оптимизации усилий всех участников ИС с позиции максимизации совокупной прибыли и т. д. [20, с. 147].

В табл. 3 приведены преимущества и недостатки вертикально интегрированных структур.

## Преимущества и недостатки вертикально интегрированных структур

Table 3

## Advantages and disadvantages of vertically integrated structures

| Вертикально интегрированные структуры                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Достоинства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гарантированные поставки, создающие условия для воздействия на поставщика относительно уровня качества, эффективного использования ресурсов и минимизации запасов.</li> <li>2. Снижение расходов на поиски ресурсов, отвечающих требованиям производства.</li> <li>3. Возможности расширения масштабов производства.</li> <li>4. Стабильность «входов/выходов», которая позволяет акцентировать деятельность на совершенствовании производственного потенциала и развитии социальной сферы ХС.</li> <li>5. Взаимовлияние по всей технологической цепочке «поставщик – производитель – потребитель», достижение синергетического эффекта.</li> <li>6. Возможность создания инновационных продуктов.</li> <li>7. Ценовые преимущества в системе распределения.</li> <li>8. Дополнительная экономия, которая заключается в координации и управлении.</li> <li>9. Снижение затрат на транспортировку, эффективное использование мощностей.</li> <li>10. Уменьшение расходов на совершение сделок и получение выгоды от стабильных связей.</li> <li>11. Участие в стратегии дифференциации с помощью контроля большей части ЦДС.</li> <li>12. Возможность создания сбытовой сети.</li> <li>13. Сокращение транзакционных издержек, позволяющее ХС повысить общую прибыль за вложения</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличение расходов на содержание органов, отвечающих за вертикальную интеграцию.</li> <li>2. Заложенная тенденция к росту пропорции постоянных расходов.</li> <li>3. Потеря гибкости при изменении технологии и спроса.</li> <li>4. Ложное чувство безопасности, обусловленное гарантированным сбытом.</li> <li>5. Рост расходов в случае дорогих внутренних источников поставок.</li> <li>6. Вероятность снижения стратегической маневренности, возможность переоценки активов приобретенного ХС.</li> <li>7. Ущерб акционерам через направление свободных денежных средств на приобретение других ХС, рост расходов на управление, контроль и др.</li> <li>8. Вероятность подавления конкуренции, опасность навязывания крупными вертикально интегрированными структурами своей воли государству, снижение объема налоговых отчислений.</li> <li>9. Повышение рискованности вертикально интегрированных структур.</li> <li>10. Использование необоснованных вариантов интеграции и создания крупных неуправляемых формирований.</li> <li>11. Представление о стабильности состояния ХС, не соответствующее его реальной конкурентоспособности</li> </ol> |

Таким образом, ЦДС можно рассматривать как единый производственно-сбытовой цикл создания и реализации продукта (товара, услуги), который начинается с первичного поставщика (добыча или переработка материально-технических ресурсов) и заканчивается конечным потребителем (завершение цикла оборота товаров). Практическая реализация данной концепции возможна только при исследовании всей производственной цепочки, включая поставщиков сырья, производителей, торговых посредников и другие субъекты (отраслевые рынки, корпоративные и сетевые структуры, каналы продвижения продукции и др.), а не отдельные ХС.

Несомненно, правильно выстроенная, действенная, продуктивная ЦДС – основа стабильного и эффективного функционирования ХС, отрасли и государства в целом. Именно данная концепция является одним из ключевых инструментов в преодолении кризисных явлений в белорусской экономике.

Существует несколько вариантов действий применительно к функционирующим в экономике ЦДС [19, с. 45]:

1) поддержание текущего функционирования ЦДС. Она эффективна, поэтому изменения не требуются;

2) изменение ЦДС путем ее продления. Это процесс формирования взаимодействий, общих интересов, ресурсов между отделами ХС, звеньями ЦДС по технологической цепи в целях развития связей по разработке, производству и формированию стоимости, а также реализации и доставке потребителю конечного продукта (ценности);

3) изменение ЦДС путем ее развития. Это процесс формирования взаимодействий, общих интересов и ресурсов между ХС, которые косвенно участвуют в ЦДС: конкурентами, учебными заведениями, маркетинговыми агентствами и др.



Представленные варианты изменения ЦДС могут способствовать формированию интеграционных стратегий для ХС на основе продления либо развития (расширения) стоимостной цепочки.

