

На правах рукописи



**Любименко Дарья Анатольевна**

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА  
ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством  
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,  
комплексами: промышленность)»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Челябинск  
2022

Работа выполнена на кафедре «Экономика и финансы» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

**Научный руководитель – Вайсман Елена Давидовна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и финансов Высшей школы экономики ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск.

**Официальные оппоненты: Хоменко Екатерина Борисовна**, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой финансов и цифровой экономики ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

**Шагеев Денис Анатольевич**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и управления ЧОУВО «Международный Институт Дизайна и Сервиса», г. Челябинск

**Ведущая организация –** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Защита состоится 18 мая 2022 г., в 14:00 часов, на заседании диссертационного совета Д 212.298.07 в Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 87, ауд. 130/3Б ЮУрГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229807/lyubimenko-darya-anatolevna>

Автореферат разослан «\_\_»\_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор экономических наук, доцент

Подшивалова М.В.

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Цифровизация является одним из основных направлений современного развития и драйвером прогресса. При этом скорость внедрения и масштаб применения цифровых технологий в разрезе отраслей российской экономики крайне неоднородны. Так, несмотря на соответствие вектора развития российских промышленных предприятий с соответствующими трендами развитых стран, можно констатировать отставание промышленности России не только от промышленности этих стран (по разным оценкам, от 5, иногда до 10 лет), но и, в частности, от финансового сектора РФ.

Эта ситуация во многом объясняется спецификой промышленного сектора, к которой специалисты относят такие особенности как высокая стоимость цифровых решений наряду с дефицитом финансирования, износ основных средств наряду с большой технологической сложностью производственных процессов и недостаточным уровнем развития автоматизированных систем управления технологическими процессами, некоторый консерватизм ряда отраслей, дефицит квалифицированных кадров, высокая цена ошибок.

Особенности внутренней среды усугубляются внешними угрозами, такими, в частности, как специфика, вследствие существенной доли государственного сектора в промышленности, условий конкуренции, санкции, затрудняющие доступ к передовым технологиям мирового уровня, и другие.

Все это свидетельствует о высоких технологических и финансовых рисках, с которыми сопряжена цифровизация промышленности. Тем не менее, по ряду оценок, большинство руководителей промышленных предприятий видят в цифровых технологиях больше возможностей, нежели угроз. Согласно исследованию, проведенному Rockwell Automation совместно с IDC, уже к 2023 году 75% российских промышленных предприятий планируют разработать комплексные дорожные карты цифровой трансформации. Планируется рост государственной поддержки цифровизации промышленных предприятий, в рамках которой предполагается внедрение перспективных цифровых технологий.

Все это вызывало интерес к проблемам цифровой трансформации промышленных предприятий, как в научной, так и в консалтинговой среде. Появилось достаточно большое количество публикаций в этой области, однако ее анализ показывает – в научной литературе все еще недостаточно внимания уделено проблеме поиска подходов к анализу цифровых решений и к оценке целесообразности и перспектив их внедрения.

Таким образом, в настоящее время сложилось определенное противоречие между, с одной стороны, высокой потребностью менеджмента промышленных предприятий в методических инструментах анализа и оценки цифровых решений, и с другой – во все еще недостаточным уровнем теоретических и методических проработок в этом направлении, что подтверждает актуальность темы настоящего исследования, его цели и задач.

## **Степень научной разработанности проблемы**

Разработке теоретических и практических аспектов проблемы анализа и оценки цифровизации в экономике посвящены работы таких зарубежных теоретиков-исследователей и практиков бизнеса, как Э. Брайнджолфсон, Х. Гилл, Б. Кахин, Х. Кинг, Р. Клинг, Р. Лэмб, Т.Л. Мезенбург, Н. Негропonte, Р. Сабатини, Д. Тапскотт, К. Эштон. Среди отечественных авторов проблему исследовали Ю.М. Акаткин, В.В. Акбердина, А.А. Алабугин, С.В. Амелин, Г.Н. Андреева, Т.Г. Богатырева, С.Д. Бодрунов, Ю.В. Вертакова, И.П. Довбий, Н.Р. Кельчевская, А.В. Кешелава, Г.Б. Коровин, В.В. Криворотов, В.С. Курдюмов, Л. В. Лapidус, Л.С. Леонтьева, Е.А. Лясковская, Ю.В. Мелешко, Р.В. Мещеряков, В.Г. Мохов, А.В. Олексин, С.В. Орехова, В.В. Плотникова, М.Н. Руденко, В.В. Трофимов, Г.В. Федотова, Е.Б. Хоменко, Е.В. Ширинкина, Е.В. Шкарупета и другие.

Вопросы анализа инвестиционных решений исследованы в работах зарубежных авторов: И.А. Бланка, Г. Марковица, М. Миллера, Ф. Модильяни, Ф.Х. Найта, Э. Петерса, Ш. Пратта, Д. Рикардо, Дж. Уильямса, И. Фишера, С. Хаймера, У. Шарпа, а также отечественных исследователей, таких как И.А. Баев, Т.Л. Безрукова, Г.В. Голикова, Д.А. Ендовицкий, В.Н. Лившиц, Р.А. Майский, Г.З. Низамова, С.В. Рачек, И.А. Соловьева, Д.А. Шагеев, А.Н. Швецов, А.В. Шмидт и другие.

Вместе с тем, несмотря на имеющиеся достижения в этой области, все еще отсутствуют общепризнанные методические подходы к анализу цифровых решений, учитывающие специфику последних и позволяющие получить точное представление о том, оправданы ли инвестиции в их разработку и внедрение.

Актуальность и высокая практическая значимость разработки методического инструментария оценки и анализа цифровых решений промышленных предприятий предопределили выбор темы диссертационного исследования, его содержание, постановку целей и задач.

**Цель и задачи диссертационного исследования.** Цель диссертационной работы заключается в обосновании и развитии теоретических и методических положений в сфере оценки и анализа цифровых решений промышленного предприятия.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих **задач**.

1. Выявить генезис цифровых решений и их специфику, позволяющую сформулировать систему принципов и критериев, которым должен соответствовать методический подход к их оценке и анализу.

2. Разработать методический подход к оценке эффективности цифровых решений в зависимости от их типа.

3. Провести статистическое исследование зависимости результатов деятельности промышленного предприятия от затрат на цифровые решения.

4. Разработать методический инструментарий анализа целесообразности и перспектив внедрения цифрового решения в деятельность промышленного предприятия.

**Объектом исследования** выступают крупные промышленные предприятия и их группы, внедряющие цифровые решения в своей деятельности.

**Предметом исследования** являются организационно-экономические отношения, возникающие в процессе оценки и анализа цифровых решений промышленных предприятий.

**Теоретической и методической основой** исследования являются научные работы отечественных и зарубежных авторов, посвященные цифровизации в промышленности, в частности, анализу цифровых решений и оценке результатов их внедрения. Работа опирается на общую теорию менеджмента и рисков, теорию инвестиций. В диссертации использован системный подход, логический, эмпирический, сравнительный и эволюционный метод анализа, применены методы нечеткой и традиционной математики.

**Информационно-эмпирическую базу** исследования составили монографии, учебники, журнальные статьи, материалы научных конференций и семинаров, источники сети Интернет, законодательные акты, нормативные документы, данные Федеральной службы государственной статистики, данные информационной системы СПАРК (Интерфакс), обзорно-аналитические материалы консалтинговых компаний (PwC, Ernst&Young, McKinsey), аналитические материалы и обзоры Высшей Школы Экономики, ежегодные отчеты и отчеты об устойчивом развитии отечественных промышленных предприятий, экспертные оценки, собственные исследования автора.

**Соответствие содержания диссертации заявленной специальности.** Работа выполнена в соответствии с пунктами паспорта специальности ВАК 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами: промышленность)»: п. 1.1.1. «Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности»; п. 1.1.13. «Инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов»; п. 1.1.15. «Теоретические и методологические основы эффективности развития предприятий, отраслей и комплексов народного хозяйства».

Наиболее существенные результаты работы, обладающие **научной новизной**, состоят в следующем.

