

# АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

УДК 338+658

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦИИ И СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Коды JEL: C60, D29, L22, O32

*Боев А. Г., кандидат экономических наук, заместитель руководителя АУ ВО «Аналитический центр правительства Воронежской области», г. Воронеж, Россия*

*E-mail: a\_boev@list.ru*

*SPIN-код: 4962-2898*

*Анисимов Ю. П., доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической безопасности, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия*

*E-mail: kafedra.ecbez@mail.ru*

*SPIN-код: отсутствует*

*Воронин С. И., кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической безопасности, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия*

*E-mail: profsiv@mail.ru*

*SPIN-код: отсутствует*

Поступила в редакцию 13.05.2022. Принята к публикации 22.05.2022

### Аннотация

*Предмет. Процессы функционирования, трансформации и стратегического развития промышленного комплекса под влиянием стратегии преобразований.*

*Тема. Имитационное моделирование трансформации и стратегического развития промышленного комплекса в условиях цифровой экономики.*

*Цели. Построение имитационной модели, воспроизводящей экономическую логику процесса функционирования промышленного комплекса и характеризующей силу влияния различных аспектов институциональных преобразований на результаты и показатели его развития.*

*Методология. Имитационное моделирование, корреляционно-регрессионный и статистический анализ, метод минимакса, теория графов.*

*Результаты. Сформирована авторская имитационная модель трансформации и развития промышленного комплекса, позволяющая моделировать финансовые результаты его преобразования на основе различных сценариев распределения ресурсов стратегии.*

*Область применения. Разработка и реализация стратегий и программ институциональной трансформации промышленных комплексов в условиях цифровой экономики.*

*Выводы. Сформированная имитационная модель показывает, что российская промышленность преимущественно следует по экстенсивному пути развития. Рост предприятий в основном достигается за счет инфраструктурной модернизации без проведения системных инновационных, цифровых, управленческих и иных изменений. Отечественным компаниям целесообразно скорректировать стратегические приоритеты и увеличить объемы финансирования мероприятий по институциональному преобразованию бизнеса в целях укрепления долгосрочной конкурентоспособности.*

*Ключевые слова: имитационное моделирование, стратегия преобразований, трансформация промышленного комплекса, цифровая экономика, развитие предприятий.*

## SIMULATION MODEL OF TRANSFORMATION AND STRATEGIC DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL COMPLEX

**JEL Codes:** C60, D29, L22, O32

**Boev A. G.**, candidate of economic sciences, deputy head AI VR «Analytical center for the government of the Voronezh region», Voronezh, Russia

E-mail: a\_boev@list.ru

SPIN-code: 4962-2898

**Anisimov Yu. P.**, doctor of economics, professor, professor of the Department of economic security, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

E-mail: kafedra.ecbez@mail.ru

SPIN-code: none

**Voronin S. I.**, candidate of economic sciences, professor, professor of the Department of Economic Security, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

E-mail: profsiv@mail.ru

SPIN code: none

### Annotation

**Subject.** *The process of functioning, transformation and strategic development of the industrial complex under the influence of the transformation strategy.*

**Topic.** *Simulation modeling of the transformation and strategic development of the industrial complex in the digital economy.*

**Goals.** *Construction of a simulation model that mathematically reproduces the economic logic of the process of functioning of the industrial complex and characterizes the strength of the influence of various aspects of institutional transformations on the results and indicators of its development.*

**Methodology.** *Simulation modeling, correlation-regression and statistical analysis, minimax method, graph theory.*

**Results.** *The author's simulation model of the transformation and development of the industrial complex has been formed, which allows modeling the financial results of its transformation on the basis of various scenarios for the allocation of strategy resources.*

**Application area.** *Development and implementation of strategies and programs for the institutional transformation of industrial complexes in the digital economy.*

**Conclusions.** *The formed simulation model shows that the Russian industry mainly follows an extensive path of development. The growth of enterprises is mainly achieved through infrastructural modernization without systemic innovation, digital, managerial and other changes. It is advisable for domestic companies to adjust strategic priorities and increase the amount of financing for institutional transformation of business in order to strengthen long-term competitiveness.*

**Key words:** *simulation modeling, transformation strategy, transformation of the industrial complex, digital economy, enterprise development.*

DOI: 10.22394/1997-4469-2022-57-2-152-162

### Введение

Использование методов имитационного моделирования открывает широкие возможности для анализа деятельности промышленного сектора России и последующего совершенствования его управленческой, функциональной, организационной и финансовой структуры [1].

Построение имитационной модели трансформации и развития индустриального комплекса позволяет глубже понять закономерности функционирования производственных

компаний, повысить качество принятия управленческих решений в реальном секторе экономики и сфокусировать ресурсы стратегий на финансировании важнейших направлений институциональных преобразований российских предприятий.

### Методология исследования

Авторы понимают под имитационной моделью трансформации и стратегического развития промышленного комплекса экономический алгоритм,

базирующийся на системе взаимосвязанных показателей, воспроизводящий логику процесса функционирования предприятия и позволяющий моделировать финансово-рыночные результаты его преобразования на основе различных сценариев распределения ресурсов стратегии.

Для формирования и использования имитационной модели авторами разработан 9-этапный алгоритм (рис. 1). Он позволяет построить экономически реалистичную модель преобразования промышленного комплекса на приемлемом уровне абстракции [1]. Проведем формирование имитационной модели согласно разработанному алгоритму.

*Этап № 1 — Определение базовой системы мер по трансформации и развитию промыш-*

*ленного комплекса, к которым должна быть чувствительна имитационная модель.* В своих работах авторами обосновано, что проведение институциональных преобразований на предприятиях должно осуществляться по следующим основным направлениям: 1) формирование эффективных институтов и культуры; 2) освоение новых компетенций; 3) создание инновационной экосистемы; 4) формирование цифровой платформы; 5) внедрение прогрессивных методов управления; 6) модернизация производства и продукции; 7) оптимизация оргструктуры; 8) реинжиниринг бизнес-процессов; 9) корректировка содержания и состава функций; 10) прочие мероприятия [2].