Интеграция, как процесс, обладает рядом преимуществ. Функционирование вертикально интегрированных ЦДС обеспечивает повышение конкурентоспособности ХС, оптимизацию затрат при производстве конечной продукции, содействие при введении инноваций.

Следует отметить, что выработка эффективной стратегии интеграции требует определенной последовательности действий от ХС:

- определение места ХС в рамках ЦДС, т. е. возможностей интеграции при сопоставлении роста масштаба деятельности и прироста эффективности;
- оценка экономической эффективности интеграции;
- расчет синергетического эффекта ИС, что обеспечивается упорядоченностью системы, построением единых бизнес-процессов, информационных систем и т. д., что позволит активизировать такие факторы синергии, как снижение издержек взаимодействия и увеличение эффективности использования активов.

Следует отметить, что это всего лишь общий порядок действий, который требует существенной доработки, выделения и апробации оценочных показателей и критериев эффективности.

### Заключение

Таким образом, выбор той или иной интеграционной стратегии ЦДС предопределяет эффективность функционирования не только самого ХС, но и региона его базирования. Вертикальная интеграция является одним из эффективных способов объединения ХС, который направлен на создание добавленной стоимости в рамках всей стоимостной цепочки. В настоящее время устойчивое функционирование интегрированных формирований требует совершенствования методики для расчета добавленной стоимости, до сих пор нет экономического обоснования и комплексного механизма интеграционных процессов.

Результаты исследования могут иметь конкретное применение, например, при разработке экономической политики государства, Программы развития промышленного комплекса Республики Беларусь, а также для дальнейшей научной работы в данной области.

### Библиографические ссылки

1. Портер МЭ. *Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость*. Москва: Альпина Бизнес Букс; 2006. 1020 с.
2. Резкин ПЕ. Применение концепции цепочек создания стоимости в отраслях топливной и нефтехимической промышленности Республики Беларусь. *Проблемы управления*. 2016;4:80–86.
3. Лебедев ЮА, Бабкина УС. Современные концепции управления группой предприятий одной отрасли экономики. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;1(часть 1):487.
4. Комина НВ. Эволюция теоретических представлений о кластерной форме организации производства. *Труд. Профсоюзы. Общество*. 2013;4:24–28.
5. Байков ДА, Стрельцова ЕВ, Чайка ВА, Широкова ГВ. Внедрение процессного подхода в российских компаниях. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8: менеджмент*. 2006;3:178–198.
6. Вайлунова ЮГ. Сетевые формы интеграции как направление повышения конкурентоспособности текстильной и швейной промышленности. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки*. 2014;5:38–45.
7. Карпов ЭА. *Организация производства и менеджмента*. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии; 2010. 768 с.
8. Гусаков ВГ. Правила эффективной организации кооперативно-интеграционных объединений. *Аграрная экономика*. 2009;7:10–17.
9. Гусаков ЕВ. Сущность и факторы развития кооперации и интеграции в АПК. *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук*. 2013;2:20–29.
10. Губанов С. Системный выбор России и уровень жизни. *Экономист*. 2011;11:3–55.
11. Губанов С. Неоиндустриализация плюс вертикальная интеграция (о формуле развития России). *Экономист*. 2008;9:3–27.
12. Лыч ГМ. Вертикальная агропромышленная интеграция: постановка проблемы. *Иппокрена*. 2013;2:56–71.
13. Adelman M. Concept and statistical measurement of vertical integration. In: Stigler GJ, editor. *Business Concentration and price policy*. Princeton: Princeton University Press; 1955. p. 281–330.
14. Harrigan KR. Vertical integration and corporate strategy. *The Academy of Management Journal*. 1985;28(2):397–425.
15. Ігнатюк А. Вертикально інтегровані структури на галузевих ринках України. *Вісник КНУ ім. Т. Е. Шевченка. Економіка*. 2009;109:19–23.
16. Грютер Х. Интеграция приобретенного предприятия в компанию. *Проблемы теории и практики управления*. 1993;6:37–39.
17. Исянбаев МН, Макулов АС. *Научные основы управления социально-экономическим развитием Республики Башкортостан*. Уфа: Еилем; 1998. 327 с.

18. Недоборовский АЛ, Райнсберг К, Хокманн Х, Шульце Э, Довженко ВА, Зинчук ТА и др. *Региональные аспекты аграрных преобразований: политика, реструктуризация, рыночная адаптация*. Халле: IAMO; 2003. 236 с.
19. Резкин ПЕ. Методика выявления наиболее продуктивных звеньев в цепочке создания стоимости топливной и нефтехимической промышленности. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки*. 2018;6:43–47.
20. Кожевников СА. Институциональные и экономические основы вертикальной интеграции. *Проблемы развития территории*. 2015;4:142–156.