1. Выявлен генезис цифровых решений и осуществлена их классификация, отличающаяся от существующих использованием дополнительного признака – способности интегрировать в себе физические и программные продукты, в соответствии с которым выделены три группы цифровых решений: программные продукты, решения по внедрению цифрового оборудования и киберфизические системы; идентифицированная специфика каждой группы предопределила уточнение понятия «трансформационный эффект», систему принципов и критериев, которым должен соответствовать методический подход к оценке цифровых решений.

Все это позволило выделить проблему оценки и анализа экономической эффективности цифровых решений в отдельный объект исследования (п. 1.1.15. Паспорта специальности ВАК).

2. Предложен методический подход к оценке эффективности цифровых решений в зависимости от их типа, включающий комплекс методов: метод оценки экономической эффективности киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования и метод оценки использования программных продуктов в реализации цифровых решений. Первый метод отличается от существующих новым подходом к определению стоимости цифрового решения, суть которого состоит в поправке на риск инвестиций в реализацию такого решения, и использованием модифицированного интегрального показателя, учитывающего эффективность функционирования оборудования в киберфизической системе и работу оператора. Отличие второго метода заключается в корректировке стоимости программных продуктов на показатели рисков. Все это дает возможность получения более корректных и объективных оценок экономической эффективности цифровых решений (1.1.1. Паспорта специальности ВАК).

3. На основе проведенного статистического исследования результатов деятельности крупных публичных промышленных компаний методами ковариационного и корреляционного анализа подтверждена гипотеза относительно положительной корреляции между затратами на цифровые решения и результатами деятельности промышленного предприятия. Это способствует повышению обоснованности планирования инвестиций в цифровое развитие промышленного предприятия (п. 1.1.15. Паспорта специальности ВАК).

4. Предложен метод количественной оценки трансформационного эффекта с использованием функции желательности Харрингтона и сформирована шестипольная аналитическая матрица в координатах «Эффективность работы оборудования – трансформационный эффект», с выделением нормативных значений частных критериев интегрированного показателя эффективности работы оборудования. Матрица дает возможность определить позицию цифрового решения промышленного предприятия в заданных координатах и обосновать целесообразность и перспективы его внедрения (п. 1.1.13. Паспорта специальности ВАК).

**Достоверность и обоснованность** полученных результатов исследования подтверждается применением в работе трудов авторитетных западных и отечественных ученых в области анализа цифровых решений и оценки результатов их внедрения, глубоким изучением традиционных и современных методов инвестиционного анализа, применением методов научного познания: анализа, синтеза, дедукции, индукции, сравнительного анализа; существенным объемом проанализированной информации по теме настоящего исследования; применением экономико-математических методов.

**Практическая значимость** работы состоит в возможности применения предложенного методического комплекса для анализа внедряемых цифровых

решений при выработке стратегии цифровизации промышленного предприятия.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 6 научно-практических конференциях: на 35-й международной конференции IVIMA (Испания, г. Сивилья, 2020); на II Всероссийской научно-практической конференции «Умные технологии в современном мире» (Челябинск, 2020); на 72-й научной конференции «Наука ЮУрГУ» (Челябинск, 2020); на IV Всероссийской научно-практической конференции «Умные технологии в современном мире» (Челябинск, 2021); на международной научно-практической конференции «Инновационно-инвестиционный фундамент развития экономики общества и государства: от научных разработок к практике» (Санкт-Петербург, 2021); на VII международной научно-практической конференции (г. Ставрополь, 2022). Практическое внедрение результатов диссертационного исследования проведено на базе организации ОАО «Челябинский механический завод», что подтверждено соответствующими документами. Результаты работы нашли свое применение в образовательном процессе на кафедре «Экономика и финансы» при подготовке магистров по программе «Стратегическое и корпоративное управление в условиях цифровой экономики» при разработке курсов «Технологии управления в условиях цифровизации» и «Стратегический анализ и планирование».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 работ, общим объемом 8,2 п. л., из них авторских 5,82 п. л. в том числе 4 работы в научных журналах, рекомендуемых ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований; 1 – входящих в базу Web of Science; 5 работ в сборниках научных трудов конференций.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 157 наименований и 1 приложения. Основной текст работы изложен на 170 страницах печатного текста, включая 17 таблиц и 38 рисунков.

**Во введении** обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи, определяются объект и предмет исследования, раскрываются научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** «Актуальные проблемы развития промышленных предприятий в экономике России» сформулирован генезис возникновения цифровой экономики, проведен сравнительный анализ понятий «цифровизация» и «цифровая трансформация». Проведена систематизация цифровых решений по шести признакам, выявлена их специфика, которая должна быть учтена при анализе цифровых решений и оценке результатов их внедрения, уточнено определение понятия «трансформационный эффект».

**Во второй главе** «Разработка методического подхода к анализу и оценке цифровых решений» проведен анализ существующих подходов к оценке инвестиционных проектов и выявлены их недостатки. Разработан авторский методический подход к анализу цифровых решений и оценке результатов в

зависимости от их типа, включающий комплекс методов: оценки экономической эффективности киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования и оценки использования программных продуктов в реализации цифровых решений. Модифицирован показатель оценки эффективности работы оборудования, включенный в метод оценки экономической эффективности киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования.

**В третьей главе** «Исследование и анализ зависимости результатов деятельности промышленных предприятий от инвестиций в цифровые решения» проведено статистическое исследование зависимости результатов деятельности промышленного предприятия от реализации цифровых решений. Сформирована шестипольная аналитическая матрица в координатах «Эффективность работы оборудования – трансформационный эффект». Установлены нормативные значения частных критериев интегрированного показателя эффективности работы оборудования; уточнено понятие трансформационного эффекта, предложен метод его количественной оценки, с использованием функции желательности Харрингтона, дана интерпретация ее результатов.

**В заключении** представлены основные выводы и результаты диссертационного исследования.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

**1. Выявлен генезис цифровых решений и осуществлена их классификация, отличающаяся от существующих использованием дополнительного признака – способности интегрировать в себе физические и программные продукты, в соответствии с которым выделены три группы цифровых решений: программные продукты, решения по внедрению цифрового оборудования и киберфизические системы; идентифицированная специфика каждой группы предопределила уточнение понятия «трансформационный эффект», систему принципов и критериев, которым должен соответствовать методический подход к оценке цифровых решений. Все это позволило выделить проблему оценки и анализа экономической эффективности цифровых решений в отдельный объект исследования (п. 1.1.15. Паспорта специальности ВАК).**

Исследование развития цифровой экономики позволило выявить генезис развития цифровых решений (рис. 1).

Проведенный анализ показал, что на каждом этапе развития цифровой экономики спектр цифровых решений и технологий постоянно увеличивался. На сегодняшний день их внедрение для промышленных предприятий стало обязательным условием сохранения конкурентного положения на рынке. Однако большое многообразие цифровых решений и высокие риски, сопровождающие их реализацию, препятствуют активному внедрению



цифровых технологий в деятельности отечественных промышленных предприятий.