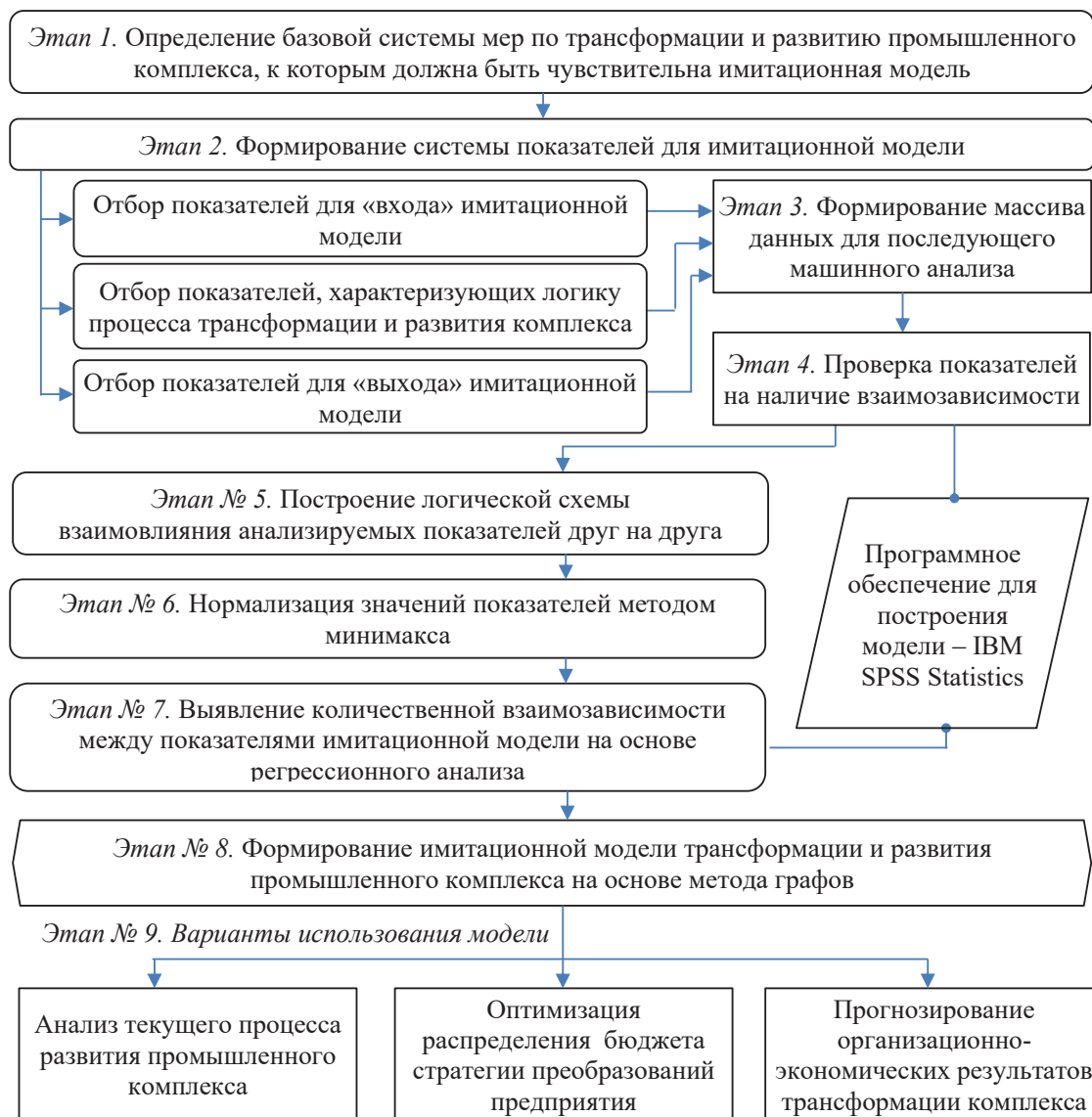


Рис. 1. Алгоритм формирования и использования имитационной модели трансформации и стратегического развития промышленного комплекса

Указанные меры являются «отправной точкой» для разработки имитационной модели. Визуализация сфер приложения и влияния обо-

значенных мер на промышленный комплекс представлена на рис. 2.

