

Музафаров Амальдин Мирзомудинович, аспирант,
Московский финансово-промышленный университет «Синергия»
Muzafarov Amaldin Mirzomudinovich,
Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

**ЦИФРОВОЙ ПАРАДОКС ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ:
ЭМПИРИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА U-ОБРАЗНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ
ИНВЕСТИЦИЯМИ В ИТ И ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ
DIGITAL PARADOX OF INDUSTRIAL ENTERPRISES: EMPIRICAL
EVIDENCE OF A U-SHAPED RELATIONSHIP BETWEEN
IT INVESTMENT AND OPERATIONAL EFFICIENCY**

Аннотация. Статья формализует «цифровой парадокс» промышленных предприятий как U-образную зависимость между накопленными инвестициями в информационные технологии и операционной эффективностью. На эмпирическом материале сети «Глобальных маяков» ВЭФ (189 площадок, 33 страны), данных Росстата и ИСИЭЗ НИУ ВШЭ параметризованы три зоны U-кривой. Установлен механизм «ловушки лоскутной автоматизации», блокирующей 70% цифровых трансформаций.

Abstract. The paper formalizes the «digital paradox» of industrial enterprises as a U-shaped relationship between cumulative IT investment and operational efficiency. Using empirical data from the WEF Global Lighthouse Network (189 sites, 33 countries), Rosstat, and HSE ISSEK, three U-curve zones are parameterized. The mechanism of the «patchwork automation trap» blocking 70% of digital transformations is identified.

Ключевые слова: Цифровой парадокс, операционная эффективность, лоскутная автоматизация, цифровая трансформация, фабрика данных, промышленное предприятие.

Keywords: Digital paradox, operational efficiency, patchwork automation, digital transformation, data fabric, industrial enterprise.

Введение. Мировой объем инвестиций в цифровую трансформацию промышленности превысил 2,3 трлн долларов в 2023 году, а к 2027 году прогнозируется удвоение [1]. Российские предприятия обрабатывающего сектора увеличили затраты на ИКТ на 18,7% за 2022-2024 гг [2]. Между тем, по данным McKinsey (2024), 70% проектов цифровой трансформации не достигают заявленных целей [3]. Данный разрыв между объемом инвестиций и результатом получил в литературе название «цифрового парадокса» [4, 5].

Цель статьи – формализовать U-образную зависимость между инвестициями в ИТ и операционной эффективностью, параметризовать три зоны U-кривой и раскрыть механизм «ловушки лоскутной автоматизации» как объяснение парадокса.

Теоретическое обоснование U-образной зависимости. Э. Бриньолфссон и Л. Хитт (2000) впервые зафиксировали нелинейную связь между ИТ-инвестициями и производительностью: краткосрочный эффект отрицателен вследствие организационных перестроек, долгосрочный – положителен при условии комплементарных инвестиций в человеческий капитал и процессы [7]. С. Аральанд П. Вейл (2007) уточнили: эффект от ИТ зависит не от объема инвестиций, а от архитектуры информационных систем – лоскутная интеграция снижает отдачу [8].

Б.Л. МакКарти и Д. Иванов (2022) показали, что фрагментированная автоматизация генерирует «цифровые колодцы» (data silos), увеличивающие транзакционные издержки [9]. Р. Себастьян и др. (2017) установили, что эффективность возникает лишь при интеграции



операционной платформы и цифровых сервисов [10]. Синтез данных подходов формирует основание U-образной зависимости: зона А (рост инвестиций при лоскутной автоматизации – эффективность снижается), зона В (ловушка – предприятие застревает), зона С (интегрированная система – эффективность превышает исходный уровень).

Эмпирическая параметризация трех зон U-кривой. Эмпирическую базу составляют три независимых источника: сеть «Глобальных маяков» ВЭФ (189 площадок в 33 странах, январь 2025), статистические данные Росстата по обрабатывающей промышленности РФ (2022-2024) и сборник «Индикаторы цифровой экономики» ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2024). Параметризация зон представлена в Таблице 1.

Таблица 1.