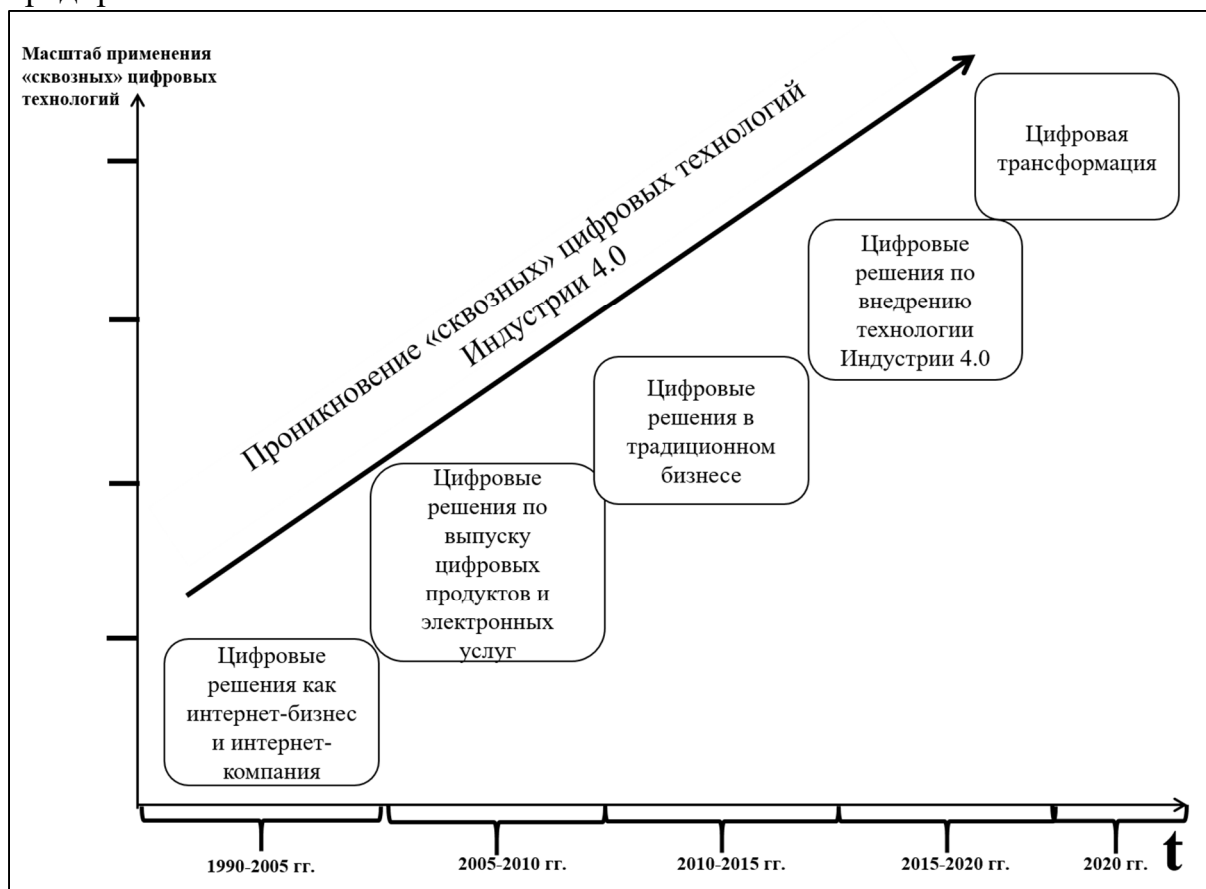


Рисунок 1 – Генезис цифровых инвестиционных решений [авт.]

С целью выявления специфики цифровых решений осуществлена их систематизация по 6 признакам (табл. 1). Предложенная классификация отличается от уже существующих дополнительным признаком – способность интегрировать в себе физические и программные продукты, в соответствии с которым выделены три группы цифровых решений: программные продукты, решения по внедрению цифрового оборудования и киберфизические системы.

Уточнено определение понятия «трансформационный эффект» как результата реализации цифрового решения. В рамках настоящего исследования трансформационный эффект рассматривается как *наблюдаемые и измеримые последствия изменений принципов осуществления деятельности предприятия, которые удовлетворяют следующим критериям: цифровое решение позволяет осуществлять бизнес-процесс принципиально новым способом, не использовавшимся ранее; доступ к цифровому решению предоставляется каждому пользователю в соответствии с его функционалом и не дискриминирует пользователей; действия всех участников бизнес-процесса открыты и прозрачны; цифровое решение позволяет выполнять определенные задачи, стоящие перед промышленным предприятием.*

Таблица 1 – Классификация цифровых решений [авт.]

Признак классификации	Типы цифровых решений				
1. Масштаб осуществляемых изменений	Проекты операционной цифровизации			Проекты цифровой трансформации	
2. Подход к структурированию и запуску изменений	Fail-Fast – проекты		AGILE – проекты		Waterfall-проект
			scrum-проект	kanban-проект	
3. Сфера реализации	Управление производственными процессами	Процессы производства	Управление жизненным циклом продукции	Управление сделками	Постпродажное обслуживание цифровой продукции
4. Воздействие на сектор экономики	Системные проекты				
	Цифровая/умная/виртуальная фабрика/завод	цифровой/умный город	Цифровая /умная дорога и цифровой транспорт	Умный дом	Сквозные проекты
5. Масштаб изменений в рамках цифровых решений	Цифровые решения с комплексной поставкой		Цифровые решения с заменой отдельных узлов и деталей		
6. Способность интегрировать в себе физические и программные продукты	Программные продукты		Решения по внедрению цифрового оборудования	Киберфизические системы	

Типология цифровых решений позволила выявить их специфику и на этой основе сформулировать систему принципов и критериев, которым должен отвечать методический подход к оценке и анализу цифровых решений промышленного предприятия. Они подразумевают:

- способность оценить эффективность физической составляющей;
- способность оценивать экономическую эффективность;
- способность оценивать эффективность использования человеческого капитала;
- способность оценивать трансформационный эффект;
- способность учитывать риски;
- способность оценивать стоимость цифровых решений.

Анализ традиционных методов оценки инвестиционных решений показал, что ни один из существующих подходов в полной мере не удовлетворяет сформированным принципам и критериям, что подчеркивает актуальность рассматриваемой проблемы и свидетельствует о необходимости разработки нового методического инструментария.

**2. Предложен методический подход к оценке эффективности цифровых решений в зависимости от их типа, включающий комплекс методов: метод оценки экономической эффективности киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования и метод оценки использования программных продуктов в реализации цифровых решений. Первый метод отличается от существующих новым подходом к определению стоимости цифрового решения, суть которого состоит в поправке на риск инвестиций в реализацию такого решения, и использованием модифицированного интегрального показателя, учитывающего эффективность функционирования оборудования в киберфизической системе и работу оператора. Отличие второго метода заключается в корректировке стоимости программных продуктов на показатели рисков. Все это дает возможность получения более корректных и объективных оценок экономической эффективности цифровых решений (1.1.1. Паспорта специальности ВАК).**

В рамках исследования предложен методический инструмент анализа и оценки результатов внедрения киберфизических систем и проектов по внедрению цифрового оборудования (алгоритм такой оценки представлен на рис. 2).

В рамках исследования принято, что поправка на риск – это совокупная оценка всех, присущих цифровому решению, рисков экспертным методом по пятибалльной шкале, с точки зрения вероятности их реализации и степени значимости последствий такой реализации (потери, которые будут понесены в результате наступления риска).

