

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

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)»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, профессор
Вайсман Елена Давидовна

Челябинск
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ.....	11
1.1. Текущее состояние, ключевые проблемы и основные тренды в развитии промышленного сектора экономики.....	11
1.2. Цифровизация VS цифровая трансформация: история возникновения термина цифровая трансформация и его отличие от цифровизации.....	24
1.3. Классификация цифровых решений	38
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ	52
2.1. Обзор методов оценки эффективности проектов цифровизации	52
2.2. Методический подход к оценке и анализу внедрения киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования	64
2.3. Методический подход к оценке и анализу программных продуктов.....	83
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ИНВЕСТИЦИЙ В ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ	100
3.1. Формирование цели и выбор объектов исследования	100
3.2. Апробация методического подхода к оценке эффективности внедрения цифровых решений на промышленных предприятиях	117
3.3. Методический подход к анализу цифровых решений промышленного предприятия	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	144
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	149
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	168
Приложение А	169

ВВЕДЕНИЕ

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 предприятиях 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-эмпирическая база 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 IBIMA (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.

ГЛАВА 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

1.1. Текущее состояние, ключевые проблемы и основные тренды в развитии промышленного сектора экономики

Стремительное развитие среды и смена драйверов роста бизнеса стимулирует промышленные предприятия к внутренним преобразованиям, позволяющим удерживать конкурентное положение на рынке. При поиске источников для новых возможностей предприятия ориентируются как на глобальные изменения в обществе в целом, так и в экономике в частности. Если рассматривать мировые тенденции, то в 2020 г. наиболее серьезной среди них стал COVID-2019 [19]. По прогнозам аналитиков, влияние пандемии должно было закончиться уже к осени 2020 г., на практике же оказалось, что несмотря на все предпринятые меры, она на сегодняшний день по-прежнему воздействует на бизнес. Результаты исследования «Делойт» «Опрос финансовых директоров ведущих компаний в России» показывает, что COVID-2019 уже перестал быть определяющим драйвером развития экономики и отдельных отраслей в России [66]. Ограничительные меры постепенно ослабляются, и показатели деятельности предприятий возвращаются на прежний уровень. По данным «Делойт», 65% компаний отметили, что выручка уже достигла того уровня, на котором находилась до COVID-2019 или даже превзошла его. Наиболее активно восстанавливается крупный и средний бизнес, сложнее справиться с последствиями пандемии малому бизнесу. Большинство респондентов опроса «Делойт» настроены достаточно оптимистично и отмечают, что большинство компаний успешно адаптировались к высокому уровню неопределенности [66].

В то же время, помимо таких факторов, как COVID-2019, которые невозможно спрогнозировать и предупредить, также существуют драйверы роста, являющиеся логичным и планомерным следствием развития общества и его

отдельных сфер, такие как цифровые технологии. Одной из основ будущих стратегий для 72% респондентов «Делойт» стала именно цифровизация (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Приоритетные стратегии развития компаний в 2021 г. [66]

Влияние цифровизации послужило причиной изменения устоявшихся моделей экономической деятельности и социальной жизни. Искусственный интеллект, робототехника, Интернет вещей, беспроводная связь – такие технологии вызывают масштабную трансформацию в различных сферах. Их влияние неоднозначно и малопредсказуемо, однако очевидно, что со временем оно постоянно усиливается: происходит интеграция населения в цифровое пространство, осуществляется цифровая трансформация в бизнесе, государственном управлении и социальной сфере.

Ежегодно увеличивается доля пользователей интернета среди взрослого населения в России. За период с 2010 г. по 2017 г. она выросла в 1,7 раза [123]. По данным краткого статистического сборника Высшей школы экономики [1], в мировых масштабах в 2010 г. доступ к интернету имели только 48,4% домашних хозяйств, в то время как в 2018 г. этот показатель составил уже 76,6% (рис. 1.2).

Если изначально Интернет был для населения преимущественно инструментом поиска и скачивания цифрового контента, то со временем превратился в средство коммуникации, стал использоваться для заказа товаров, осуществления финансовых операций.



Рисунок 1.2 – Доступ к интернету в домашних хозяйствах (в процентах от общего числа домашних хозяйств) [1]

На сегодняшний день физический доступ к глобальной сети есть у большей части общества. По данным опроса НИУ ВШЭ, основная причина отказа от использования интернета – это отсутствие необходимости, желания или интереса, а не недостаток финансов или технические проблемы (рис. 1.3).

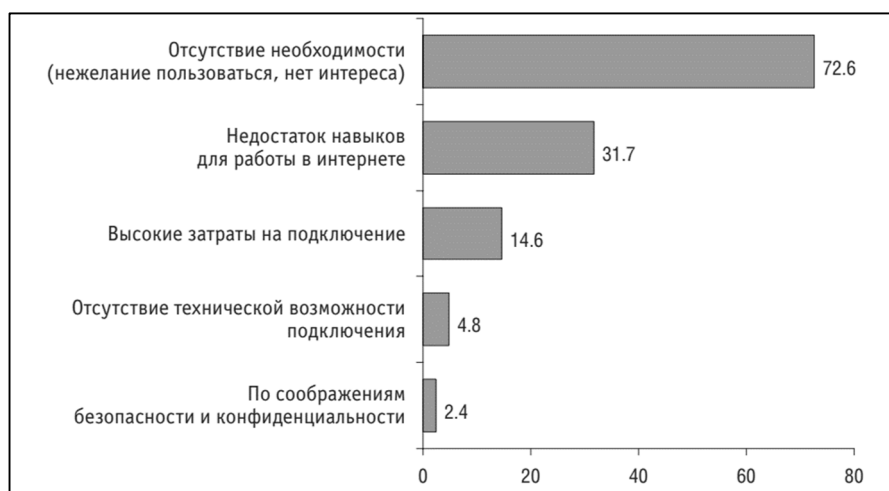


Рисунок 1.3 – Факторы, сдерживающие использование интернета населением: 2018 (в процентах от численности населения в возрасте 15–74 лет, использовавшего интернет более 12 месяцев назад или не использовавшего никогда) [1]

Исследование Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ зафиксировало средний уровень «цифрового благополучия» в России.

По некоторым параметрам она опережает другие развитые страны, например, по степени оснащённости школ цифровыми ресурсами (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Сравнение России и ОЭСР в терминах цифровых возможностей и рисков: 2019 г., % [26]

Цифровизация затрагивает все сферы жизни общества, и наибольший интерес с точки зрения приложения цифровых технологий представляет экономика. Благодаря Интернету вещей, новому программному обеспечению, роботам, автоматизации появилась возможность совершенствовать процессы на предприятии, повысить доступность товаров и услуг. Вместе с тем усиливается конкуренция, расширяются рынки. В конечном итоге цифровизация имеет глобальный эффект, так как стимулирует рост национальной экономики.

По данным аналитиков Глобального института McKinsey [120], к 2025 году в Китае внедрение новых технологий обеспечит увеличение ВВП до 22%, а в США – до 1,6–2,2 трлн. долл. В России ВВП вырастет на 4,1–8,9 трлн. руб. (в ценах 2015 года). Такой эффект достигается сочетанием автоматизации текущих процессов и применения принципиально новых бизнес-моделей.

Адаптация предприятий к условиям цифровой экономики происходит постепенно. Наиболее распространенным и показательным аспектом является

использование веб-сайта. Так, результаты исследований [1] показывают, что в мировой среде в 2015 г. он был только у 41,4% компаний, в то время как к 2018 г. этот показатель увеличился до 48,7% (рис. 1.5).