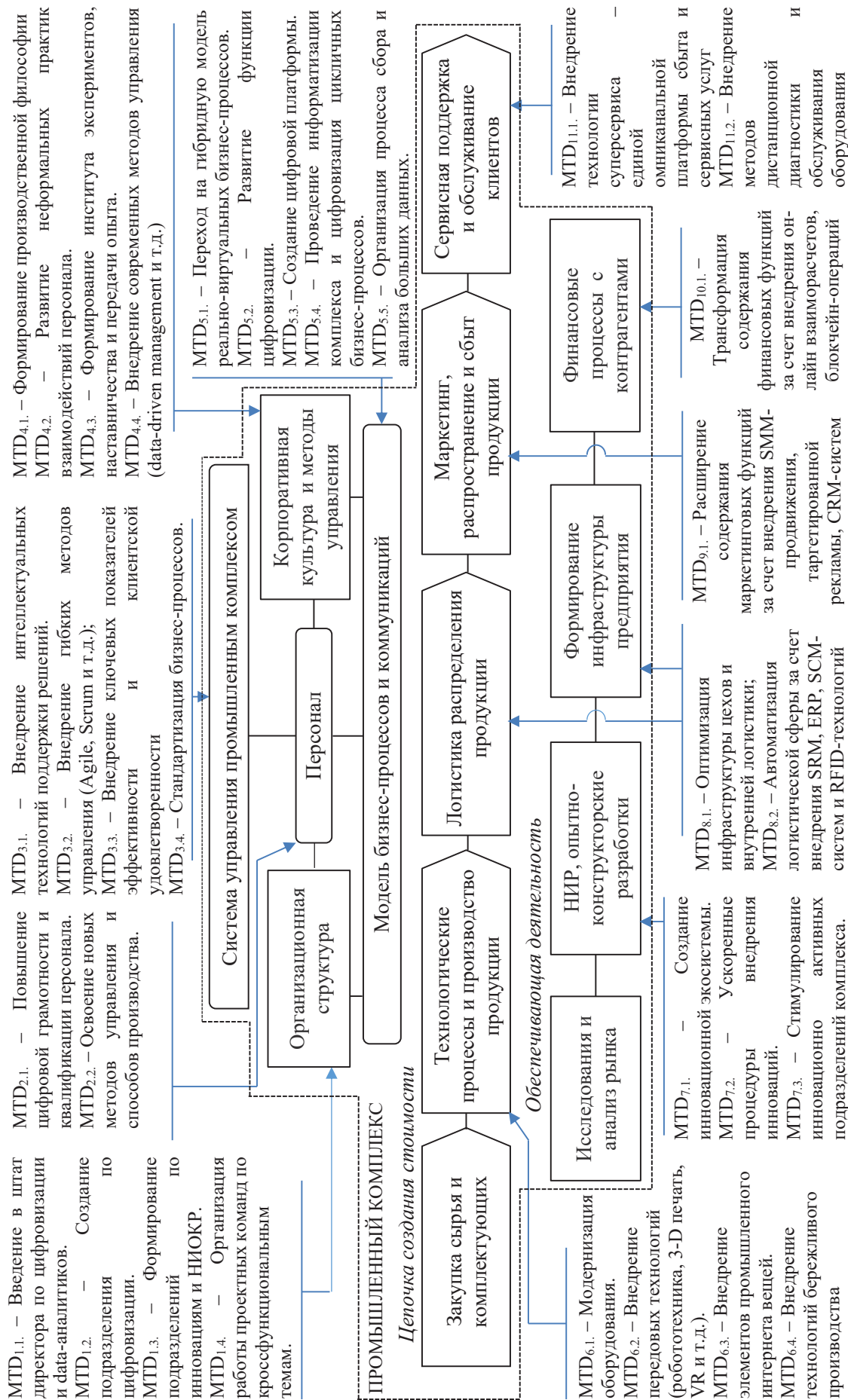


Рис. 2. Базовые меры по трансформации и развитию промышленного комплекса в условиях цифровой экономики

Этап № 2 — Формирование системы показателей для имитационной модели. Для построения модели авторами разработана система эко-

номических показателей, отражающих процесс функционирования и преобразования промышленности России в 2010—2020 гг. (таблица 1).

Таблица 1  
Показатели развития промышленности России. Фрагмент. Данные Росстат

№ п.п.	Показатель	Значения показателей по годам			
		2017	2018	2019	2020
<b>Показатели для «входа» имитационной модели</b>					
1	$Z_{mod}$ — Затраты на реконструкцию и модернизацию, млрд руб.	1170	1141	1218	1313
2	$Z_{it}$ — Затраты на ИКТ, млрд руб.	307	305	306	308
3	$Z_{sci}$ — Затраты на научные исследования и разработки, млрд руб.	310,8	309,4	329,9	329,2
4	$Z_{tec}$ — Затраты на технологические инновации, млрд руб.	848	887	984	1169
5	$Z_{mar}$ — Затраты на маркетинговые инновации, млрд руб.	3,3	2,4	2,6	2,8
6	$Z_{org}$ — Затраты на организационные инновации, млрд руб.	5,5	4,7	4,6	4,9
<b>Показатели, характеризующие логику процесса трансформации и стратегического развития промышленного комплекса в условиях цифровой экономики</b>					
7	$IR_{pr}$ — Объем отгруженных товаров, млрд руб.	20318	69621	72907	70288
8	$I_{pr}$ — Индекс промышленного производства, %	103,7	103,5	103,4	97,9
9	$K_{mf}$ — Коэффициент обновления основных фондов	10,4	9,8	9,9	9,7
10	$U_f$ — Степень износа основных фондов, %	49,5	50,8	51,3	52,1
11	$T_h$ — Число используемых передовых производственных технологий, тыс. ед.	194,4	204	211,9	186,3
12	$W_{pl}$ — Число высокопроизводительных рабочих мест	5447	5983	6332	6623
13	$Pt$ — Производительность труда, в % к предыдущему году	101,1	101,6	101,9	101,5
14	$SP$ — Себестоимость продукции, млрд руб.	48792	54260	58240	60142
15	$I_f$ — Индекс фондоотдачи	95,4	96,5	93,9	93,7
16	$IP$ — Объем инновационных товаров, млрд руб.	3403	3693	3872	3999
17	$DI$ — Удельный вес инновационных товаров в отгрузке	6,7	6	6,1	6,4
18	$P_{it}$ — Численность работников, использовавших ИКТ, тыс. чел.	7884	7911	7935	7954
<b>Показатели для «выхода» имитационной модели</b>					
19	$V$ — Выручка от продажи товаров, млрд руб.	61012	71387	73385	70787
20	$Pr$ — Прибыль до налогообложения, млрд руб.	6083	8879	8896	7301
21	$RA$ — Рентабельность активов (без МСП), %	6,9	7,3	7,4	7,1
22	$RP$ — Рентабельность продукции (без МСП), %	14,8	17,5	17,1	17,4
23	$DM$ — Доля рынка (для локальных промышленных комплексов)	-	-	-	-

Использование данных Росстата по промышленному сектору в целом позволяет повысить обоснованность и объективность имитационной модели, так как выборкой для применяемых значений экономических показателей выступают все индустриальные предприятия России, а не локальные и нерепрезентативные группы организаций или отдельные предприятия [2].