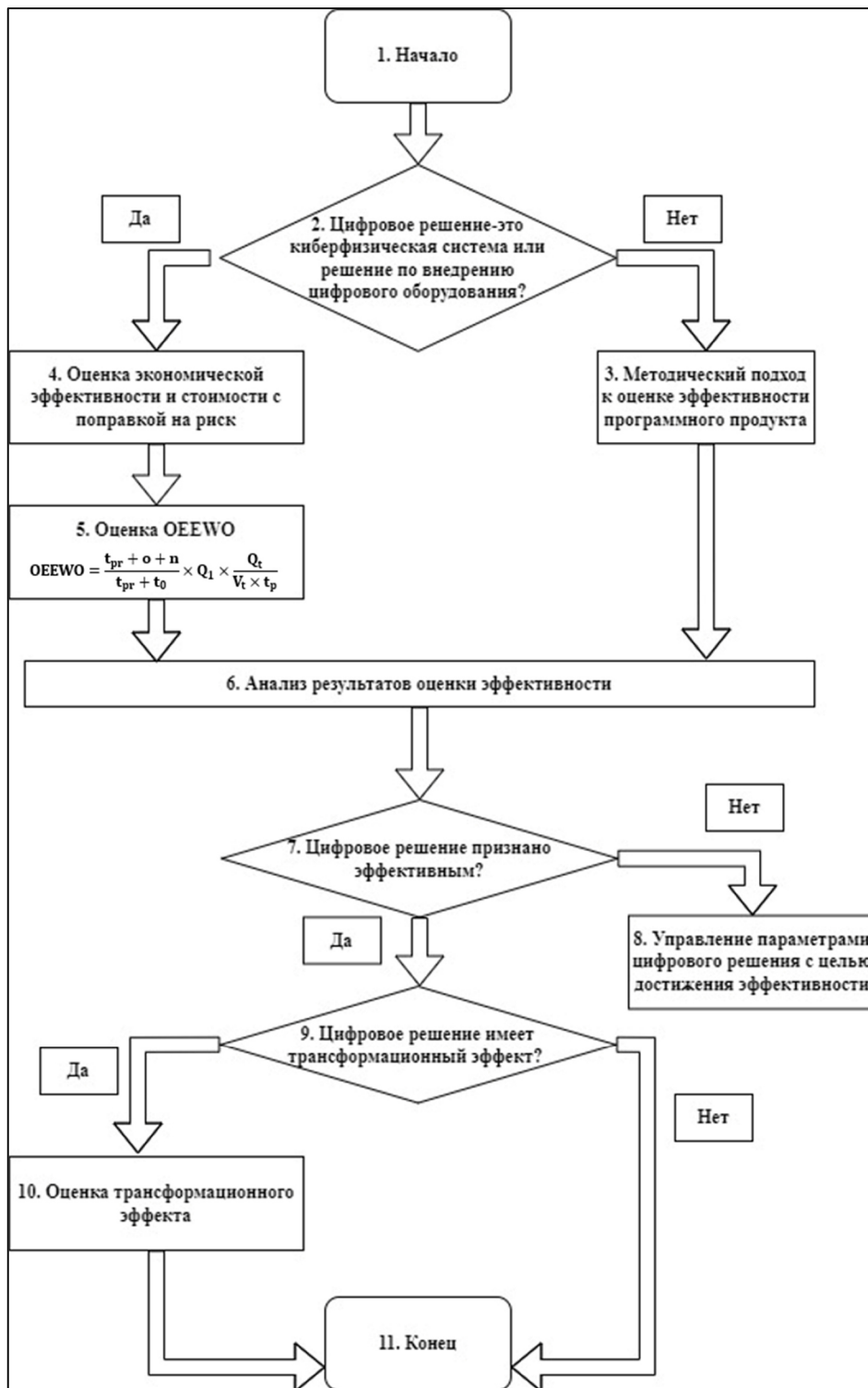


Рисунок 2 – Алгоритм оценки эффективности киберфизических систем и решений по внедрению оборудования [авт.]

При оценке экономической эффективности решения по внедрению киберфизических систем и цифрового оборудования предполагается расчет интегрированного показателя эффективности работы оборудования OEEWO (The overall efficiency of the equipment, taking into account the work of the operator), отличие которого от классического показателя OEE состоит в учете эффективности работы оператора:

$$OEEWO = \frac{t_{pr+o+n}}{t_{pr+t_0}} \times Q_1 \times \frac{Q_t}{V_t \times t_p}, \quad (1)$$

где OEEWO (The overall efficiency of the equipment, taking into account the work of the operator) – интегрированный показатель эффективности работы оборудования, %;  $t_{pr}$  – общий период производственного процесса, в течение которого оборудование функционировало без нарушений, в часах;  $o$  – период времени, в течение которого оборудование простаивало из-за его отказа, в часах;  $n$  – период времени, который заняла настройка и регулировка работы оборудования, в часах;  $Q_1$  – объем продукции, выпущенный за период производственного процесса, в течение которого оборудование функционировало без нарушений, в единицах;  $t_0$  – период времени, в течение которого зафиксирован холостой ход оборудования, непродолжительные остановки, в часах;  $Q_t$  – количество продукции, произведенной за период времени работы оператора на оборудовании, единиц;  $V_t$  – средняя скорость работы оператора в течение общего периода времени работы, единиц в час;  $t_p$  – общая продолжительность периода времени, в течение которого оператор работал на оборудовании, в часах.

Введение в формулу оценки эффективности работы оператора обусловлено тем фактом, что, по мнению абсолютного большинства исследователей, одним из ключевых факторов, от которого зависит эффективность работы киберфизической системы и цифрового оборудования, является именно квалификация лица, управляющего этими системами.

Формула (1) объединила 4 группы факторов, характеризующих одновременно эффективность работы физико-биологической составляющей (оборудование, оператор) и программной составляющей – цифрового продукта в киберфизической системе.

Значения OEEWO находятся в диапазоне от 0 до 100%. Вклад каждой составляющей при максимальной эффективности работы оборудования имеет следующие значения: доступность – 90%, производительность – 95%, качество – 99,9%, эффективность работы оператора – 99,98% (рис. 3).

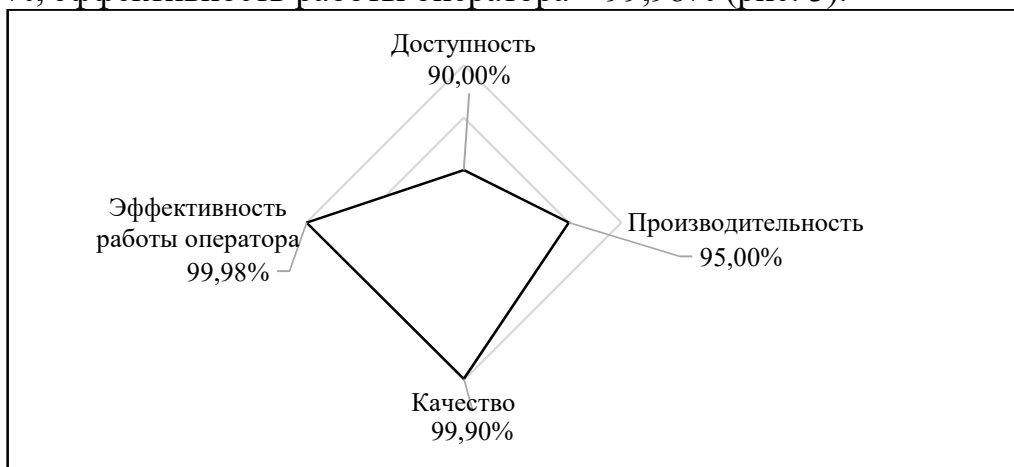


Рисунок 3 – Показатели компонентов OEEWO с учетом эффективности работы оператора, % [авт.]

Для третьего типа цифровых решений – программных продуктов – предложен отдельный методический подход, отличие которого заключается в корректировке стоимости программных продуктов на показатели рисков (алгоритм приведен на рис. 4).