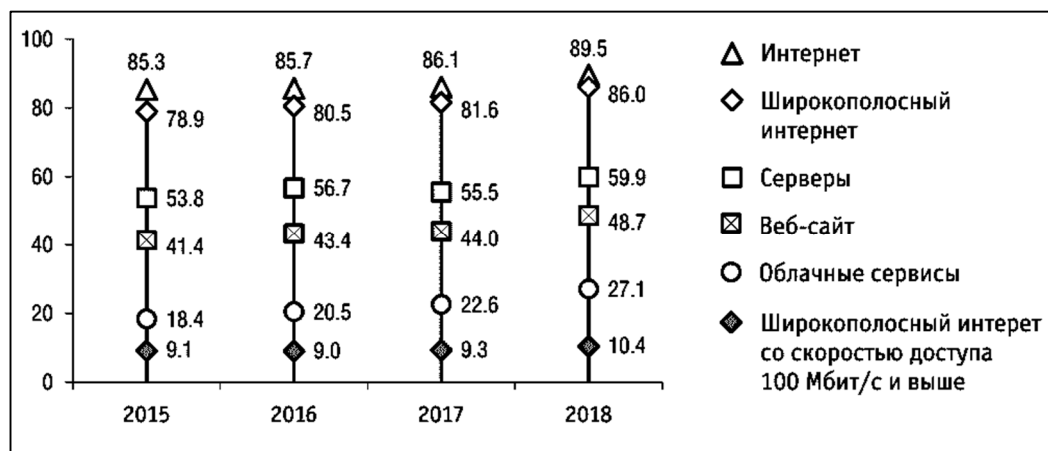


Рисунок 1.5 – Использование информационно-коммуникационных технологий в организациях (в процентах от общего числа организаций предпринимательского сектора) [1]

Сегодня цифровизация осуществляется в различных направлениях. Помимо создания сайтов, руководители компаний используют онлайн-каналы для продвижения и коммуникации с клиентами, внедряют электронный документооборот, работают с big data, Интернетом-вещей и новым программным обеспечением. Перевод бизнеса в цифровую среду требует особого внимания к кибербезопасности. Для минимизации риска утраты информации и получения несанкционированного доступа к ней компании усиливают меры по ее защите.

В последнее время темпы цифровизации бизнеса уверенно растут. Постепенно от внедрения отдельных цифровых технологий руководители предприятий переходят к масштабной трансформации: оцифровывают основные этапы производства, взаимодействия с поставщиками и клиентами, внедряют электронный документооборот и другие автоматизированные системы.

Наибольшее влияние на бизнес, по данным исследования PwC, оказали следующие прорывные технологии [83]:

1. Блокчейн – реестр, в форме которого осуществляется запись данных в сети. Его специфика заключается в возможности предоставлять доступ к информации

множеству участников, при этом если кто-то из них осуществляет запись транзакции (вносит изменения), остальные получают уведомление. Важным преимуществом, позволяющим использовать блокчейн в бизнесе, является однократность записи. Благодаря этому исключается риск дублирования действий [136].

Блокчейн нашел практическое применение в организации бизнес-процессов на предприятиях. Так, компания S7 совместно с оператором «Газпромнефть-Аэро» и Альфа-Банком внедрила технологию заправки воздушных судов посредством смарт-контракта на основе технологии блокчейн. Новый подход позволил снизить трудозатраты, ускорить процесс и заменить бумажную отчетность электронным документооборотом [31].

2. Беспилотные устройства, известные также как дроны, коренным образом меняют бизнес-модели предприятий. При относительно невысокой стоимости они имеют огромный потенциал. Их ценность заключается не в самом устройстве, а в программах, осуществляющих распознавание и обработку получаемой информации. Полученные данные встраиваются в существующие на предприятии информационные системы, обеспечивая тем самым существенные конкурентные преимущества и позволяя успешно адаптироваться к изменяющимся условиям среды [30].

Компании нефтегазовой отрасли эффективно решают многие вопросы безопасности и надежности с помощью беспилотных устройств. Например, «Роснефть» реализует проект по внедрению беспилотных летательных аппаратов для мониторинга уровня парниковых газов [87].

3. Трехмерная печать – это технология, позволяющая послойно создавать трехмерные объекты на основе цифровой модели. С ее помощью возможно изготовление деталей из дерева, металла и стекла. Успешное применение трехмерной печати доказывают примеры отечественных компаний. Например, в июле 2021 года на Череповецком металлургическом комбинате начал работать новый 3D принтер по выпуску деталей из металлического порошка [130]. Внедрение сквозной технологии позволило задавать нужные свойства изделия в

зависимости от сплава и конструкции. Возможность выбора параметров обеспечивается специальным программным обеспечением.

4. Виртуальная/дополненная реальность (VR/AR) – это технология, позволяющая воспроизвести 3-D изображение или полноценную среду, в рамках которых пользователи могут эффективно взаимодействовать. Они применяются для достижения эффекта «погружения».

По данным исследования аналитического агентства «ТМТ Консалтинг» и компании Huawei [92] в России рынок технологии VR/AR находится в начале своего развития, но число проектов постоянно растет и уже сейчас охватывает различные сегменты. Основной спрос формируется благодаря коммерческим организациям – 70 % (рис 1.6). Большая часть проектов реализуется на производственных предприятиях и в топливно-энергетическом комплексе. Посредством AR/VR-проектов в промышленности решается вопрос обучения и формирования у сотрудников специальных навыков. Запрос на применение технологии виртуальной и дополненной реальности также существует со стороны госсектора (20% в общем объеме рынка) в сфере образования, здравоохранения, культуры (рис 1.6). Частный сектор на текущий момент сложно назвать активным потребителем AR/VR-разработок (объем B2C составляет всего 10% (рис 1.6)), что обусловлено их высокой стоимостью. Пока у пользователей есть возможность оценить технологию в AR-приложениях для смартфона [92].

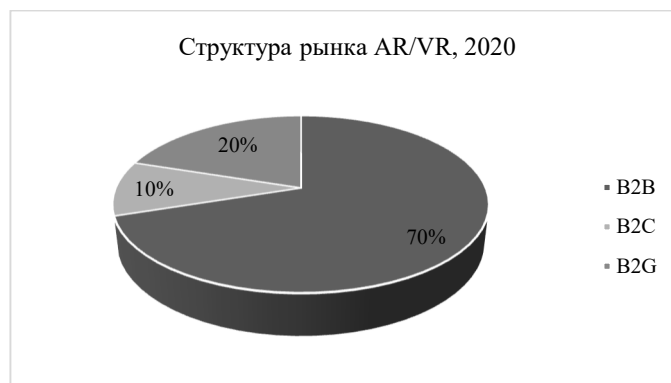


Рисунок 1.6 – Структура российского рынка AR/VR, % [92]

В 2020 году зафиксирован рост российского рынка AR/VR на 16% по сравнению с предыдущим годом [92]. Его объем составил 1,4 млрд. руб., в котором на виртуальную реальность приходится 78,5%, на дополненную 21,5% (рис. 1.7).

При этом в 2020 г. сегмент AR увеличился на 40%, в то время как рост VR составил всего 10%, что обусловлено снижением спроса на развлекательные проекты в связи с пандемией.

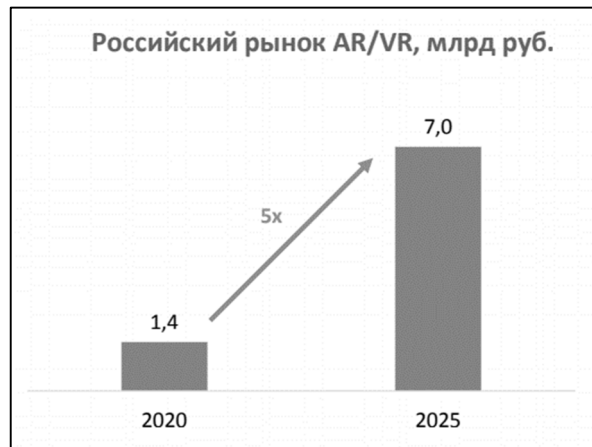


Рисунок 1.7 – Прогноз динамики российского рынка AR/VR, млрд руб. [92]

Виртуальная реальность (VR) полностью симулирует реальность, создает виртуальную среду. Погрузившись в нее, человек не взаимодействует с реальными предметами. VR – пространство предполагает применение дополнительного оборудования: костюма или специальных контроллеров. С их помощью устанавливается взаимодействие с виртуальной средой [124].