## References

1. Porter ME. *Konkurentnoe preimushchestvo: kak dostich' vysokogo rezul'tata i obespechit' ego ustoichivost'* [Competitive advantage: how to achieve a high result and ensure its sustainability]. Moscow: Alpina Business Books; 2006. 1020 p. Russian.
2. Rezkin PE. Application of the concept of value chains in the fuel and petrochemical industries of the Republic of Belarus. *Management issues*. 2016;4:80–86. Russian.
3. Lebedev YuA, Babkina US. The modern concept of management of the group the same industry. *Modern problems of science and education*. 2015;1(part 1):487. Russian.
4. Komina NV. Evolution of theoretical ideas about the cluster form of organisation of production. *Trud. Profsoyuzu. Obshchestvo*. 2013;4:24–28. Russian.
5. Baikov DA, Streltsova EV, Chaika VA, Shirokova GV. [Implementation of the process approach in Russian companies]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Seriya 8: menedzhment*. 2006;3:178–198. Russian.
6. Vailunova YuG. Network forms of integration as a way for improving the competitiveness of the textile and clothing industry. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki*. 2014;5:38–45. Russian.
7. Karpov EA. *Organizatsiya proizvodstva i menedzhmenta* [Organisation of production and management]. Stary Oskol: Tonkie naukoemkie tekhnologii; 2010. 768 p. Russian.
8. Gusakov VG. [Rules of effective organisation of cooperative-integration associations]. *Agrarian economics*. 2009;7:10–17. Russian.
9. Gusakov EV. Essence and factors of development of cooperation and integration in the agroindustrial complex. *Proceedings of the National academy of sciences of Belarus. Agrarian Series*. 2013;2:20–29. Russian.
10. Gubanov S. Systemic choice of Russia and the standard of living. *Ekonomist*. 2011;11:3–55. Russian.
11. Gubanov S. Neoindustrialisation plus vertical integration (about the formula for the development of Russia). *Ekonomist*. 2008;9:3–27. Russian.
12. Lych GM. Vertical agro-industrial integration: problem statement. *Ippokrena*. 2013;2:56–71. Russian.
13. Adelman M. Concept and statistical measurement of vertical integration. In: Stigler GJ, editor. *Business concentration and price policy*. Princeton: Princeton University Press; 1955. p. 281–330.
14. Harrigan KR. Vertical integration and corporate strategy. *The Academy of Management Journal*. 1985;28(2):397–425.
15. Ignatyuk A. Vertically integrated structures on the Haluzevic markets of Ukraine. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics*. 2009;109:19–23. Ukrainian.
16. Gruter H. Integration of the acquired enterprise into the company. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. 1993;6:37–39. Russian.
17. Isyanbaev MH, Makulov AS. *Nauchnye osnovy upravleniya sotsial'no-ekonomicheskim razvitiem Respubliki Bashkortostan* [Scientific bases of management of social and economic development of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Eilem; 1998. 327 p. Russian.
18. Nedoborovskii AL, Rainsberg K, Khokmann Kh, Shul'tse E, Dovzhenko VA, Zinchuk TA, et al. *Regional aspects of agrarian reform: policy, restructuring, market adaptation*. Halle: Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe; 2003. 236 p. Russian.
19. Rezkin PE. Method of identification the most productive links in the value chain of the fuel and petrochemical industry. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki*. 2018;6:43–47. Russian.
20. Kozhevnikov SA. Institutional and economic foundations of vertical integration. *Problems of territories development*. 2015;4:142–156. Russian.

Статья поступила в редколлегию 28.08.2020.  
Received by editorial board 28.08.2020.

## АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ

### INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED IN BSU

УДК 336.7(075.8)

**Денежное обращение и кредит. II раздел. Деятельность центральных банков** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-25 01 04 «Финансы и кредит» / БГУ ; сост.: С. Н. Костюкова, В. П. Кунцевич. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 93 с. : табл. Библиогр.: с. 92–93. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/254040>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 14.01.2021, № 000214012021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Денежное обращение и кредит» предназначен для студентов специальности 1-25 01 04 «Финансы и кредит». Содержание ЭУМК предполагает освоение обучающимися основных подходов к изучению деятельности центральных банков.