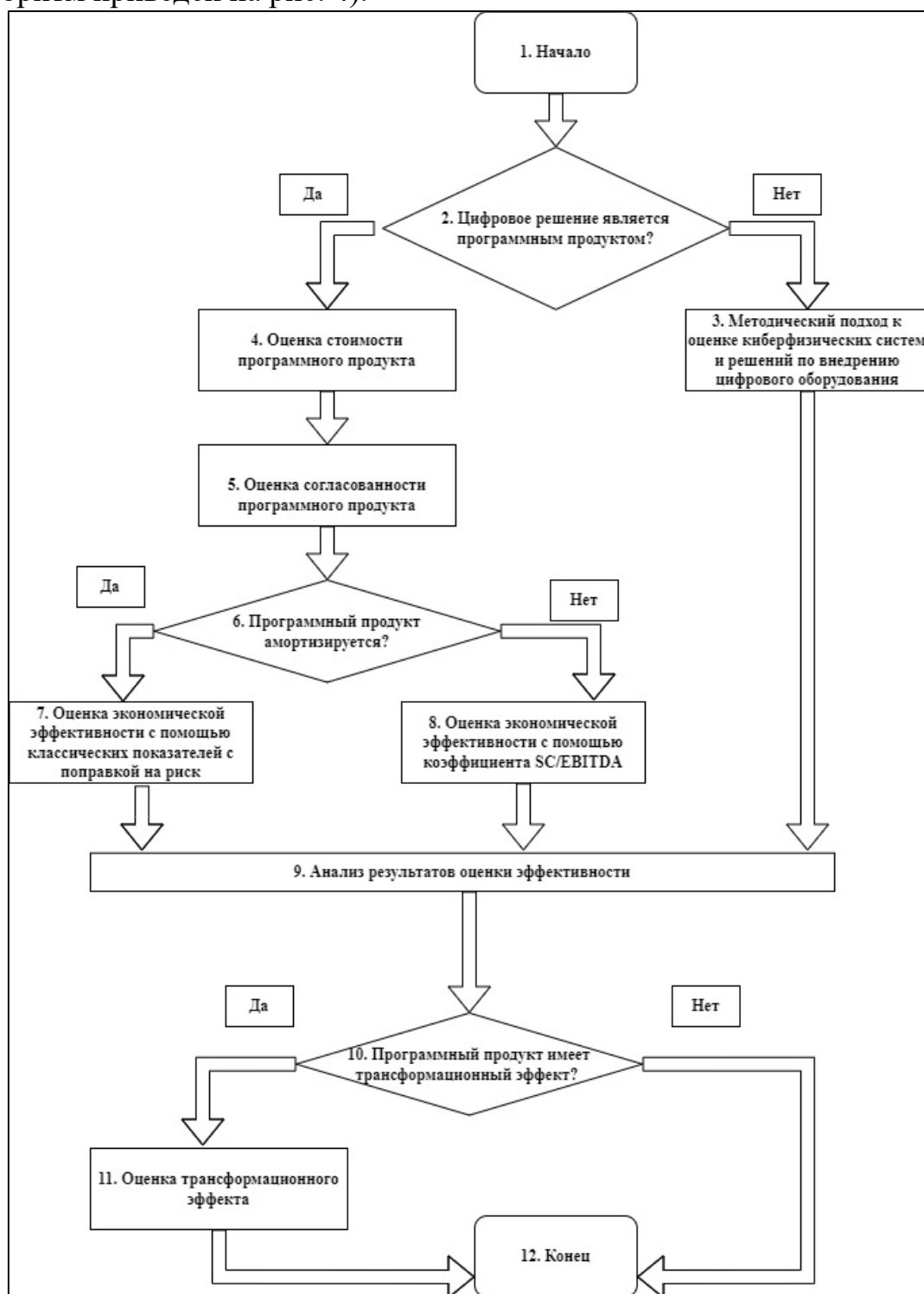


Рисунок 4 – Алгоритм оценки эффективности программных продуктов [авт.]

Расчет стоимости программного продукта – SC (Software cost) рассматривается как совокупность капитальных и операционных затрат с

учетом поправки на риск. Капитальные затраты – это вложения на этапе приобретения или разработки цифрового решения, операционные – это расходы промышленного предприятия при эксплуатации программного продукта. Внедрение и использование цифрового продукта занимает, как правило, несколько лет, поэтому при расчетах учтен фактор времени:

$$SC = (CAPEX_1 \times R_{CAPEX_1} + CAPEX_2 \times R_{CAPEX_2} + CAPEX_k \times R_{CAPEX_k}) + \sum_{i=1}^N \frac{OPEX_i \times R_{OPEX_i}}{(1+r)^i} \quad (2)$$

где SC (Software cost) – стоимость программного продукта, руб.; CAPEX<sub>k</sub> – объем k-го вида капитальных затрат, руб.; R<sub>CAPEX<sub>k</sub></sub> – уровень риска в баллах, соответствующего k-му виду капитальных затрат; OPEX<sub>i</sub> – операционные затраты i-го периода, руб.; R<sub>OPEX<sub>i</sub></sub> – уровень риска в баллах, соответствующий операционным затратам i-го периода; N – число периодов; r – ставка дисконтирования, %.

Для использования в формуле ТСО значение R<sub>i</sub> – поправка на риск – определяется по шкале (табл. 2).

Таблица 2 – Поправки значений CAPEX и OPEX при расчете стоимости программного проекта [авт.]

Оценка i-го риска в баллах (R <sub>i</sub> )	Поправка на риск (R <sub>CAPEX<sub>i</sub></sub> / R <sub>OPEX<sub>i</sub></sub> )
0-10	1
11-20	1,1
21-30	1,2
31-40	1,3
41-60	1,4
>60	1,5

Если стоимость программного продукта (обозначим этот показатель SC – Software cost) соответствует бюджету компании и не завышена, что особенно важно в случае с софтом, разработанным по заказу сторонней организацией, следует переходить к следующему шагу – оценке согласованности проекта.

Согласованность цифрового проекта оценивается с точки зрения соответствия программного обеспечения таким параметрам, как: квалификация персонала; мощность сервера; используемые технологии.

Если внедряемые технологии требуют большей мощности, чем может обеспечить имеющийся сервер, или квалификация программистов не позволяет эффективно работать с новым программным обеспечением (ПО), реализация решения о внедрении последнего окажется под угрозой.

В случае соответствия критерию согласованности, следующим этапом в рамках предлагаемого методического подхода следует оценить экономическую эффективность ПО. Для амортизируемых программных продуктов вполне применимы классические показатели инвестиционного анализа.

Целесообразность использования классических показателей обусловлена возможностью четкого планирования длительности проекта в соответствии со сроком полезного использования программного продукта. Если проект носит затратный характер, методические рекомендации могут быть использованы в классическом виде.

В ситуации, когда установить срок полезного использования ПО не представляется возможным, амортизация не начисляется. Здесь используется показатель, в расчете которого амортизация не учитывается. Таким показателем является, в частности, EBITDA (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization). Эффективным можно считать решение, которое приводит к росту этого показателя. В случае, если, помимо ПО, планируется реализация цифровых решений по другим направлениям деятельности, вклад в прирост EBITDA того или иного проекта может быть определен с помощью экспертов, и, по мере накопления статистики, статистически.

В качестве мультипликатора доходности таких решений предложено применять коэффициент SC/EBITDA. Он показывает, сколько прибыли до выплаты налогов, процентов и амортизации, генерируемой цифровым решением, понадобится для полной окупаемости стоимости ПО.

Предприятиям, внедряющим цифровые технологии, рекомендуется установить норматив этого коэффициента; он будет служить критерием отбора эффективных проектов ПО, по которым не начисляется амортизация.

**3. На основе проведенного статистического исследования результатов деятельности крупных публичных промышленных компаний методами ковариационного и корреляционного анализа подтверждена гипотеза относительно положительной корреляции между затратами на цифровые решения и результатами деятельности промышленного предприятия. Это способствует повышению обоснованности планирования инвестиций в цифровое развитие промышленного предприятия (п. 1.1.15. Паспорта специальности ВАК).**

В связи с рядом ограничений, которые обусловлены отсутствием в открытых источниках оперативных данных, касающихся цифровизации на промышленных предприятиях, для выполнения исследовательской задачи приняты допущения:

1) для исследования использован разработанный методический подход к анализу эффективности программных продуктов, что обусловлено преобладанием в стратегии цифровизации рассматриваемых компаний такого типа цифровых решений;

2) в качестве затрат на цифровые решения использованы расходы промышленных предприятий на цифровизацию и НИОКР за соответствующий период, так как большинство предприятий на данный момент оценивают расходы при внедрении цифровых технологий укрупненно;



3) принято, что все решения, реализуемые промышленным предприятиями выборки, согласованы;

4) оценка экономической эффективности осуществлена с помощью коэффициента SC/EBITDA;

5) в качестве базы данных использованы расходы промышленных предприятий на цифровизацию и НИОКР за 2019 и 2020 г.

В качестве объектов эмпирического исследования выбраны крупные отечественные предприятия и группы предприятий промышленного сектора. Процесс формирования выборки включал три этапа. На первом определена база для формирования выборки. В качестве источника информации использовался рейтинг Forbes за 2021 г. и 2020 г., включающий 200 крупнейших частных компаний России. На втором этапе формирования выборки в списке выделено 69 промышленных предприятий. На третьем этапе из 69 отобраны 10, соответствующие двум требованиям: 1) предприятие реализует цифровые решения или программу цифровой трансформации; 2) предприятие публикует в открытом доступе аналитические данные, включающие основные показатели деятельности (выручка, EBITDA, численность персонала, инвестиции в цифровизацию и НИОКР).

Следующим шагом стал анализ практического применения инструментов разработанного в рамках настоящего диссертационного исследования методического инструментария к анализу программных продуктов. В результате рассчитан коэффициент SC/EBITDA (рис. 5).

Снижение показателя SC/EBITDA свидетельствует о том, что каждая единица затрат генерирует больший объем прибыли до уплаты процентов, налогов и амортизационных отчислений. Снижение коэффициента зафиксировано для группы компаний «Лукойл», группы компаний «Норильский никель» и АО «Объединенная металлургическая компания».