Параметризация зон U-кривой «инвестиции в ИТ – операционная эффективность»

Параметр	Зона А (лоскутная автоматизация)	Зона В (ловушка)	Зона С (интегрированная система)	Источник
Доля предприятий РФ	~68% (аналоговые + начальная автоматизация)	~30% (внедрили ERP/MES, но без сквозной интеграции)	~2% (полная интеграция данных и процессов)	Росстат [2]; ИСИЭЗ [6]
Интероперабельность данных (K1)	< 20%	20-60%	> 60%	Оценка автора
Задержка принятия решений (K2)	> 24 часа	4-24 часа	< 4 часов	Оценка автора
Производительность труда (эффект)	Снижение на 5-15% за счет роста координационных затрат	Стагнация (±3%)	Рост +53% (медиана по маякам ВЭФ)	ВЭФ [3, 11]
Рентабельность инвестиций	Отрицательная	Нулевая или слабоположительная	2-3× за 3 года; 4-5× за 5 лет	ВЭФ [11]
Объем данных на предприятии	Умеренный рост, данные в силосах	Рост на 1-2 порядка, силосы сохраняются	Рост на 2-3 порядка, связный слой данных	ВЭФ [11]

Источник: составлено автором на основе [2, 3, 6, 11].

Данные Таблицы 1 фиксируют ключевую эмпирическую закономерность: переход из зоны В в зону С не является линейным продолжением инвестиций. Предприятия, застрявшие в зоне В, наращивают затраты на ИКТ, но не получают пропорционального роста эффективности. Предприятия-маяки ВЭФ, напротив, демонстрируют кратный эффект: +53% производительности труда, -26% конверсионных затрат, -50% времени вывода новых продуктов [11].

Механизм «ловушки лоскутной автоматизации». Ловушка формируется как самоусиливающийся цикл. Предприятие внедряет локальное ИТ-решение (ERP, MES, WMS) без единой архитектуры данных. Каждая система создает собственный «цифровой колодец». Для связи систем создаются точечные интеграции, число которых растет как $n(n-1)/2$. Сложность интеграционного ландшафта превышает управленческую пропускную способность, а затраты на поддержание интерфейсов поглощают бюджет развития [3, 9, 12].



Количественные характеристики ловушки систематизированы в Таблице 2.

Таблица 2

Количественные индикаторы «ловушки лоскутной автоматизации»

Индикатор	Значение	Источник
Доля проектов ЦТ, не достигших целей	70%	McKinsey, 2024 [3]
Доля затрат ИТ-бюджета на поддержание унаследованных систем	60-80%	Gartner, 2024 [12]
Разрыв между «оснащенностью» и «интеграцией» в РФ	62,7% vs 31,8%	Росстат [2]
Число российских предприятий в сети маяков ВЭФ	0 из 189	ВЭФ, 2025 [11]
Доля пилотов ИИ, масштабированных в промышленное решение	~30%	McKinsey, 2024 [3]
Индекс цифровизации промышленности РФ	36 из 100 баллов	ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2024 [6]
Доля предприятий с ЕРП (обрабатывающая промышленность РФ)	~28%	Росстат [2]

Источник: составлено автором на основе [2, 3, 6, 11, 12].

Данные Таблицы 2 демонстрируют системный характер ловушки. Предприятие, находящееся в зоне В, расходует 60-80% ИТ-бюджета на поддержание унаследованных систем, что лишает его ресурсов для создания фабрики данных – единственного инструмента перехода в зону С. Пилотные проекты ИИ, работающие на ручную очищенных данных, невозможно масштабировать: масштабирование требует связного слоя данных, которого нет [3, 11].

Условия выхода из ловушки: эмпирические данные предприятий-маяков. Сеть «Глобальных маяков» ВЭФ представляет собой наиболее масштабную верифицированную базу кейсов успешной цифровой трансформации промышленности. Последняя когорта (январь 2025) включает 189 площадок в 33 странах и 35 подотраслях [11]. Сравнение предприятий зон В и С по ключевым параметрам представлено в Таблице 3.