Так, в 2020 году в условиях распространения коронавирусной инфекции из-за невозможности командировок перед руководством Пермского завода Henkel Laundry & Home Care встал вопрос организации качественной коммуникации с инженерами, которые входят в международную команду Henkel и находятся в Европе. Решить проблему помогли очки виртуальной реальности MS HoloLens 2. Они позволяют общаться через программу Teams, обеспечивающую связь инженеров с сотрудниками на производственной площадке. Преимущество такого формата коммуникации заключается в наличии голограммы, наглядно отражающей все детали процесса наладки оборудования [111].

В отличие от виртуальной дополненная реальность (AR) не воспроизводит среду полностью, а только дополняет реальный мир отдельными элементами [124]. Она применяется в ситуациях, когда важно действовать в конкретном пространстве: в производственном цехе или на конкретном оборудовании.

Применение AR-технологии в 2014 году стало конкурентным преимуществом для аэрокосмической компании Boeing. При изготовлении бортовой системы самолета используется множество компонентов, которые связываются между собой проводами. В конечном итоге получается жгут. Укладка и соединение проводов осуществляется в соответствии с определенной схемой, является трудоемким процессом, требующим длительного времени. Компания Boeing долгое время искала систему, оптимизирующую этот этап производства. Снизить количество ошибок и ускорить процесс позволила технология дополненной реальности на базе очков Google Glass [140]. Оператор отдает голосовую команду, и система самостоятельно начинает создавать жгут. В AR-очках весь процесс отображается в виде дорожной карты, позволяющей контролировать каждый этап.

Компания «Башнефть» на основе технологии дополненной реальности создала тренажер для обучения специалистов нефтегазовой отрасли. Его применение обеспечивает получение практического опыта, что способствует снижению количества ошибок на производстве [6].

5. Интернет вещей.

Понятие «Интернет вещей» (Internet of Things, IoT) появилось в 1999 году благодаря Кевину Эштону. Его наиболее точное определение предложено консалтинговой компанией Gartner: «Интернет вещей – это сеть физических объектов, которые имеют встроенные технологии, позволяющие осуществлять взаимодействие с внешней средой, передавать сведения о своем состоянии и принимать данные извне» [112]. Отдельно выделяют индустриальный или промышленный Интернет вещей. Он объединяет компьютерные сети и промышленные объекты: сенсоры, датчики, производственное программное обеспечение.

По данным исследования PwC [76], ожидания компаний в части эффекта от внедрения Интернета вещей отличаются в зависимости от отрасли (рис. 1.8). Для промышленных предприятий наибольшие выгоды ожидаются в операционной

эффективности и сокращении затрат – 68%, гибкости цепочки поставок – 53%, а также в оптимизации управления активами – 45%.



Рисунок 1.8 – Результаты опроса об ожидаемых выгодах от инвестиций в IoT-технологии [76]

В России ежегодно рынок IoT демонстрирует рост на 18,3% по данным Научно-технического центра Главного радиочастотного центра (НТЦ ГРЧЦ). Прогнозируется, что к 2024 году его объем превысит 100 млрд. [131] Многие промышленные предприятия уже внедряют технологии IoT. Например, некоторые дочерние компании ПАО «Северсталь» не имеют собственных источников электроэнергии и вынуждены приобретать ее. Особенность процесса закупа заключается в необходимости фиксировать в заявке объем и стоимость электроэнергии. Если прогнозные значения будут отличаться от фактических, придется оплачивать дополнительный тариф. Для решения этой проблемы ПАО «Северсталь» внедрила технологии машинного обучения и интернета вещей. Оборудование собирает данные приборов учета, что позволяет точно прогнозировать объем потребляемой электроэнергии [102].

6. Искусственный интеллект также является одной из наиболее прорывных технологий, по данным PwC, и представляет собой способность машин и компьютерных программ решать задачи, требующие навыков, которые ранее традиционно связывались с человеческим разумом: пониманием языка, обучением, сбором и анализом данных. По данным отчета «Мониторинг глобальных трендов цифровизации 2020» группы компаний «Ростелеком», он занимает первое место в общем рейтинге трендов с 2018 г. [55].

Одним из самых перспективных направлений для внедрения технологии искусственного интеллекта и машинного обучения является отрасль нефти и газа. Так, компания «Сибур» использовала ее для моделирования работы реактора полиэтилена высокого давления. Искусственный интеллект позволил в короткие сроки и с минимальными затратами провести эксперименты, для осуществления которых в обычных условиях с учетом специфики нефтегазовой отрасли потребовалось бы целое десятилетие [103, 38].

7. Сквозная технология, ставшая технической основой интенсификации производства, – роботы. Этим термином обозначают электромеханические устройства, используемые для автоматизации действий. В промышленности, как правило, используется не отдельный робот, а целая система, в которой он является лишь одним из элементов. Ее называют робототехническим комплексом – РТК. Чтобы интегрировать робота в производство, проводятся пуско-наладочные работы, применяется периферийное оборудование и программное обеспечение, и в результате формируется робототехнический комплекс [81].

По данным исследования, проведенного TAdviser в 2021 году, наиболее активно роботы используются в металлургической отрасли (28%), автомобильной промышленности (12%), пищевом производстве (12%), химической промышленности (8%) и деревообработке (6%). По данным Международной федерации робототехники (IFR) объем мирового рынка промышленных роботов в 2019 году составил 13,8 млрд. долларов, а робототехнических систем – 41 млрд. долларов. Что касается российского рынка, то его объем – всего 0,5-1% от мирового. Помимо стоимостной оценки, также используется такой показатель как

плотность роботизации – количество роботов на 10 тыс. рабочих мест. По данным 2019 года для России его значение составляло 6, в то время как для лидеров по роботизации, например, Сингапура и Южной Кореи – 918 и 855 соответственно [81].

Проведенный анализ сквозных технологий и опыта их практического применения показал: основная задача цифровизации в промышленности, по мнению директора по анализу процессов цифровой трансформации J'son&Partners Consulting Александра Герасимова, заключается в стремлении к оптимизации [52].

Усиление тренда цифровизации в области промышленности доказывают данные аналитиков. Результаты исследования, проведенного компанией PwC в 2016 г. среди металлургических предприятий, свидетельствуют о том, что около 62% всех респондентов намерены в ближайшие 5 лет существенно повысить уровень интеграции и цифровизации. Промышленные предприятия готовы потратить 4% годовой выручки на внедрение цифровых технологий [80].

Данный факт свидетельствует о том, что цифровизация в промышленности стала выполнять не вспомогательную функцию, а основную. Она является неотъемлемым атрибутом непрерывного развития и формирует конкурентные преимущества, позволяющие обойти соперников на рынке. Благодаря цифровизации достигается большая гибкость и эффективность производства. Применение новых технологий позволяет выявлять связь между физическими свойствами материалов и производственными затратами на них. С помощью цифровизации процессы интегрируются воедино, в результате чего оптимизируется объем запасов, использование ресурсов, длительность производственного цикла. Главной особенностью цифровизации является то, что она затрагивает всю цепочку создания стоимости, начиная от производства и заканчивая постпродажным обслуживанием, утилизацией в конце срока использования [139].

Цифровизация, автоматизация и интеграция являются главными трендами современной экономики и свидетельствуют о распространении четвертой промышленной революции. Ее синоним – «Индустрия 4.0». Данный термин был

введен в 2011 году группой Communication Promoters Group Научно-промышленного исследовательского альянса (Industry-Science Research Alliance) для описания масштабного применения информационно-коммуникационных технологий в промышленном производстве. «4.0» обозначает четвертую промышленную революцию, которая является логичным продолжением трех предыдущих. В 2011 году в мировой экономике возникают идеи применения цифровых технологий и Интернета в промышленности. Наиболее известными проектами в этой сфере стал Консорциум промышленного Интернета (Industrial Internet Consortium) в США и Инициатива промышленной цепочки создания ценности (Industrial Value Chain Initiative) в Японии [139].