УДК 336.743.23+339.722

**Михальский В. В. Серебро – Argentum** [Электронный ресурс] : ист. и экон.-фин. анализ / В. В. Михальский. Электрон. текстовые дан. Киев : [б. и.], 2020. 280 с. : ил. Библиогр. в конце глав. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/256714>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 26.02.2021, № 002326022021.

Серебро является одним из старейших драгоценных металлов, которые знало человечество. В монографии «Серебро – Argentum» рассматривается история использования серебра как монетарного эквивалента и как металла для производства ювелирных и бытовых изделий. Вместе с тем описан контроль государства за сохранением качества продаваемых на рынке изделий, а также определение объема и содержания серебра в различных странах. Проведен сравнительный анализ каратности существующих различных удельных весов в мире на протяжении столетий. Основываясь на выпуске денежных средств, исследовано введение серебряного стандарта, выявлены причины перехода от него к золотому и определено соотношение *золото – серебро*, которое является важным показателем на рынке драгоценных металлов. А также выяснено влияние мировой экономики на спотовую цену с 2008 по 2020 г. Рассмотрена инвестиционная привлекательность вложения денежных средств в ювелирные изделия, столовое серебро за одиннадцать лет на разных континентах, а также синтезированы факторы, влияющие на их приобретение. Кроме того, проведены анализ розничных инвестиций в монеты и сравнение их возможностей с раундами. Выявлены преимущества и недостатки вложения в монеты и слитки. Вместе с тем определены стандарты баров, которые имеются в наличии в мире. Проведено сравнение фондов, которые торгуют белым металлом.

УДК 005:004(075.8)

**Информационные системы организации** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-25 01 04 «Финансы и кредит» / БГУ ; сост. Н. Н. Васюкевич. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2020. 83 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 82–83. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257966>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 07.04.2021, № 003607042021.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов I ступени высшего образования специальности 1-25 01 04 «Финансы и кредит». Содержание ЭУМК предполагает

изучение информационных технологий автоматизации бизнес-процессов организации; принципов организации сетевой инфраструктуры, принципов организации и использования баз данных, информационных систем управления проектами; информационных систем взаимодействия с клиентами, информационных систем управления ресурсами организации (ERP-систем); подходов к проектированию информационных систем и обеспечению безопасности в функционировании информационной системы.

УДК 33:004(06)

**Цифровая трансформация – шаг в будущее** [Электронный ресурс] : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Минск, 22 февраля 2021 г. / БГУ ; редкол.: И. А. Карачун (отв. ред.), К. С. Разуванова, М. С. Шебалин. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2021. 165 с. : ил. Библиогр. в конце ст. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/259788>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 21.05.2021, № 005521052021.