Взаимосвязь мер трансформации и стратегического развития промышленного комплекса и показателей имитационной модели представлена в табл. 2.

Этап № 3 — Построение логической схемы взаимовлияния анализируемых показате-

телей друг на друга. Указанная схема служит структурным концептом имитационной модели и должна отражать общую последовательность изменения финансово-хозяйственных параметров трансформации и развития промышленного комплекса под влиянием стратегии институциональных преобразований [2].

При построении логической схемы имитационной модели использована теория графов. В качестве вершин графа выступают показатели развития и трансформации промышленности, а в качестве ребер — направленные (векторные) связи между ними [3]. Граф имитационной модели представлен на рис. 3.

Взаимосвязь мер трансформации и стратегического развития промышленного комплекса и показателей имитационной модели. Фрагмент

Меры по трансформации и развитию промышленного комплекса (коды)	Показатели, на динамику которых влияют меры по трансформации и развития комплекса (коды)
MTD <sub>3,3</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>8,1</sub> , MTD <sub>9,1</sub> , MTD <sub>11,1</sub>	IR <sub>pr</sub>
MTD <sub>2,2</sub> , MTD <sub>3,3</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>8,1</sub>	I <sub>pr</sub>
MTD <sub>3,3</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>5,3</sub> , MTD <sub>9,1</sub> , MTD <sub>11,1</sub>	V
MTD <sub>3,3</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>5,3</sub> , MTD <sub>9,1</sub> , MTD <sub>11,1</sub>	Pr
MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>8,1</sub>	K <sub>mf</sub>
MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>8,1</sub>	U <sub>f</sub>
MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>1,2</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>5,3</sub> , MTD <sub>6,3</sub> , MTD <sub>11,2</sub>	T <sub>h</sub>
MTD <sub>1,4</sub> , MTD <sub>2,1</sub> , MTD <sub>2,2</sub> , MTD <sub>3,1</sub> , MTD <sub>4,1</sub> , MTD <sub>4,2</sub> , MTD <sub>4,4</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>5,3</sub> , MTD <sub>5,4</sub> , MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>6,1</sub>	W <sub>pl</sub>
MTD <sub>1,2</sub> , MTD <sub>1,4</sub> , MTD <sub>2,1</sub> , MTD <sub>2,2</sub> , MTD <sub>3,1</sub> , MTD <sub>3,2</sub> , MTD <sub>3,3</sub> , MTD <sub>3,4</sub> , MTD <sub>4,3</sub> , MTD <sub>4,4</sub> , MTD <sub>5,1</sub> , MTD <sub>5,3</sub> , MTD <sub>5,4</sub> , MTD <sub>5,5</sub> , MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>6,1</sub> , MTD <sub>6,3</sub> , MTD <sub>6,4</sub> , MTD <sub>7,1</sub> , MTD <sub>7,2</sub> , MTD <sub>7,3</sub> , MTD <sub>8,1</sub> , MTD <sub>11,1</sub>	Pt

Для «входа» имитационной модели выбрана группа показателей стратегически значимых расходов, характеризующих объем и вид реализуемых мероприятий стратегии по трансформации промышленного комплекса. Изменение величины указанных расходов оказывает ключевое влияние на процесс преобразования предприятия и приводит к дальнейшему изменению всех остальных показате-

телей модели. К числу «входных» показателей относятся: 1) затраты на реконструкцию и модернизацию оборудования [4]; 2) затраты на информационные и коммуникационные технологии [5]; 3) затраты на научные исследования и разработки; 4) затраты на технологические инновации [6]; 5) затраты на организационные инновации [7, 8]; 6) затраты на маркетинговые инновации.

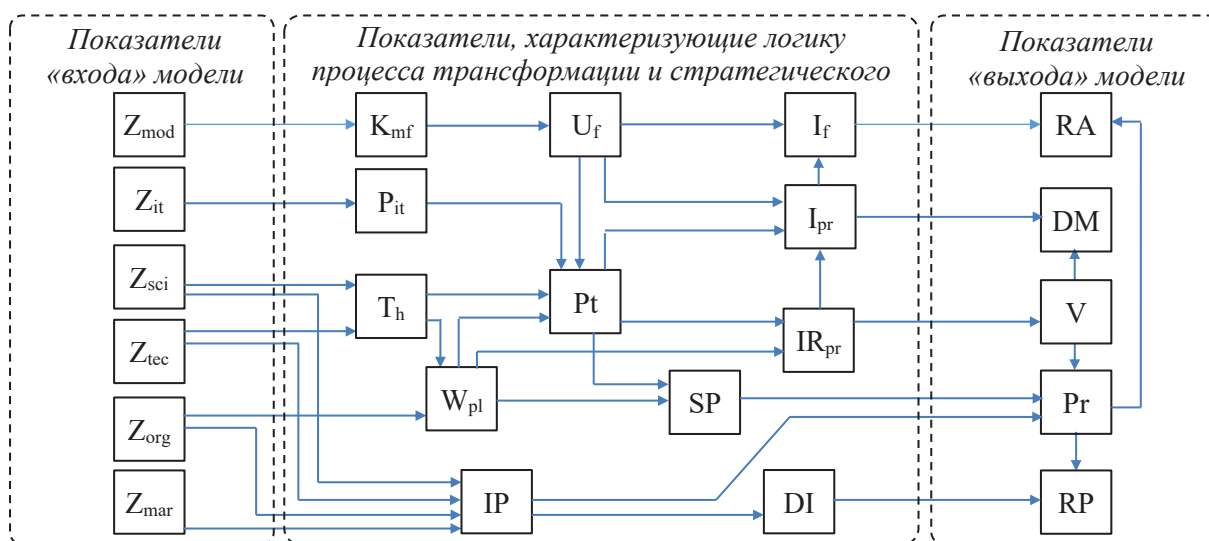


Рис. 3. Граф имитационной модели трансформации и стратегического развития промышленного комплекса

Обоснованность использования показателя объема затрат на различные виды инноваций в качестве «входных» показателей имитационной модели трансформации и развития предприятия подтверждается результатами исследования компании Spigit (в исследовании приняли участие 154 компании с общей численностью персонала более 3,5 млн чел.),

согласно которым количество профинансированных и успешно реализованных инновационных идей напрямую влияет на рост прибыли и иных финансовых показатели компании [9].