По данным аналитиков, потенциал создания ценности Индустрии 4.0 для экономики Германии составляет 100-150 млрд. евро. Но в действительности данный уровень вряд ли достижим. Причина этого заключается в том, что большинство компаний недооценивают конкретные преимущества Индустрии 4.0. Федеральное министерство экономики и энергетики Германии провело исследование, результаты которого показали: туманность перспектив, которые способна обеспечить Индустрия 4.0, является одной из ключевых преград для реализации проектов цифровой экономики.

Вместе с тем конкуренция на большинстве рынков усиливается. Чтобы быть конкурентоспособным в долгосрочной перспективе, игроку на рынке следует своевременно адаптироваться к динамичной среде, а для этого необходимо быстро принимать эффективные решения. Существующие методы работы часто не позволяют это осуществить, из-за чего компании принимают решения интуитивно, не основываясь на точных данных, и этот процесс отнимает недели или даже месяцы. Кроме того, он требует вовлечения существенных трудовых и финансовых ресурсов.

Все эти факторы свидетельствуют о том, что промышленным предприятиям необходима реализация цифровых решений. Благодаря им компаниям удастся обеспечить себе конкурентоспособность на рынке, ускорить процесс принятия решений и рационально использовать ресурсы.

Как показал проведенный анализ, на пути к цифровизации предприятия сталкиваются с рядом трудностей. Так, цифровые решения характеризуются технологической и финансовой неопределенностью, долгими сроками реализации. В связи с этим многие предприятия на текущий момент не готовы к таким рискованным инвестициям, особенно, компании малого и среднего бизнеса, бюджет у которых зачастую крайне ограничен.

Таким образом, наиболее распространенной ситуацией сегодня является реализация эпизодических пилотных проектов в рамках цифровизации деятельности. Они не способны в полной мере продемонстрировать огромный потенциал Индустрии 4.0, так как не затрагивают организационную структуру и культуру компании. Как итог: данные изменения не удовлетворяют реальным потребностям промышленных предприятий и не решают основополагающих проблем. По этой причине реализуемые проекты редко становятся примером удачных трансформационных изменений в рамках одного предприятия или всей экономики в целом, которые называют цифровой трансформацией. Рассмотрим историю возникновения этого понятия и его отличия от цифровизации.

1.2. Цифровизация VS цифровая трансформация: история возникновения термина цифровая трансформация и его отличие от цифровизации

Цифровая трансформация несколько лет назад была в большей степени актуальна для видов деятельности, в которых неизбежен прямой контакт с клиентами, например, для банковской сферы, торговли, туризма. На сегодняшний день с необходимостью цифрового переоснащения сталкиваются все компании, в том числе и в традиционных отраслях. Особое значение приобретает скорость изменений. Крупные корпорации внедряют цифровые технологии, чтобы оставаться конкурентоспособными, и стремятся осуществить изменения в короткие сроки в целях удержания лидерства на рынке. В противном случае на их место приходят другие игроки, более оперативные в вопросах изменений в ответ на меняющиеся условия среды.

К настоящему моменту времени проблема цифровой трансформации экономики и становления новой экономики прошла некоторый путь и приобрела свою историю. Для ее исследования был выявлен генезис развития терминов и понятий, характерных для цифровой трансформации экономики (рис. 1.9).

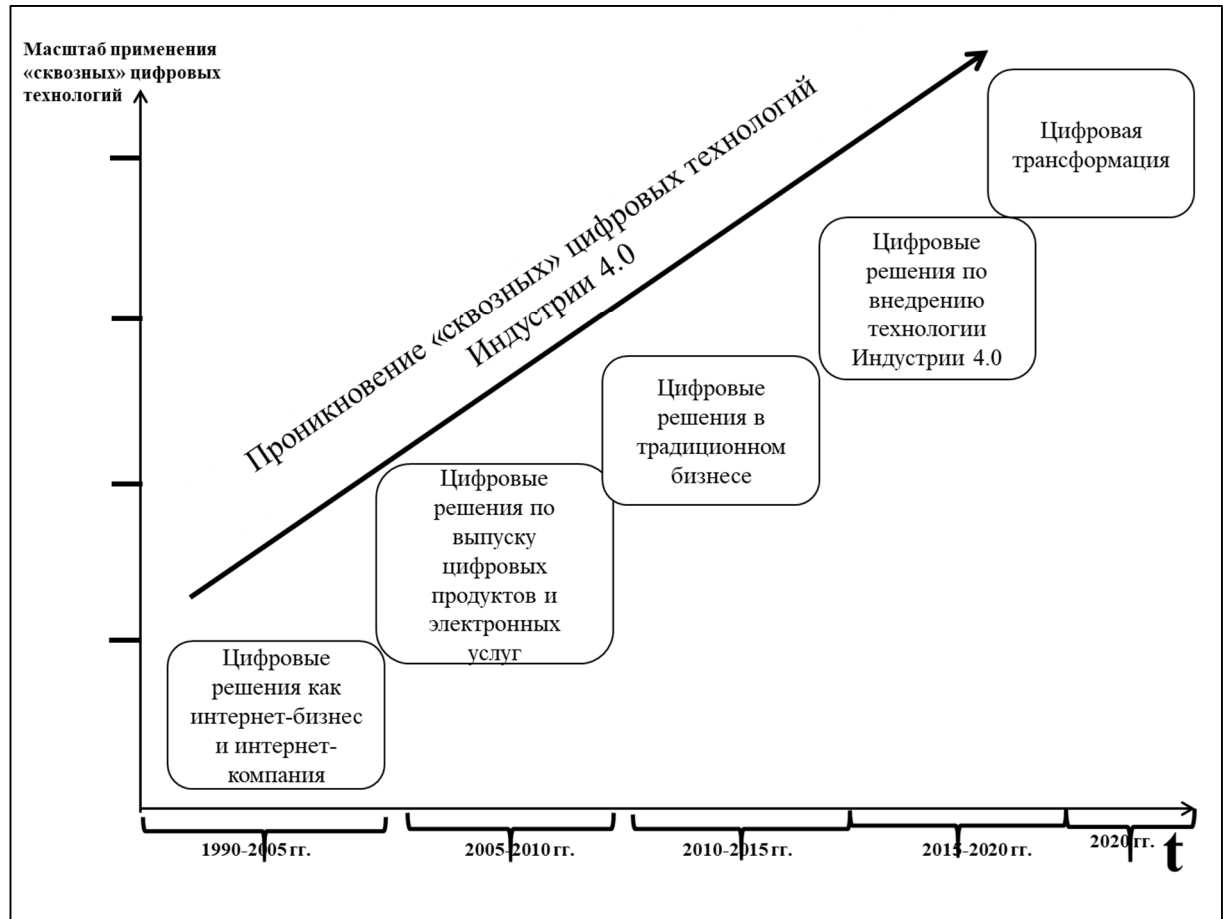


Рисунок 1.9 – Генезис цифровых решений (авт. [154])

Николас Негропonte стал первым ученым, проводившим исследования в сфере цифровой экономики [150]. Благодаря ему в 1985 году в Массачусетском технологическом институте (США) была основана Media Labs. После этого начинается активное развитие цифровых технологий. Эти процессы обсуждаются в науке и практике. Целесообразно выделить следующие этапы развития цифровых технологий:

- 1990-2000 гг.