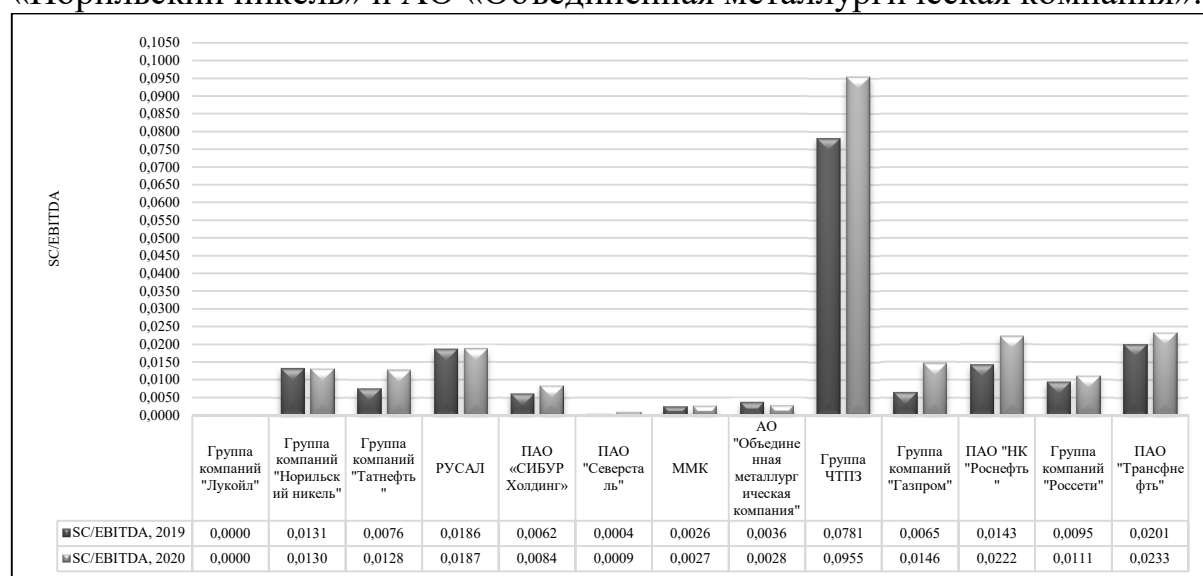


Рисунок 5 – Динамика коэффициента SC/EBITDA в 2019-2020 г. [авт.]

Отрицательная динамика, то есть рост коэффициента, во всех остальных случаях обусловлены снижением EBITDA на фоне одновременного роста расходов на цифровизацию и НИОКР, что в результате привело к снижению коэффициента SC/EBITDA. Можем с осторожностью предположить, что снижение EBITDA в 2020 г. во многом обусловлено общими негативными тенденциями в экономике, обусловленными пандемией, что не могло не сказаться негативно на деятельности крупнейших отечественных промышленных предприятий.

На втором этапе анализа осуществлена проверка гипотезы о влиянии цифровых решений на выручку, EBITDA и производительность труда (рис. 6).

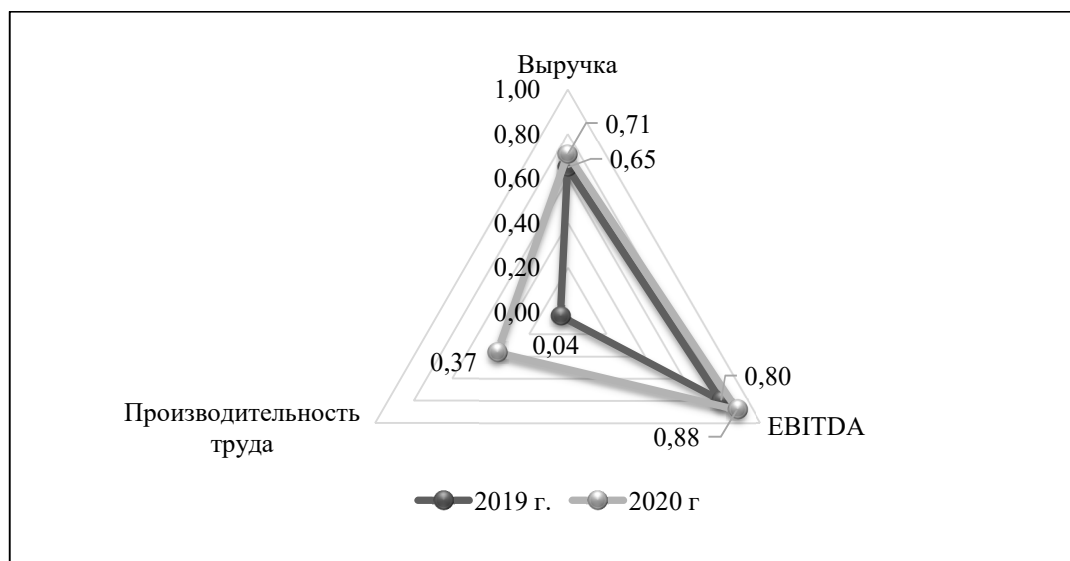


Рисунок 6 – Коэффициенты корреляции между расходами на цифровизацию и НИОКР и показателями: выручкой, EBITDA, производительностью труда [авт.]

Расчет коэффициента ковариации позволил выявить наличие связи между расходами на цифровизацию и НИОКР и показателями выручки и EBITDA. Результаты корреляционного анализа подтвердили гипотезу в части наличия сильной взаимосвязи между вложениями в цифровизацию и НИОКР и прибылью до оплаты процентов по кредитам, налогов и амортизации. С учетом этого показатель EBITDA может использоваться для оценки экономической эффективности, так как между ним и вложениями в цифровые решения выявлена сильная прямая зависимость, соответственно, полагаем, что расходы на цифровизацию – это один из факторов, способствующих росту EBITDA.

Таким образом, исследование подтвердило адекватность и практическую применимость методического подхода к оценке эффективности цифровых решений для промышленного предприятия.

Наиболее сильная положительная зависимость между исследуемыми показателями (расходы на цифровизацию и НИОКР и EBITDA)

зафиксирована по данным 2020 г. Однако неясен характер этой зависимости, а также степень влияния факторного признака – расходов на цифровизацию и НИОКР на результирующий – EBITDA. Для ответа на обозначенные вопросы проведено дополнительное исследование с помощью метода наименьших квадратов (рис. 7).

На графике видно, что связь между переменными близка к линейной. Величина квадрата R при этом составляет 0,77, близка к 1, что свидетельствует о достаточно высокой тесноте связи исследуемых факторов. Полученная модель может быть использована для прогнозирования влияния инвестиций во внедрение цифровых решений на промышленном предприятии на объем получаемой прибыли до оплаты процентов по кредитам, налогов и амортизации.