«Выход» имитационной модели представлен совокупностью традиционных показателей экономических и рыночных результатов

преобразования индустриального комплекса, получаемых по итогам реализации стратегии институциональной трансформации (выручка, прибыль от продаж, доля рынка, рентабельность продукции и активов).

Основным содержанием имитационной модели является система взаимосвязанных организационно-экономических показателей, отражающих логику процесса экономического функционирования, трансформации и развития промышленного комплекса под влиянием стратегии институциональных преобразований. Важнейшим элементом в данной системе является многоаспектный показатель производительности труда, характеризующий уровень развития управленческих, производственных, инновационных, цифровых и иных отношений на предприятии.

Ребра графа имитационной модели, после проведенных вычислений, будут показывать на сколько процентных пунктов (п. п.) изменятся

показатели-следствия, если показатели-основания повысятся на 1 п. п.

Этап № 4 — Формирование массива данных в программном комплексе IBM SPSS Statistics на основе отобранных показателей развития промышленности. Данная процедура необходима для проведения автоматизированного анализа показателей с применением профильного программного обеспечения [2].

Этап № 5 — Проверка массива данных на наличие взаимозависимостей между показателями методом корреляционного анализа. В программе IBM SPSS Statistics были построена матрица парных корреляций Пирсона, которая показала наличие высоких значений корреляции (в среднем > 0,6) между исследуемыми показателями (таблица 3) [2]. Это свидетельствует о том, что выбранная для моделирования система показателей не является случайной совокупностью данных, обладает статистической взаимосвязью и может использоваться для построения имитационной модели.

Таблица 3

Матрица парных корреляций Пирсона по показателям имитационной модели. Фрагмент

Код показателя	IR <sub>pr</sub>	I <sub>pr</sub>	V	Pr	K <sub>mf</sub>	U <sub>f</sub>	T <sub>h</sub>	W <sub>pl</sub>	Pt	RA	RP	SP	I <sub>f</sub>	Z <sub>mod</sub>
IR <sub>pr</sub>	1,0	0,7	0,8	0,7	0,0	0,7	0,6	0,7	0,7	-0,4	0,2	-0,59	-0,51	0,02
I <sub>pr</sub>	0,7	1,0	0,9	0,9	-0,2	0,9	0,7	0,9	0,9	-0,6	0,0	-0,48	-0,64	-0,27
V	0,8	0,9	1,0	0,9	-0,2	1,0	0,9	0,8	0,9	-0,7	0,0	-0,53	-0,70	-0,37
Pr	0,7	0,9	0,9	1,0	0,0	0,9	0,8	0,8	0,8	-0,5	0,2	-0,29	-0,48	-0,21
K <sub>mf</sub>	0,0	-0,2	-0,2	0,0	1,0	-0,2	-0,2	-0,1	-0,4	0,5	0,4	0,33	0,14	0,80
U <sub>f</sub>	0,7	0,9	1,0	0,9	-0,2	1,0	0,9	0,8	0,9	-0,7	0,2	-0,46	-0,58	-0,31
T <sub>h</sub>	0,6	0,7	0,9	0,8	-0,2	0,9	1,0	0,6	0,7	-0,6	0,3	-0,39	-0,47	-0,42
W <sub>pl</sub>	0,7	0,9	0,8	0,8	-0,1	0,8	0,6	1,0	0,9	-0,5	0,1	-0,51	-0,53	-0,14
Pt	0,7	0,9	0,9	0,8	-0,4	0,9	0,7	0,9	1,0	-0,8	-0,2	-0,72	-0,80	-0,34
RA	-0,4	-0,6	-0,7	-0,5	0,5	-0,7	-0,6	-0,5	-0,8	1,0	0,5	0,68	0,78	0,48
RP	0,2	0,0	0,0	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	-0,2	0,5	1,0	0,18	0,49	0,09
SP	-0,6	-0,5	-0,5	-0,3	0,3	-0,5	-0,4	-0,5	-0,7	0,7	0,2	1,0	0,82	0,19
I <sub>f</sub>	-0,5	-0,6	-0,7	-0,5	0,1	-0,6	-0,5	-0,5	-0,8	0,8	0,5	0,82	1,0	0,28
Z <sub>mod</sub>	0,0	-0,3	-0,4	-0,2	0,8	-0,3	-0,4	-0,1	-0,3	0,5	0,1	0,19	0,28	1,0

Этап № 6 — Нормализация значений показателей методом минимакса в Excel. Необходимость нормализации обусловлена тем, что отобранные для модели показатели измеряются в разных единицах, представлены в разных масштабах и изменяются в различных диапазонах. В качестве метода нормализации автором использован метод минимакса — линейное преобразование данных в диапазоне от 0 до 1, где минимальное и максимальное значения соответствуют 0 и 1 соответственно [2].

В целом минимаксное преобразование значений показателей выражается следующим математическим соотношением:

$$X_i = \frac{X_{ij} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1),$$

где  $X_i$  — нормализованное значение  $i$ -го показателя;  $X_{ij}$  — текущее значение  $i$ -го показателя в  $j$ -м году;  $X_{min}$  и  $X_{max}$  — соответственно минимальное и максимальное значение  $i$ -го показателя в исследуемом временном ряду (2010—2020 гг.).