Для этого этапа характерно большое количество компаний, в бизнес-модели которых используются интернет-технологии. К таким организациям относятся eBay (интернет-аукцион), Amazon (интернет-магазин), Yahoo! Они создавали

целые сети, что увеличивало перспективы их быстрого роста и развития. Стратегия развития заключалась в привлечении денег и вложения их в рекламу для увеличения узнаваемости бренда, полученные денежные средства снова использовались для финансирования маркетинговых расходов. В этот период времени широкую известность получает лозунг: «расти быстро или исчезни» [82]. В связи с активным распространением цифровых инвестиционных проектов стоимость многих компаний оказалась переоценена и сформировался пузырь доткомов (компании, бизнес-модель которых базируется в сети Интернет), лопнувший в 2001 году вследствие падения индекса NASDAQ. Причиной такого краха явилось неправильное понимание сути интернета. Он представляет собой инструмент в бизнес-процессе, но не отдельный бизнес-процесс [98].

- 2005-2010 гг.

Новый этап связан с созданием первых цифровых продуктов и электронных услуг, появлением электронной рекламы, Интернет-торговли.

- 2010-2015 гг.

В этот период времени цифровизация затрагивает все сферы экономики, в том числе и традиционные отрасли, где применяется искусственный интеллект, нейронные сети, робототехника.

- 2015-2020 гг.

В 2017 г. в России начинается цифровая трансформация в масштабе всей страны, о чем свидетельствует утверждение Правительством РФ программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Первые цифровые инвестиционные проекты реализуются в промышленности.

По мнению специалистов, после 2020 г. на смену точечным цифровым инвестиционным проектам должна прийти масштабная цифровая трансформация с применением «сквозных» технологий Индустрии 4.0.

Суть сквозных цифровых технологий заключается в охвате нескольких рынков или отраслей, а в случае отдельного предприятия – всей цепочки создания стоимости, начиная от производства и заканчивая постпродажным обслуживанием, утилизацией в конце срока использования. Реализация сложных инвестиционных

проектов с использованием сквозных технологий началась с 2015 г. (рис. 1.9). На данный момент в экономике представлены цифровые решения каждого из этапов выявленного генезиса.

Цифровизация является необходимым условием для удержания конкурентоспособных позиций на рынке, что обусловлено главным технологическим трендом XXI века – четвертой промышленной революцией, известной также как Индустрия 4.0.

Индустрия 4.0 – это процесс перехода к полностью автоматизированному цифровому производству, управляемому с помощью интеллектуальных систем в режиме реального времени и связанному с другими системами за пределами предприятия. Предполагается, что со временем все устройства объединит Интернет вещей (IoT) [132]. Термин Индустрия 4.0 изначально использовался для обозначения проекта умного производства на базе глобальной сети Интернета вещей. В широком смысле понятие характеризует современный тренд автоматизации и обмена данными. Индустрия 4.0 служит для обозначения нового уровня «организации производства и управления цепочкой создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла выпускаемой продукции» [132] и включает несколько компонентов (рис. 1.10), объединение которых в целостную систему позволяет говорить о новой концепции.



Рисунок 1.10 – Элементы Индустрии 4.0 [132]

Интернет вещей (Internet of things) – это глобальная виртуальная сеть, объединяющая реальные устройства и позволяющая собирать, анализировать, обрабатывать и передавать данные от одного объекта к другому. Термин появился в 1999 г. благодаря Кевину Эштону, сотруднику Procter & Gamble. Ему принадлежала идея применить радиочастотные метки (radio-frequency identification, RFID) для оптимизации логистики в компании.

Особое значение для внедрения Интернета вещей имело распространение новых технологий: интернета, смартфонов, персональных компьютеров, беспроводных сетей, снижения стоимости электронных компонентов. IoT-система включает несколько компонентов: сеть умных устройств, облачную платформу, к которой они подключаются, и системы для работы с данными. Взаимодействие в сети обеспечивается посредством wi-fi, Bluetooth, LPWAN, BLE, Ethernet, RFID, ZigBee [34].

Интернет вещей имеет потребительский и промышленный сегменты. К первому относятся персонифицированные устройства и «умные» вещи (умный дом, умная одежда). Промышленный интернет вещей предполагает объединение в общую сеть оборудования и работу с бизнес-процессами на предприятиях. В России многие компании уже применяют технологии, которые можно отнести к IoT. Однако в наибольшей степени это характерно для небольших организаций. По мнению IT-специалистов, крупные компании недостаточно гибкие и слишком неповоротливы для масштабного применения технологий IoT в своих бизнес-процессах.

Для Индустрии 4.0 характерна цифровизация физических активов и рост ценности нематериальных активов, в том числе информации (данные). В таких условиях возрастают риски в сфере кибербезопасности. При объединении устройств в общую сеть – Интернет вещей – генерируемые данные становятся доступны большому количеству пользователей, а значит, велик риск их неправомерного использования. Исследования показали: 32% из участвовавших в опросе промышленных компаний считают, что для них вероятность стать жертвой кибератаки достаточно велика [78].

«Соединенность» объектов с Интернетом вещей создает угрозу безопасности не только бизнесу, но и частным лицам. Например, «умные» счетчики воды и электроэнергии, основная цель которых заключается в более эффективном использовании ресурсов, помимо своей основной задачи также осуществляют сбор информации о владельце. Управляющая компания знает, когда хозяин квартиры приходит домой, в котором часу уходит, часто ли бывает в отъезде. Такая информация ставит под угрозу безопасность владельцев и может быть использована в неблагоприятных целях [32].

В условиях Индустрии 4.0 в больших объемах генерируются данные, оперативно обрабатывать которые вручную стало невозможно. Вследствие этого возникла потребность в разработке особой инфраструктуры по управлению ими и хранению. Так появились облачные вычислительные технологии.

Они активно применяются на практике в различных отраслях промышленности. Например, компания Volkswagen совместно с Microsoft разработали облачную платформу Volkswagen Automotive Cloud. Система объединяет цифровые мобильные сервисы и позволяет пользователю одновременно пользоваться дополнительными функциями в дороге. Volkswagen Automotive Cloud объединяет автомобиль и умный дом, персональный голосовой помощник, службу прогнозирования поломок и сбоев [96].

Аддитивное производство является одним из элементов Индустрии 4.0. Его особенность заключается в том, что изделие создается путем поэтапного наращивания материала на плоскую платформу или осевую заготовку. В случае традиционного производства на первом этапе формируется заготовка, от которой впоследствии отсекается все лишнее [2].

Преимущество аддитивного подхода в том, что компьютерную деталь изделия можно передать через сеть. Благодаря этому производство становится мобильным. Кроме того, сокращается количество комплектующих, необходимых для одного изделия, снижается расход сырья и материалов. При традиционном способе производства свариваются 20 деталей, чтобы получить топливную форсунку для реактивного двигателя. В случае с 3D-печатью процесс изготовления

изделия упрощается и ускоряется. Итоговый вес детали также получается меньше, чем при традиционном подходе к производству. Это особенно важно в таких отраслях промышленности, как, например, авиационная. Аддитивное производство упрощает и удешевляет выпуск мелкосерийных изделий, поэтому применяется в медицине и авиационно-космической промышленности [2].

В Индустрии 4.0 дополненная реальность (Augmented reality, AR) является прорывной технологией для бизнеса. Ее суть заключается в наложении графики или аудиоряда на реальный мир, что добавляет ему новые слои. Чтобы «расширить» реальность, применяются вспомогательные устройства: очки Google Glass; смартфон, на котором установлено специальное приложение; камеру, «накладывающую» слой на физическую среду в объективе [13]. Примером использования описанной технологии является игра Pokemon GO. Дополненная реальность проявляется в форме «наложения» через камеру и экран гаджета на реальность виртуальных объектов – покемонов. Пользователь может их ловить и тренировать [108].

Дополненную реальность следует отличать от виртуальной (Virtual reality, VR), которая представляет собой целый мир, созданный гаджетом. Доступ к нему пользователь получает благодаря иммерсивным устройствам: шлему, перчаткам, наушникам. Человек погружается в виртуальный мир и совершает там действия, изменяя окружающую его реальность [13].