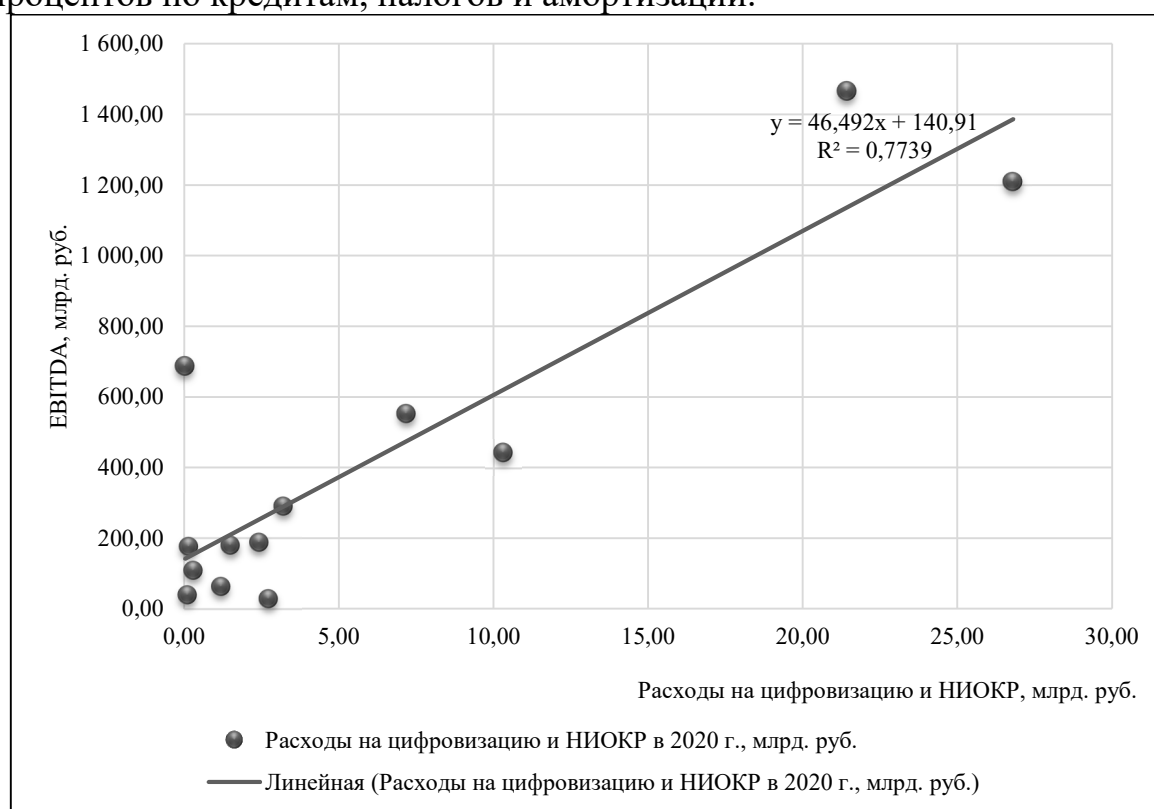


Рисунок 7 – График зависимости EBITDA от расходов на цифровизацию и НИОКР [авт.]

**4. Предложен метод количественной оценки трансформационного эффекта с использованием функции желательности Харрингтона и сформирована шестипольная аналитическая матрица в координатах «Эффективность работы оборудования – трансформационный эффект», с выделением нормативных значений частных критериев интегрированного показателя эффективности работы оборудования. Матрица дает возможность определить позицию цифрового решения промышленного предприятия в заданных координатах и обосновать**

**целесообразность и перспективы его внедрения (п. 1.1.13. Паспорта специальности ВАК).**

В работе сформирована шестипольная аналитическая матрица для анализа цифровых решений. В качестве координат матрицы приняты показатели ОЕЕWO и трансформационный эффект (рис. 8). Таким образом, в координатах заложены параметры, характеризующие эффективность внедрения киберфизических систем и проектов по внедрению цифрового оборудования на промышленном предприятии:

1. ОЕЕWO (The overall efficiency of the equipment, taking into account the work of the operator) – интегрированный показатель эффективности работы оборудования.

2. Трансформационный эффект.

Величина ОЕЕWO по вертикальной оси может быть определена в один из интервалов: менее 50%, 50-85%, более 85%. Значения показателя трансформационного эффекта варьируются от 0 до 1, по горизонтальной оси значение показателя выше или ниже 0,5.

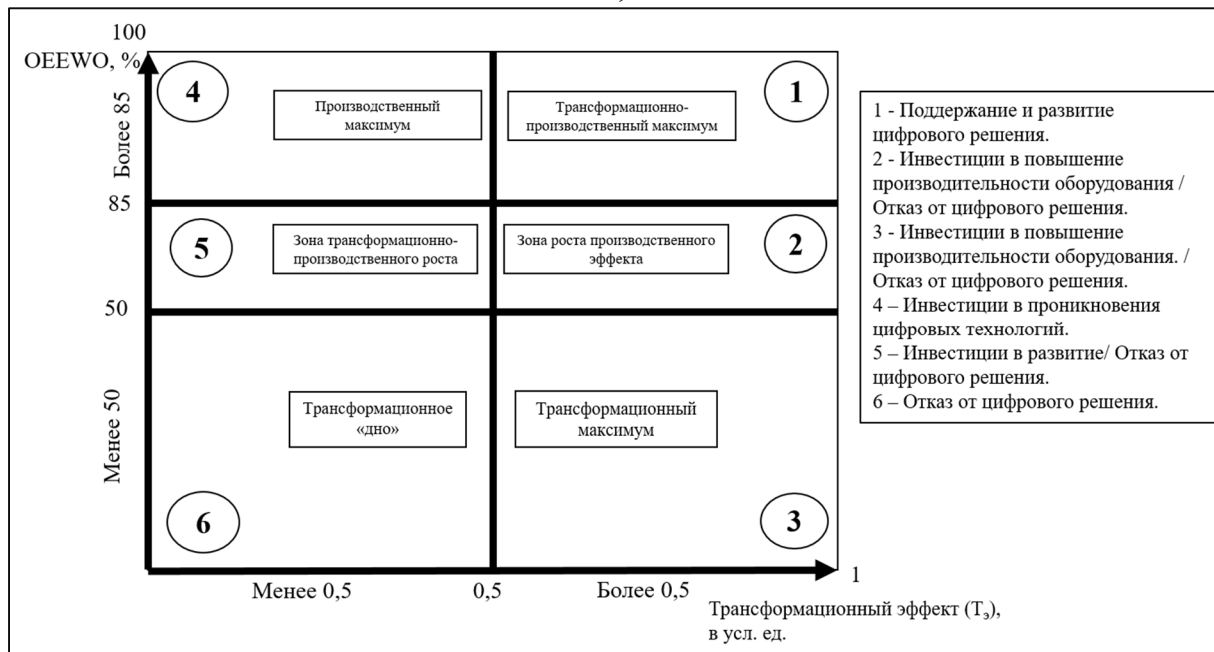


Рисунок 8 – Аналитическая матрица анализа цифровых решений [авт.]

Количественное значение показателя «трансформационный эффект» предлагается определять по совокупности индикаторов, выбор которых обусловлен целями, преследуемыми промышленным предприятием при внедрении цифровых решений. С некоторой долей условности в работе выделены два типа цифровизации промышленного предприятия: цифровизация бизнес-моделей и операционная цифровизация. В первом случае процессы на предприятии претерпевают кардинальные изменения. При операционной цифровизации бизнес-модель предприятия не изменяется, но внедряются цифровые инструменты для повышения эффективности ее работы. На основании предложенной типологии

разработан подход к формированию системы индикаторов количественной оценки трансформационного эффекта (рис. 9).

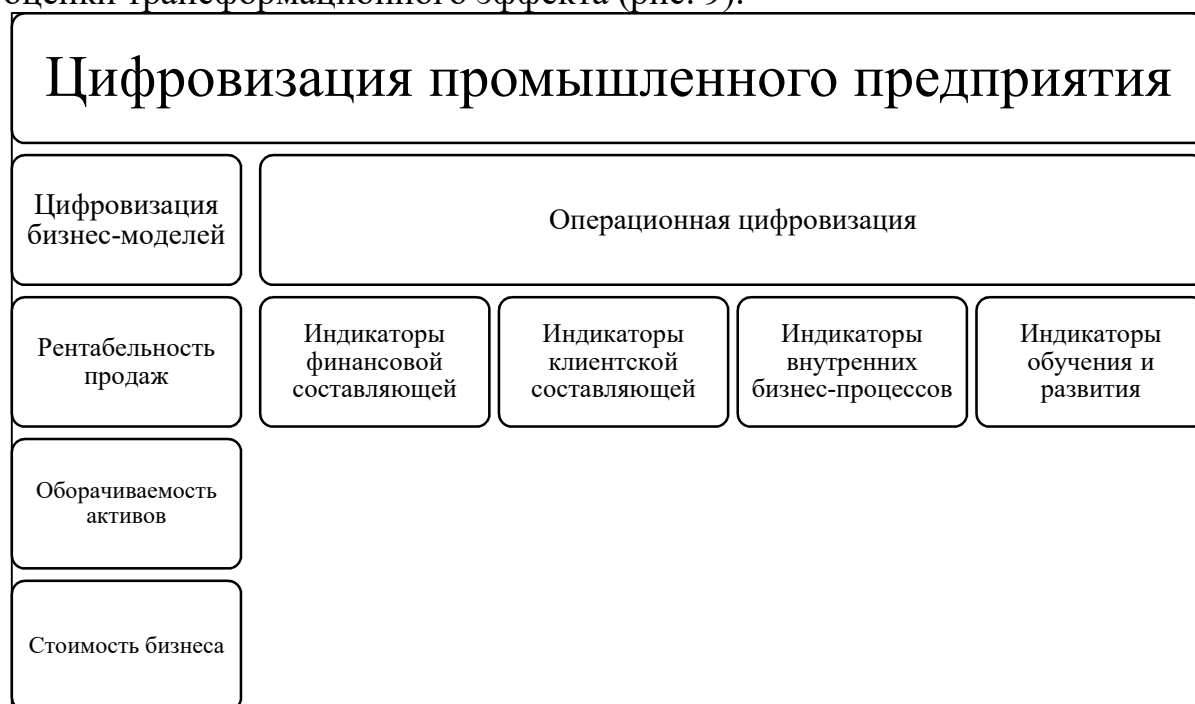


Рисунок 9 – Подход к формированию системы индикаторов количественной оценки трансформационного эффекта в зависимости от типа цифровизации на предприятии [авт.]