Этап № 7 — Выявление количественной взаимозависимости между показателями имитационной модели на основе регрессионного анализа. Задача регрессионного анализа — определить количественное изменение показателя-следствия при изменении значения показателя-причины на единицу. В связи с тем, что между исследуемыми данными ранее была выявлена высокая корреляция, для установления количественной связи между показателями наиболее целесообразно использовать метод

линейной регрессии [2]. Формула функции линейной регрессии имеет следующий вид:

$$y_i = a + bx_i \quad (2),$$

где  $y_i$  — прогнозируемое значение  $i$ -го показателя-следствия (зависимой переменной);  $x_i$  — значение  $i$ -го показателя-основания (предиктора);  $a$  — коэффициент, характеризующий точку пересечения графика функции линейной регрессии с осью  $Y$ ;  $b$  — коэффициент, характеризующий наклон функции линейной регрессии.

Наиболее распространенным и апробированным методом определения коэффициентов  $a$  и  $b$  является метод наименьших квадратов. Задача оценивания параметров линейного парного уравнения указанным методом состоит в получении значений коэффициентов, при которых сумма квадратов отклонений ( $S$ ) фактических значений показателя-следствия ( $y_i$ ) от его расчетных значений ( $y_i^{\sim}$ ) минимальна [2].

Математическое выражение метода наименьших квадратов можно записать следующим образом:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i^{\sim})^2 \rightarrow \min \quad (3),$$

где  $n$  — количество точек наблюдения показателя-следствия.

В качестве программного средства для расчета функции линейной регрессии использовано приложение IBM SPSS Statistics. На рис. 4 изображен скриншот из указанного приложения при выборе параметров для построения функции линейной регрессии (на примере показателей «Затраты на научные исследования и разработки» и «Объем инновационных товаров»).

Выполненные расчеты позволили получить значения искомым коэффициентов  $a$  и  $b$ , характеризующих количественную взаимозависимость (силу взаимовлияния) между всеми показателями развития промышленности, используемыми в имитационной модели.

Так, уравнение регрессии по паре показателей «Затраты на научные исследования и разработки» и «Объем инновационных товаров» имеет следующий вид:  $y = 15,492 + 0,863x$ . С позиции практического имитационного моделирования указанное уравнение означает, что в процессе реализации стратегии институциональной трансформации увеличение затрат промышленного комплекса на НИР на 1 п. п. приведет к увеличению объема его инновационных товаров на 0,863 п.п. Аналогичные взаимозависимости рассчитаны по всем остальным показателям имитационной модели [2].

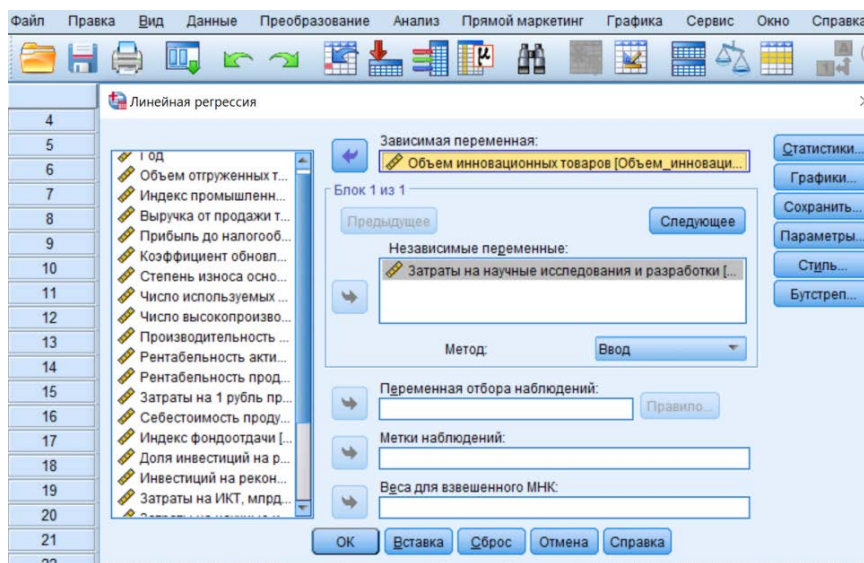


Рис. 4. Выбор параметров для построения функции линейной регрессии в IBM SPSS Statistics (скриншот)