Технология AR и VR получили широкое распространение в видеоиграх и фильмах. В последнее время виртуальная и дополненная реальность находят применение и в профессиональной среде: в журналистике, дизайне, архитектуре, в медицинских стартапах. В перспективе планируется внедрение AR и VR в промышленности для контроля качества процессов и готового продукта.

BigData – это приоритетная сквозная цифровая технология в России и одна из элементов Индустрии 4.0. Специалисты не пришли к единому мнению в вопросе определения данного термина. В наиболее общем случае BigData (с англ. «большие данные») называют совокупность технологий, с помощью которых осуществляется сбор, хранение и анализ данных. Стандартные методы программирования

справиться с такими большими объемами информации не способны. Наборы данных классифицируют на структурированные, полуструктурированные и неструктурированные. Структурированные данные имеют единый формат и четко упорядочены. Для их анализа применяется корреляционный анализ. У неструктурированных данных отсутствует общий формат. Они поступают из разных источников. Сбор, обработка, сопоставление и анализ массивов этих данных невозможен без предварительного упорядочения. Для полуструктурированных наборов данных правила и форматы определены в общем виде. Они, как и неструктурированные данные, требуют предварительного приведения к структурированной форме. В противном случае анализ и обработка невозможны [134].

Модель производства в Индустрии 4.0 приобретает новые черты: она ориентирована на производство продукции под заказ и требует постоянной переналадки оборудования. В связи с этим возникла потребность в изменении технологического процесса в реальном времени. Для решения этой задачи разработаны автономные роботы. Их ключевое отличие от традиционных роботов заключается в способности самостоятельно осуществлять сбор информации, ее анализ и применять полученные результаты для корректировки технологического процесса с целью повышения производительности и качества продукта. Например, транспортные роботы AGV (автоматически управляемое транспортное средство), зная пункт отправления и назначения, самостоятельно строят наиболее оптимальный маршрут перемещения груза и способны преодолеть возникающие на пути препятствия [45].

В целях определения оптимального пути решения управленческих задач в Индустрии 4.0 применяется моделирование. С помощью специальных 3D-моделей создается уменьшенная копия реального производственного процесса и определяется наиболее перспективный способ его реализации с точки зрения затрат (временных, сырьевых).

Интеграционная система – это компонент Индустрии 4.0, возникший вследствие внедрения на предприятии новых цифровых решений. Каждое из них

выполняет свои функции, однако оно должно быть взаимосвязано с уже имеющимся программным обеспечением. В связи с этим появляется потребность в интеграции. Наиболее эффективным решением данной задачи является установка централизованной интеграционной платформы. Она позволяет объединить все используемые приложения и источники данных. Применение интеграционной платформы повышает эффективность управления бизнесом за счет формирования единого потока непротиворечивой информации и обмена данными между всеми программными продуктами в едином формате. Наличие платформы также облегчает и удешевляет последующее внедрение новых приложений [33].

Итак, в основе каждого из элементов в составе концепции «Индустрия 4.0» лежат цифровые технологии. Впервые о цифровизации заговорили во второй половине 20 века, когда компания IBM представила на рынке System/360 – универсальную модель компьютера, с появлением которой отпала необходимость постоянно обновлять программный код. До ее появления программное обеспечение предназначалось для конкретного оборудования, поэтому постоянно переписывалось при замене «железа». Следующим этапом в развитии цифровизации стало появление IBM PC в 1980-х годах. Постепенно персональные компьютеры стали использоваться в бизнесе для оцифровки, обработки и хранения данных [3].

Несмотря на повсеместное использование термина «цифровизация» сегодня, оно до сих пор не имеет единого определения. Рассмотрим различные подходы, чтобы выявить его специфику и отличия от термина «цифровая трансформация».

Несмотря на активное распространение и использование термина «цифровая экономика», на сегодняшний день ученые не сформировали единого определения для него. В соответствии с Указом Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» цифровая экономика – это «хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить

эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг» [116].

В исследованиях Д. Тапскотта также нет четкого определения термина «цифровая экономика», он считал ее эпохой сетевого интеллекта, которая подразумевает не только развитие сетевых технологий и роботов, но и создание объединений людей, обладающих интеллектом, знаниями и творческим потенциалом для развития цифровизации [153].

В работе Роба Клинга и Роберта Лэмба цифровая экономика включает товары и услуги, разработка, производство и продажа которых в значительной степени зависит от цифровых технологий [147].

В исследовании компании Deloitte цифровая экономика рассматривается как экономическая деятельность, являющаяся результатом ежедневных взаимодействий между людьми, предприятиями, устройствами, данными и процессами в онлайн-пространстве. В основе цифровой экономики лежит растущая взаимосвязь между населением, организациями и машинами, которая формируется посредством Интернета, мобильных технологий и Интернета вещей [156].

В наиболее общем случае цифровую экономику можно рассматривать как хозяйственную деятельность, в которой используются «цифровые» ресурсы. К ним относятся цифровые навыки, оборудование, программное обеспечение, роботы, Интернет вещей. Для компаний, которые стремятся соответствовать требованиям конкурентной среды, их внедрение является обязательным условием успешного функционирования на рынке.

По мнению специалистов Бостонской консалтинговой группы, цифровизация – это процесс, предполагающий «...максимально полное раскрытие потенциала цифровых технологий через их использование во всех аспектах бизнеса – процессах, продуктах и сервисах, подходах к принятию решений». Для ее успешной реализации необходимо наличие: сформулированной бизнес-задачи, данных и технологий [144]. При наличии трех перечисленных составляющих цифровые технологии обретают форму цифровизации. Ее результаты не ограничиваются текущими изменениями в деятельности компании, такими,

например, как оптимизация процессов и сокращение затрат. Изменения служат базисом для дальнейших цифровых изменений и двигателем роста, так как закладывают основу конкурентоспособной модели.

На первых этапах реализации цифровизация представляет собой разрозненные проекты, которые имеют приемлемый уровень риска и не связаны между собой. В дальнейшем отдельные цифровые инициативы интегрируются со всеми системами и бизнес-процессами на предприятии и цифровизация превращается в полномасштабную цифровую трансформацию (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Переход к цифровой трансформации (авт.)

Ховард Кинг, глава отдела аналитики креативного агентства Rufus Leonard, предлагает рассматривать отдельно термин «цифровой» и «трансформация». Трансформация – это единое изменение основополагающих компонентов в бизнесе: от операционной бизнес-модели до инфраструктуры. Продукт, взаимоотношения с клиентами, метод продаж – все это подвергается усовершенствованию. Ховард Кинг также выделяет три драйвера трансформации: изменение потребительского поведения, изменение технологии и изменение конкуренции.

Термин «цифровой», по его мнению, объединяет данные, людей и технологии. Цифровая трансформация рассматривается Ховардом Кингом как масштабное изменение в бизнесе, цель которого в предотвращении нежелательных последствий внедрения цифровых технологий и возникающих вследствие этого негативных эффектов на рынке [146]. Результаты данного процесса заметны не только внутри компании, но и во вне, так как касаются потребительского поведения, конкуренции в отрасли и взаимодействия с другими игроками.

Специалисты по-разному определяют термин «цифровая трансформация», однако они едины во мнении, что она носит глобальный характер и касается всех частей в компании (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Современные подходы к определению термина «цифровая трансформация» (авт. на осн. [3])

Автор	Определение термина «цифровая трансформация»
Александр Бушек, евангелист цифровой трансформации, старший директор, аналитик в Gartner	Цифровая трансформация – это «стратегическая трансформация бизнеса, когда предпочтения и поведение клиентов определяют решения в области корпоративных технологий; сквозное преобразование в масштабах всего предприятия, влияющее на все части организации».
Фёдор Савельев, руководитель стратегического направления Группы «М.Видео–Эльдорадо»	Цифровая трансформация представляет собой «изменение текущих практик ведения бизнеса в области принятия решений, которые либо принимаются человеком на основе анализа «жестких» данных, либо отдаются на откуп системам, исключая человека из процесса. Другая область цифровой трансформации – это следование за клиентом в процессе цифровизации его стиля жизни».
Дмитрий Кривицкий, лидер стрима «IT Трансформация» департамента цифрового бизнеса ВТБ	Тотальная диджитализация стала причиной быстрых изменений в мире. В этих условиях технологические компании осуществляют цифровую трансформацию в целях применения новых информационных технологий и расширения границ традиционного бизнеса. Наиболее оперативно это удастся сделать технологическим гигантам и стартапам. Они быстро занимают цифровые ниши на рынке. Чтобы догнать лидеров, необходимы радикальные изменения, представляющие собой цифровую трансформацию.