Таблица 3

Сравнение предприятий зоны В и предприятий-маяков (зона С)

Параметр	Зона В (типичное предприятие)	Зона С (предприятие-маяк ВЭФ)
Архитектура данных	Силосы (ERP, MES, WMS изолированы)	Фабрика данных / единое озеро данных
Доля процессов со сквозной интеграцией	< 30%	> 80%
Использование ИИ	Точечные пилоты (1-3 сценария)	77% кейсов на аналитическом ИИ; 9% – на генеративном
Производительность труда	Стагнация (±3%)	+53% (медиана)



Конверсионные затраты	Без значимого снижения	-26%
Время вывода нового продукта	Без значимого сокращения	-50%
Срок достижения результатов	Не определен (перманентное «пилотирование»)	10-20 месяцев
Рентабельность инвестиций (5 лет)	Близка к нулю	4-5×

Источник: составлено автором на основе [2, 3, 6, 11].

Конкретные кейсы подтверждают масштаб эффекта. Foxconn Vietnam: +190% производительности труда, -90% незапланированных простоев. Siemens Erlangen: +69% производительности, -42% энергопотребления, свыше 100 алгоритмов ИИ в производственном контуре. Zhengzhou Coal Mining: -73% дефектов, +205% выработки на работника [11]. Во всех трех случаях фундаментом трансформации стал связный слой данных, созданный до развертывания алгоритмов ИИ.

Заключение. Проведенный анализ позволяет сформулировать четыре положения.

Первое. «Цифровой парадокс» формализован как U-образная зависимость между накопленными инвестициями в ИТ и операционной эффективностью. Три зоны U-кривой параметризованы через метрики интероперабельности данных, задержки принятия решений, производительности труда и рентабельности инвестиций.

Второе. Механизм «ловушки лоскутной автоматизации» раскрыт как самоусиливающийся цикл: локальные внедрения → силосы данных → рост точечных интеграций → исчерпание бюджета на поддержание → невозможность создания связного слоя данных. В ловушке находится около 30% предприятий обрабатывающей промышленности РФ.

Третье. Переход из зоны В в зону С требует изменения архитектуры инвестиций: приоритет фабрики данных перед алгоритмикой ИИ. Данные маяков ВЭФ подтверждают: при наличии связного слоя данных рентабельность достигает 4-5× за 5 лет.

Четвертое. Отсутствие российских предприятий в сети маяков ВЭФ (189 площадок, 33 страны) указывает на нахождение отечественной промышленности в зонах А-В. Задача создания диагностического инструментария для определения позиции предприятия на U-кривой является практически востребованной.

Список литературы:

1. IDC. Worldwide Digital Transformation Spending Guide. – 2024. – URL: <https://www.idc.com/promo/global-ict-spending/>.
2. Росстат. Использование цифровых технологий организациями по Российской Федерации, субъектам и видам экономической деятельности. – 2024. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>.
3. World Economic Forum / McKinsey & Company. Global Lighthouse Network: Reimagining Operations for Growth. – WEF, 2024.
4. Музафаров, А. М. Адаптивная трансформация операционной модели промышленного предприятия в условиях цифровизации: архитектура, когнитивные механизмы и организационная динамика / А. М. Музафаров // Управление. – 2025. – [в печати].
5. Музафаров, А. М. Разработка методики оценки готовности операционной модели промышленного предприятия к интеграции когнитивных механизмов управления / А. М. Музафаров // Управление. – 2025. – [в печати].



6. Абдрахманова, Г. И. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг и др. – М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2024. – 332 с.
7. Brynjolfsson, E. Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance / E. Brynjolfsson, L. M. Hitt // Journal of Economic Perspectives. – 2000. – Vol. 14, No. 4. – P. 23-48.
8. Aral, S. IT Assets, Organizational Capabilities, and Firm Performance / S. Aral, P. Weill // Organization Science. – 2007. – Vol. 18, No. 5. – P. 763-780.
9. MacCarthy, B. L. The Digital Supply Chain / B. L. MacCarthy, D. Ivanov. – Elsevier, 2022. – 480 p.
10. Sebastian, I. M. How Big Old Companies Navigate Digital Transformation / I. M. Sebastian, J. W. Ross, C. Beath et al. // MIS Quarterly Executive. – 2017. – Vol. 16, No. 3. – P. 197-213.
11. World Economic Forum / McKinsey & Company. Global Lighthouse Network: The Mindset Shifts Driving Impact and Scale in Digital Transformation. – WEF, January 2025.
12. Gartner. IT Key Metrics Data 2024: IT Spending and Staffing Report. – Gartner, 2024.