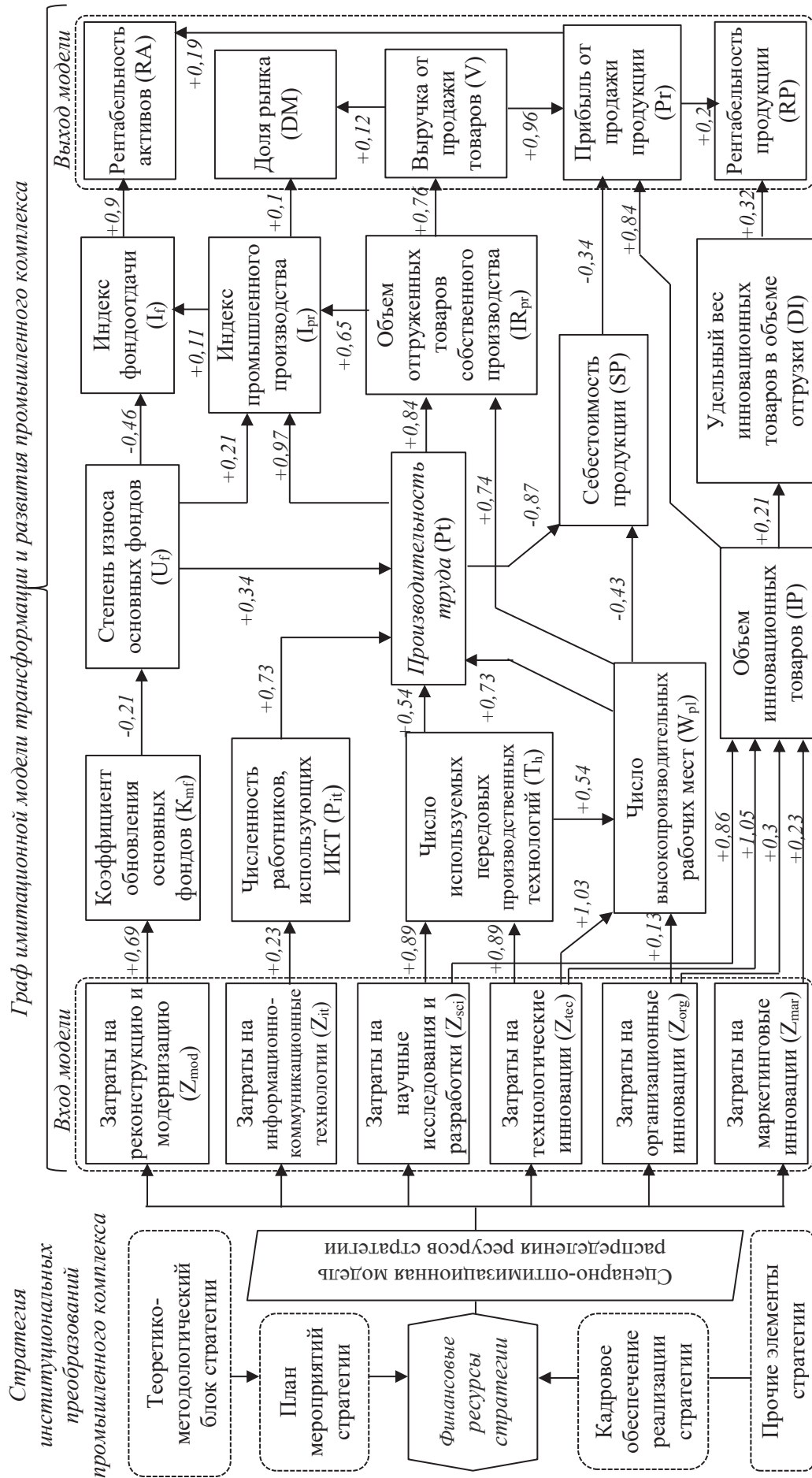
### Результаты и обсуждение

На основе полученных результатов авторами предложена имитационная модель трансформации и развития промышленного комплекса в условиях цифровой экономики (рис. 6).

Имитационный характер модели позволяет провести на компьютере имитационный эксперимент, «проиграть» процесс функционирования промышленного комплекса под влиянием

стратегии преобразований и рассчитать изменение его финансово-экономических показателей. С практической точки зрения модель обеспечивает возможность тестирования различных мероприятий стратегии преобразований перед их реальным применением, что существенно снижает риск управленческих ошибок и нерационального использования ресурсов промышленного комплекса.





Q - показывает на сколько процентных пунктов (п.п.) изменится показатель-следствие, если показатель-основание изменится на 1 п.п.

Рис. 6. Имитационная модель трансформации и развития промышленного комплекса в условиях цифровой экономики на основе стратегии институциональных преобразований

Анализ имитационной модели показывает следующее.

1. Наибольшую экономическую рентабельность у промышленных предприятий РФ имеют затраты, направляемые на модернизацию оборудования и технологическое перевооружение ( $Z_{\text{mod}}$ ,  $Z_{\text{tec}}$ ). Увеличение данного вида затрат на 1 п. п. приводит к увеличению выручки на 0,97 и 1,11 п. п. соответственно. Полученные результаты объясняют преобладание инфраструктурной трансформации (обновление материальной базы) в производственном секторе России и низкие темпы институциональных преобразований, в том числе внедрения организационных инноваций.

2. Мероприятия по проведению информатизации и цифровизации производства, реализации научных программ и внедрению современных организационно-управленческих и маркетинговых решений на предприятиях, финансируемые за счет затрат на ИКТ ( $Z_{\text{it}}$ ), НИР ( $Z_{\text{sci}}$ ), организационные ( $Z_{\text{org}}$ ) и маркетинговые ( $Z_{\text{mar}}$ ) инновации, имеют меньшую экономическую рентабельность, нежели материально-технические преобразования. Это обусловлено тем, что указанные мероприятия, ориентированы на глубинное и качественное преобразование бизнес-моделей промышленных комплексов, носят стратегический характер, имеют длительный период окупаемости и отложенный во времени результат. Финансируемые за счет затрат на внедрение информационно-коммуникационные технологии, НИР, организационные и маркетинговые инновации разработок, внедрению новых инструментов управления и организации труда, созданию эффективных институтов и корпоративной культуры

3. Превышение рентабельности затрат инфраструктурного характера ( $Z_{\text{mod}}$ ,  $Z_{\text{tec}}$ ) над институциональными ( $Z_{\text{it}}$ ,  $Z_{\text{sci}}$ ,  $Z_{\text{org}}$ ,  $Z_{\text{mar}}$ ) в сложившейся модели функционирования и развития промышленности не означает, что промышленным комплексам и предприятиям следует минимизировать затраты на цифровизацию, НИОКР, организационные и маркетинговые инновации и перенаправить их на приобретение новых станков и иных технических фондов. Напротив, текущая модель показывает, что отечественные производственные организации идут по экстенсивному, а не интенсивному пути развития. Рост предприятий преимущественно достигается за счет увеличения объемов производства и сбыта в финансовом выражении (в том числе за счет инфляционного фактора) без проведения системных инновационных, цифровых, управленческих и иных изменений. Им следует уточнить стратегические приоритеты расходования ресурсов и начать активнее финансировать мероприятия по глубинному пре-

образованию бизнес-моделей в целях укрепления долгосрочной конкурентоспособности.