На пути к цифровой трансформации ее нередко, особенно в условиях российской экономики, путают с цифровизацией. В результате поставленные KPI не достигаются, инвестиции не окупаются, а руководство компании оказывается разочаровано во внедрении новых технологий. Чтобы избежать описанных проблем, следует четко разделять понятие «цифровизации» и «цифровой трансформации».

Цифровизация, по мнению Алексея Никифорова, руководителя подразделения технологических решений Hitachi Vantara, предполагает модернизацию IT-инфраструктуры: информационных систем и сервисов. Цифровая трансформация же затрагивает организационную структуру и бизнес-процессы. Данный подход созвучен с определением Бостонской консалтинговой группы, так как и в том, и в другом случае сделан акцент на радикальном и глобальном характере осуществляемых изменений.

Дмитрий Кривицкий, лидер стрима «IT Трансформация» департамента цифрового бизнеса ВТБ, отмечает, что ключевая специфическая черта цифровой трансформации заключается в изменении корпоративной культуры, в частности ценностей и сознания сотрудников [3]. Модернизация бизнес-процессов и технологий малоэффективна без должного уровня вовлеченности персонала в этот процесс. Причиной этого зачастую становится низкая осведомленность сотрудников о происходящих изменениях и отсутствие нужных компетенций. Положительный опыт российской IT-компании компании «Крок» показывает, что наиболее креативным специалистам необходимо предоставить возможность участвовать в цифровой трансформации компании и это позволит добиться лучших результатов [3].

Денис Захаркин, генеральный директор VR Concept, в качестве особенности цифровой трансформации отмечает комплексность [3]. Информационные технологии должны использоваться во всех процессах компании как при внутренних взаимодействиях, так и при выстраивании взаимоотношений с контрагентами, клиентами, государством.

По мнению Артема Алексеева, директора департамента аналитики и управления данными компании «Магнит» [3], цифровая трансформация подразумевает оптимизацию бизнес-процессов, цифровизация – их оцифровку, а Индустрия 4.0 – это набор инструментов для оптимизации оцифрованных процессов. С точки зрения данного подхода цифровизация также является начальным этапом цифровой трансформации и имеет меньшие масштабы.

Таким образом, все рассматриваемые понятия подразумевают внедрение цифровых технологий, но в разных масштабах. Прежде чем переходить к рассмотрению цифровизации и цифровой трансформации, следует начать с изучения термина «оцифровка». Он подразумевает представление информации в цифровой форме. В дальнейшем оцифрованные данные используются для автоматизации, и этот процесс получает название цифровизации. В наиболее общем виде цифровизация представляет собой реализацию отдельных цифровых проектов, внедрение цифровых технологий, при этом реализуется принцип постоянного улучшения [119]. Как правило, они не затрагивают фундаментальные основы деятельности предприятия. Наконец, цифровая трансформация – это глобальные изменения бизнес-процессов и организационной структуры в компании.

Проведенный анализ подходов к определению термина позволил сформулировать специфические черты цифровой трансформации:

1. Глобальный характер (охватывает все бизнес-процессы на предприятии).
2. Высокая скорость изменений.
3. Радикальный характер (изменения касаются фундаментальных бизнес-процессов).
4. Комплексность (модификация внутренних и внешних процессов, таких как взаимодействие с контрагентами и государством).
5. Изменение майндсета (склада ума и ценностей) у сотрудников.

Несмотря на то, что трансформация носит глобальный характер и охватывает все подразделения на предприятии, ее также можно рассматривать как пул

цифровых решений. Важной особенностью при этом является сочетаемость и взаимосвязанность каждого из них друг с другом. Чтобы выделить специфические особенности и упорядочить многообразие цифровых решений, рассмотрим их классификацию по нескольким признакам.

1.3. Классификация цифровых решений

Мы использовали шесть признаков для классификации цифровых решений (табл. 1.2). Коротко остановимся на каждом выявленном типе и попытаемся охарактеризовать его специфику.

I. В соответствии с масштабом осуществляемых изменений цифровые решения можно классифицировать на две группы: проекты операционной и цифровой трансформации.

1. Проекты операционной цифровизации.

Это цифровые решения, связанные с цифровизацией какого-либо одного бизнес-процесса. Например, внедрение какой-либо технологии или автоматизация отдельных бизнес-процессов. Такой тип решений характерен для современных промышленных предприятий во многих развивающихся странах ввиду их реализации в краткосрочной перспективе и возможности быстрого получения эффекта от внедрения.

Спецификой проектов этого типа является локальная трансформация бизнес-процессов, что предполагает необходимость «встраивания» цифрового оборудования в действующую технологическую систему. Реализация этой задачи является достаточно ресурсоемкой, требующей времени. Иногда такие цифровые решения требуют дополнительных затрат, связанных с формированием инфраструктуры и подготовкой кадров. Повышенные риски реализации точечных проектов вызваны их коротким жизненным циклом.

В условиях развития цифровой экономики для удержания конкурентоспособных позиций промышленным предприятиям требуется

глобальная перестройка процесса организации деятельности. Данному требованию соответствует цифровая трансформация.

2. Цифровые решения типа «цифровая трансформация». Трансформация предполагает реализацию группы цифровых решений, которые позволяют не только оптимизировать временные и материальные затраты, но и качественно изменить бизнес модели.

Ключевое отличие цифровой трансформации заключается в том, что это постоянный процесс, изменяющий способ ведения бизнеса. Специфика такого типа решений связана, в основном, с большим объемом затрат разнообразных ресурсов. При этом в процесс трансформации вовлекаются различные функциональные центры и различные специалисты. Это обстоятельство ведет к росту так называемых «затрат на переключение». Еще одной специфической особенностью этого типа решений являются повышенные угрозы снижения информационной безопасности. В настоящее время специфика этих динамичных решений проявляется еще и в повышенном риске, прежде всего, вследствие большой неопределенности. Последняя связана с быстрыми, постоянно ускоряющимися изменениями среды. При этом до сих пор ни сценариев, ни дорожных карт реализации таких сложных цифровых решений еще не разработано.

Цифровая трансформация в промышленности осуществляется различными способами. В зависимости от этого можно выделить следующие подходы к ней [36].

Процессный. В рамках этого подхода цифровизация проводится по всей производственной цепочке, от разработки продукции до ее реализации и постпродажного обслуживания.

Отраслевой. Этот подход представляет собой модель цифровой трансформации промышленности с учетом ее взаимосвязи с другими отраслями экономики. Это цифровые фабрики (Digital Factory) [53], цифровой город [126], FinTech (цифровые финансовые технологии) [84].

Технологический. Технологический подход к трансформации заключается в выборе технологий, которые будут использоваться при ее осуществлении, например, сенсоры и датчики, интернет вещей, BigData, квантовые технологии.

II. В качестве второго признака классификации был использован подход к структурированию и запуску цифровых изменений. В зависимости от этого цифровые решения предлагается разделить на следующие группы.

1. Fail-Fast – проекты.

Они предполагают быстрое тестирование технологий для определения их экономической ценности и применимости. После этого цифровые решения реализуются в ограниченных масштабах и делается окончательный вывод: fail или success. При получении положительного результата технология внедряется на производстве [40]. Специфика Fail-Fast – проектов заключается в необходимости оперативной оценки их экономической ценности, что требует использования скоринговой модели.