В сборнике представлены материалы I Международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация – шаг в будущее» по следующим темам: IT-проекты и технологические инновации в условиях цифровой трансформации индустриального сектора; цифровая интеграция науки, образования, культуры и индустриального сектора; кадровые, управленческие и социально-экономические проблемы цифровой трансформации; цифровые финансы и цифровые учетные технологии; экономическая безопасность и защита информации в эпоху цифровизации; экономико-математическое моделирование процессов и объектов цифровой экономики.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Астраух Ю. Л.</i> Методология системного анализа конкурентного взаимодействия институциональной организации .....                                                             | 4   |
| <i>Боголюбская-Синякова Е. С.</i> Основные закономерности интенсивного пути производственного развития .....                                                                     | 13  |
| <i>Королева А. А.</i> От Монжа до современной оптимизации транспортных потоков.....                                                                                              | 26  |
| <i>Сувалов В. О.</i> К вопросу об оптимальном разделении совокупной выборки при машинном обучении .....                                                                          | 37  |
| <i>Быков А. А., Пархименко В. А., Мищенко А. А.</i> Анализ экономических показателей строительного сектора по данным межрегиональных таблиц «затраты – выпуск» <i>Eora</i> ..... | 46  |
| <i>Макаревич В. А., Минюкович Е. А., Мулярчик К. С.</i> Анализ и моделирование угроз информационной безопасности предприятия на основе универсального шаблона .....              | 57  |
| <i>Чурлей Э. Г.</i> Формирование системы мониторинга тренд-сигналов в организации процесса маркетингового информационного обеспечения .....                                      | 69  |
| <i>Головенчик Г. Г., Яньхай Хэ.</i> Новые бизнес-модели в условиях цифровой глобализации промышленности (опыт Китая).....                                                        | 86  |
| <i>Шестакова К. В., Карпенко Е. М.</i> Промышленное развитие и благосостояние страны: пример Беларуси.....                                                                       | 94  |
| <i>Колодник Т. Д.</i> Особенности цифрового маркетинга.....                                                                                                                      | 100 |
| <i>Резкин П. Е.</i> Вертикальная интеграция в концепции цепочек добавленной стоимости .....                                                                                      | 109 |
| Аннотации депонированных в БГУ работ.....                                                                                                                                        | 120 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Astraukh Yu. L.</i> Methodology of system analysis of competitive interaction of institutional organisation.....                                                 | 4   |
| <i>Bahaliubskaya-Siniakova K. S.</i> Basic laws of the intensive way of production development.....                                                                 | 13  |
| <i>Koroleva A. A.</i> From Monge to modern optimisation of transport flows .....                                                                                    | 26  |
| <i>Suvalov V. O.</i> To the question of optimal division of the full sample during machine learning.....                                                            | 37  |
| <i>Bykau A. A., Parkhimenka U. A., Mishchenko A. S.</i> Construction sector economic indicators' analysis using <i>Eora</i> multi-regional input-output tables..... | 46  |
| <i>Makarevich U. A., Miniukovich K. A., Mulyarchik K. S.</i> Organisation's information security threat analysis and modelling based on a universal canvas .....    | 57  |
| <i>Churlei E. G.</i> Formation of a monitoring system for trend signals in the organisation of the marketing information support process.....                       | 69  |
| <i>Goloventchik G. G., Yanhai He.</i> New business models in digital globalisation of industry (China experience) .....                                             | 86  |
| <i>Shestakova K. V., Karpenka E. M.</i> Industrial development and country's welfare: case of Belarus .....                                                         | 94  |
| <i>Kolodnik T. D.</i> Features of digital marketing.....                                                                                                            | 100 |
| <i>Rezkin P. E.</i> Vertical integration in the concept of value chains .....                                                                                       | 109 |
| Indicative abstracts of the papers deposited in the BSU.....                                                                                                        | 120 |

*Журнал включен Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим наукам.*

*Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).*

**Журнал Белорусского  
государственного университета.  
Экономика.  
№ 1. 2021**

Учредитель:  
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск.

Почтовый адрес: пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск.

Тел. (017) 259-70-74, (017) 259-70-75.

E-mail: [jecon@bsu.by](mailto:jecon@bsu.by)

URL: [journals.bsu.by/index.php/economy](http://journals.bsu.by/index.php/economy)

«Журнал Белорусского государственного  
университета. Экономика» издается с января 1969 г.

До 2017 г. выходил под названием «Веснік БДУ.

Серыя 3, Гісторыя. Эканоміка. Права»

(ISSN 2308-9172).

Редакторы *Е. В. Жерносек, А. С. Люкевич, В. В. Казакевич*  
Технические редакторы *Д. Ф. Когут, А. Ю. Лещинская*

Корректор *А. С. Горгун*

Подписано в печать 31.05.2021.

Тираж 100 экз. Заказ 237.

Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь».

ЛП № 02330/89 от 03.03.2014.

Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

© БГУ, 2021

**Journal  
of the Belarusian State University.  
Economics.  
No. 1. 2021**

Founder:  
Belarusian State University

Registered address: 4 Niezaliežnasci Ave.,  
Minsk 220030.

Correspondence address: 4 Niezaliežnasci Ave.,  
Minsk 220030.

Tel. (017) 259-70-74, (017) 259-70-75.

E-mail: [jecon@bsu.by](mailto:jecon@bsu.by)

URL: [journals.bsu.by/index.php/economy](http://journals.bsu.by/index.php/economy)

«Journal of the Belarusian State University. Economics»  
published since January, 1969.

Until 2017 named «Vesnik BDU.

Seryja 3, Gistoryja. Jekanomika. Prava»

(ISSN 2308-9172).

Editors *E. V. Zhernosek, A. S. Lyukevich, V. V. Kazakevich*  
Technical editors *D. F. Kogut, A. Y. Leshchinskaya*

Proofreader *A. S. Gorgun*

Signed print 31.05.2021.

Edition 100 copies. Order number 237.

Republican Unitary Enterprise  
«Informatsionno-vychislitel'nyi tsentr  
Ministerstva finansov Respubliki Belarus'»  
License for publishing No. 02330/89, 2014 March 3.  
17 Kal'varyjskaja Str., Minsk 220004.

© BSU, 2021