### Заключение

Важнейшим направлением развития российских промышленных организаций видится сбалансированное сочетание институциональных и инфраструктурных преобразований, которые будут эффективно дополнять друг друга, создавать позитивный синергетический эффект, исключать возникновение системных противоречий в бизнес-процессах, повышать производительность труда и обеспечивать высокие финансовые результаты деятельности.

Сформированная авторами имитационная модель может стать важным инструментом планирования трансформации производственных компаний. Она характеризует силу и логику влияния различных элементов преобразований (например, мероприятий по цифровизации, внедрению организационных инноваций, обновлению инфраструктуры и т. д.) на получаемые результаты и показатели развития промышленного комплекса. Применение модели позволяет разработать обоснованную стратегию модернизации предприятия, оптимизировать распределение ее ресурсов и получить максимальный экономический эффект от реализации.

Направление дальнейших исследований авторов состоит в апробации и адаптации сформированной имитационной модели для оптимизации бюджетов стратегий институциональных преобразований промышленных комплексов и предприятий из различных регионов России.

### Информация о конфликте интересов

*Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрова Е. С. Имитационное моделирование бизнес-процессов предприятия: информационное обеспечение, современное состояние и перспективы развития / Е. С. Петрова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2017. — № 4 (24). — С. 75—87.
2. Боев А. Г. Модель стратегии институциональных преобразований промышленных комплексов в условиях цифровизации / А. Г. Боев, А. Г. Пузиков // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». — 2022. — Т. 17, № 1. — С. 77—99. — doi: 10.17072/1994-9960-2022-1-77-99.

3. *Korovin D. I.* Применение теории сбалансированных когнитивных графов для решения задач управления экономическими процессами / Д. И. Коровин, Н. М. Мазутский // Современная математика и концепции инновационного математического образования. — 2021. — Т. 8, № 1. — С. 152—168.

4. *Matyush I. V.* Сущность модернизации производства как фактора устойчивого развития предприятия и особая система ее бухгалтерского учета / И. В. Матюш // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Д. Экономические и юридические науки. — 2019. — № 14. — С. 85—90.

5. *Parfenova D. A.* Оптимизация затрат на цифровизацию организации с учетом требований ключевых стейкхолдеров / Д. А. Парфенов, Р. Р. Чугумбаев // Экономика. Социология. Право. — 2019. — № 3 (15). — С. 68—74.

6. *Petrov S. P.* Связь результативности инновационного процесса и затрат на технологические инновации в отраслях экономики РФ / С. П. Петров // Вестник НГУЭУ. — 2020. — № 2. — С. 138—159.

7. *Rad H. F.* The Role of Transformational Leadership and Knowledge Management in Organizational Innovation of Schools / H. F. Rad, S. Shahi, A. Fazeli // Education and Self-Development. — 2021. — Vol. 16. No. 1. — P. 40—53.

8. *Huang X.* Optimization strategy of organizational innovation in manufacturing enterprise: case study of innovation model of Haier group / X. Huang // Финансовая экономика. — 2022. — No 3. — P. 111—115.

9. Quantifying a culture of innovation / Spigit. 2017. — URL: <https://www.businessinnovationbrief.com/frs/7854033/quantifying-a-culture-of-innovation/email> (дата обращения: 11.05.2022).

#### LIST OF LITERATURE

1. *Petrova E. S.* Simulation modeling of enterprise business processes: information support, current state and development prospects / E. S. Petrova // Models, systems, networks in

economics, technology, nature and society. — 2017. — No. 4 (24). — С. 75—87.

2. *Boev A. G.* Model of the strategy of institutional transformations of industrial complexes in the context of digitalization / A. G. Boev, A. G. Puzpkov // Bulletin of the Perm University. Ser. «Economy». — 2022. — Vol. 17. No. 1. — P. 77—99. — doi: 10.17072/1994-9960-2022-1-77-99.

3. *Korovin D. I.* Application of the theory of balanced cognitive graphs for solving problems of managing economic processes / D. I. Korovin, N. M. Mazutsky // Modern Mathematics and Concepts of Innovative Mathematical Education. — 2021. — Т. 8. No. 1. — S. 152—168.

4. *Matyush I. V.* Essence of modernization of production as a factor of sustainable development of an enterprise and a special system of its accounting / I. V. Matyush // Bulletin of the Polotsk State University. Series D. Economic and legal sciences. — 2019. — No. 14. — P. 85—90.

5. *Parfenova D. A.* Cost optimization for digitalization of an organization taking into account the requirements of key stakeholders / D. A. Parfenov, R. R. Chugumbaev // Economics. Sociology. Right. — 2019. — No. 3 (15). — S. 68—74.

6. *Petrov S. P.* Communication between the effectiveness of the innovation process and the cost of technological innovations in the sectors of the Russian economy / S. P. Petrov // Vestnik NSUE. — 2020. — No. 2. — P. 138—159.

7. *Rad H. F.* The Role of Transformational Leadership and Knowledge Management in Organizational Innovation of Schools / H. F. Rad, S. Shahi, A. Fazeli // Education and Self-Development. — 2021. — Vol. 16. No. 1. — P. 40—53.

8. *Huang X.* Optimization strategy of organizational innovation in manufacturing enterprise: case study of innovation model of Haier group / X. Huang // Finansovaya ekonomika. — 2022. — No 3. — P. 111—115.

9. Quantifying a culture of innovation / Spigit. 2017. — URL: <https://www.businessinnovationbrief.com/frs/7854033/quantifying-a-culture-of-innovation/email> (accessed 11.05.2022).