Количественная оценка трансформационного эффекта осуществляется с использованием функции желательности Харрингтона в следующей последовательности.

1. Представление каждого индикатора в относительной форме по формуле:

$$M_n = \frac{i_{\text{факт.}}}{i_{\text{целевое}}}, \quad (3)$$

где  $M_n$  – относительное значение индикатора;  $n$  – количество индикаторов;  $i_{\text{факт.}}$  – фактическое значение индикатора;  $i_{\text{целевое}}$  – целевое значение индикатора, выбранное на основе мнений экспертов, деятельности конкурентов.

2. Расчет многомерной средней индикаторов как среднее значение всех индикаторов, представленных в относительной форме:

$$I = \sqrt[n]{M_1 \times M_2 \times M_n} \quad (4)$$

где  $I$  – интегральная оценка трансформационного эффекта по выбранным для цифрового решения показателям;  $M_n$  – многомерная средняя всех показателей.

Полученное значение варьируется в диапазоне от 0 до 1 и интерпретируется по шкале (табл. 3).

Таблица 3 – Интерпретация оценки трансформационного эффекта цифрового решения по шкале Харрингтона

Уровень трансформационного эффекта	Интервалы значений функции желательности
Высокий	0,75-1
Средний	0,5-0,75
Низкий	0,25-0,5
Трансформационный эффект отсутствует	0-0,25

На основании анализа позиции, которую может занимать цифровое решение в матрице в зависимости от различных значений показателей, характеризующих его эффективность, возможно определить перспективы и целесообразность дальнейшей работы по его внедрению.

Так, в зоне трансформационно-производственного максимума целесообразно поддержание и развитие цифрового решения. В зоне роста производственного эффекта, как и в зоне трансформационного максимума возможны два пути: инвестиции в повышение производительности оборудования или отказ от цифрового решения. Если цифровое решение попадает в зону производственного максимума и высокая эффективность работы оборудования на данном этапе для компании приоритетна, следует продолжить инвестировать в его развитие.

В зоне трансформационно-производственного роста значения обоих показателей ниже нормы. В данном случае целесообразно либо инвестировать в цифровое решение одновременно в части развития и программной составляющей, и оборудования, либо в принципе отказаться от дальнейшего внедрения.

Шестое поле матрицы – трансформационное «дно» – предназначено для наименее эффективных цифровых решений с точки зрения всех показателей, и от их внедрения рекомендуется отказаться.

Апробация основных разработок диссертационного исследования проведена на ОАО «Челябинский механический завод». В результате проведенной апробации удалось сформировать пакет рекомендаций по внедрению цифровых решений в деятельность промышленного предприятия и разработке программы цифровой трансформации.

Проведенная апробация позволяет сделать вывод об адекватности и практической применимости разработанных методов.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом диссертационного исследования является разработанный методический инструментарий, позволяющий провести оценку, с учетом специфики цифрового решения, его экономической эффективности и осуществить анализ целесообразности и перспектив реализации цифрового решения с помощью шестипольной аналитической матрицы для анализа цифровых решений.

Удалось доказать гипотезу относительно влияния цифровых решений на выручку, EBITDA и производительность труда промышленного предприятия, и тем самым подтвердить адекватность и практическую применимость предложенного в работе методического подхода.

Ключевыми отличиями научных результатов исследования являются следующие:

- возможность анализа и количественной оценки результатов внедрения цифровых решений с учетом их специфики;
- выявление и количественная оценка трансформационного решения;
- определение перспектив по работе с цифровым решением на основании занимаемого им положения в предложенной матрице.

Реализация методического подхода дает возможность промышленному предприятию принимать взвешенные решения относительно работы с цифровыми технологиями, целесообразности их внедрения, что, в конечном итоге, позволяет быть более конкурентоспособным в условиях цифровой экономики.

#### **IV. ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

##### **Статьи в научных изданиях, определенных ВАК РФ**

1. Любименко, Д. А. Методический подход к оценке эффективности цифровых инвестиционных проектов / Д. А. Любименко, Е. Д. Вайсман // Экономика. Информатика. – 2020. – Т. 47. – № 4. – С. 718–728. – DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-718-728. (авт. 0,8 п.л.)

2. Вайсман, Е. Д. К вопросу оценки экономической эффективности цифровых инвестиционных проектов / Е. Д. Вайсман, Д. А. Любименко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2021. – Т. 15. – № 3. – С. 122–131. – DOI 10.14529/em210312. (авт. 0,8 п.л.)

3. Любименко, Д. А. Методический подход к оценке эффективности инжиниринговых проектов внедрения киберфизических систем в деятельность промышленных предприятий / Д. А. Любименко, Е. Д. Вайсман // Экономика. Информатика. – 2021 – Т. 48. – № 4. – С. 663–678. DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-4-663-678. (авт. 0,9 п.л.)

4. Любименко Д. А. Разработка методического инструментария анализа цифровых решений промышленного предприятия / Д. А. Любименко, Е. Д. Вайсман // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 11 (136). – С. 1444–1451 (авт. 0,88 п.л.)

##### **Статьи в научных изданиях, входящих в базу Web of Science**

5. Vaisman, E. D. Methods of a weak market signals for evaluation the economic efficiency of digital investment projects / Vaisman E. D., Lyubimenco D.A., Nikiforova N. S. and Zagornaia T.O. // Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference – Innovation Management and Education Excellence Vision 2020: From Regional

Development Sustainability to Global Economic Growth (IBIMA). – 2020, Seville, Spain. – p. 7292–7303 (авт. 0,6 п.л.)

**Статьи в научных журналах и сборниках научных трудов**

6. Вайсман, Е. Д. К вопросу оценки эффективности цифровых инвестиционных проектов / Е. Д. Вайсман, **Д. А. Любименко** // Умные технологии в современном мире: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Челябинск, 18 февраля 2020 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Высшая школа экономики и управления. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2020. – С. 98–108. (авт. 0,5 п.л.)

7. Вайсман, Е. Д. Особенности цифровых инвестиционных проектов и проблема оценки их экономической эффективности / Е. Д. Вайсман, **Д. А. Любименко** // Наука ЮУрГУ: материалы 72-й научной конференции. Секции экономики, управления и права, Челябинск, 21–23 апреля 2020 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – С. 69–75. (авт. 0,5 п.л.)

8. Вайсман, Е. Д. Классификация цифровых проектов в промышленности и подходов к их реализации / Е. Д. Вайсман, **Д. А. Любименко** // Умные технологии в современном мире: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Челябинск, 24–25 ноября 2021 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Высшая школа экономики и управления. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2021. – С. 157–164. (авт. 0,35 п.л.)

9. Вайсман, Е. Д. Цифровые проекты как основа развития современных промышленных предприятий / Е. Д. Вайсман, **Д. А. Любименко** // Инновационно-инвестиционный фундамент развития экономики общества и государства: от научных разработок к практике: сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27–28 декабря 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 120–123. (авт. 0,21 п.л.)

10. Любименко, Д. А. Анализ эффективности программных продуктов промышленных предприятий как одного из видов цифровых решений / Д. А. Любименко // Научные исследования, разработки и практические внедрения: материалы VII Международной научно-практической конференции (31 января 2022г.): в 2-х ч. Ч-1. – г. Ставрополь: ООО «Ставропольское изд-во «Параграф», 2022. – С. 420–424. (авт. 0,28 п.л.)