2. AGILE – проекты.

От англ. agile – гибкий, что точно отражает следующую суть подхода: это итеративная разработка цифрового решения, предполагающая поэтапную работу с оценкой полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов работы. Ведется группами из специалистов разного профиля. Agile-проекты классифицируются на scrum-проект и kanban-проекты [133].

Scrum-проект (от англ. scrum – толпа, схватка): команда разработчиков состоит из универсальных специалистов и куратора, а работа ведется параллельно и разбивается на спринты, в результате каждого из которых должна получаться рабочая версия продукта. Проблема реализации такого цифрового проекта заключается в формировании эффективной команды. Это и определяет его специфику. Универсальная подготовка специалистов может стать причиной поверхностного погружения в каждую область, в результате чего под вопросом глубокая проработка различных аспектов цифровизации: обеспечение информационной безопасности, оптимальное распределения ресурсов, IT-сопровождение. В любом случае «затраты на переключение» весьма велики [86].

Kanban-проекты реализуются командой из узкопрофильных специалистов, в работе которых должен соблюдаться баланс (у специалистов различных профилей примерно равный объем задач). При этом процесс разбивается на стадии выполнения конкретных задач, например, планирование, разработка, тестирование продукта. Специфика заключается в проблеме «вытягивающей» схемы работы: пока не выполнена одна задача, не берется в работу другая. В условиях цифровизации схема не позволяет быстро адаптировать весь проект к изменениям и вовремя зафиксировать некорректность результатов предыдущего этапа, так как не предполагает, в отличие от Scrum-проекта, промежуточной оценки итогов [135].

3. Waterfall-проект.

Waterfall - проект предполагает проведение работы поэтапно. При этом каждый этап жестко регламентирован, строго соответствует изначально заданным требованиям. Перейти вперед, не завершив предыдущий этап, не представляется возможным. Ключевая проблема таких решений – отсутствие гибкости, поэтому данный подход в случае с цифровыми проектами, как правило, малоэффективен [58].

III. В зависимости от сферы реализации цифровых решений предложено выделять следующие группы.

1. Цифровые решения в области систем управления производственными процессами.

Отдельные решения могут быть реализованы в сфере управления производственным процессом с учетом требований цифровизации. Например, управление производственным процессом или деятельностью всего промышленного предприятия с применением системы MES (manufacturing execution system) [149]. Специфика цифровых решений в области систем управления связана с достаточно широким спектром проблем, что обусловлено большим разнообразием управленческих задач, как по содержанию, так и по степени сложности. Во-первых, здесь следует отметить отсутствие во многих случаях полной, корректной и актуальной информации для выполнения этих задач. Во-вторых, необходимость полного интегрирования программного обеспечения,

Таблица 1.2 – Классификация цифровых решений (авт. [154])

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	

используемого в управлении. В-третьих, это проблемы с сокращением количества работников. В принципе, все цифровые решения касаются высвобождения персонала, но управленческие задачи без участия квалифицированных экспертов решить сложно.

2. Цифровизация производственных процессов. Как правило, такие проекты относятся также и к типу операционных проектов. Отсюда и их специфика: дополнительные затраты на «встраивание» в существующие оборудование, затраты на подготовку и переучивание кадров, большая степень неопределенности.

3. Проекты по цифровизации систем управления жизненным циклом продукции.

Цифровые решения по управлению жизненным циклом сложных объектов связаны с внедрением программного обеспечения PLM [151]. PLM-система обеспечивает сбор данных в процессе функционирования объекта, выявляя сильные и слабые стороны, при утилизации позволяет определить ценность компонентов объекта, возможность их дальнейшего использования.

4. Проекты цифровизации процессов управления сделками.

Одними из первых цифровых решений являлись проекты интернет-продаж. Сегодня управление сделками можно рассматривать более широко, охватывая и проекты, связанные с закупочной деятельностью. По мнению специалистов, цифровизация управления сделками должна осуществляться по трем направлениям. Во-первых, это создание стоимости. Во-вторых, цифровизация рычагов реализации этих процессов. К последним относят организацию, кадры, управление эффективностью, сотрудничество. Специалисты подсчитали – в результате можно поднять рентабельность по EBITDA на 3-5% минимум [106].

5. Проекты постпродажного обслуживания цифровой продукции.

Например, компанией УАЗ реализуется проект PROF-IT Service Management [127], оптимизирующий работу с дилерами и процессы послепродажного обслуживания автомобилей. Программа адаптирована под дилеров, предусматривает каталог запчастей, технологические карты (инструкции по обслуживанию), информацию по нормативам времени на обслуживание,

возможности интерактивного просмотра электросхем, разделы с диагностикой неисправностей и обучением.

IV. Реализация цифровых решений влияет на различные секторы экономики. В соответствии с этим признаком можно выделить такие группы цифровых решений как системные и сквозные [36].

1. Системные проекты – предполагают изменения в промышленности в различных отраслях: в производстве, в транспортной системе, в энергетике.

Системные проекты классифицируются, в свою очередь, на следующие подвиды:

- цифровая фабрика (завод) (умная фабрика, виртуальная фабрика);
- цифровой город (умный город);
- цифровая дорога и цифровой транспорт (умная дорога и умный транспорт);
- умный дом и умные товары.

Спецификой таких крупных проектов является их высокая стоимость, потребность в большом объеме ресурсов, затраты на изменение отношения потребителей, проблема с высвобождением кадров. Кроме того, безусловно, и для них характерна высокая степень неопределенности.

2. Сквозные проекты – влияют на развитие нескольких секторов экономики.

В зависимости от масштаба осуществляемых изменений цифровые решения в промышленности можно классифицировать на цифровые решения с комплексной поставкой и с заменой отдельных узлов и деталей. В первом случае подразумевается замена всей производственной линии и установка комплекса нового оборудования. В случае с заменой отдельных узлов и деталей обновляется только часть производственного оборудования. Специфика связана с основной проблемой этих решений – необходимостью «встраивания» новых элементов в уже существующую систему.

Проведенный анализ показывает, что ключевой особенностью цифровых решений является их способность интегрировать в себе физические и программные продукты. С этой точки зрения нами были выделены следующие типы [16, 49]:

1. Программные продукты, реализация которых подразумевает установку программного обеспечения.
2. Решения по внедрению цифрового оборудования, предполагающие обновление основных фондов предприятия.
3. Киберфизические системы – цифровые решения, сочетающие программный продукт и оборудование.

Такой тип решений объединяет физические и вычислительные компоненты. Термин «киберфизические системы» предложен в 2006 г. Хелен Гилл из Национального научного фонда США. Им она обозначила системы, интегрирующие в себе вычисления и физические процессы [148].

Понятие киберфизических систем (cyber-physical system, CPS) появилось относительно недавно и на сегодняшний день отсутствует единое определение его значения. Исследовательская группа киберфизических систем Мельбурнского королевского технологического института под руководством профессора Роберто Сабатини рассматривает киберфизические системы как интеграцию встроенных систем, распределенного управления, сенсорных сетей, теории управления и системной инженерии. Такая комплексность обеспечивает мощный синергетический эффект, что в результате позволяет достичь максимальной производительности и оптимальной стоимости продукта. Для функционирования киберфизической системы, по мнению Роберто Сабатини, требуются такие фундаментальные компоненты, как связь, управление, вычисление [155].

Исследователи также рассматривают CPS как комплекс вычислительных и физических элементов, которые получают данные из внешней среды и, используя их, оптимизируют производственные и управленческие процессы [93]. Структура киберфизической системы включает программное и аппаратное обеспечение. Она обладает способностью осуществлять обмен информацией с другими системами и выполнять ряд функций. CPS может как работать самостоятельно, так и во

взаимодействии с человеком [143]. Киберфизическая система возникла на стыке нескольких научных дисциплин и объединила в себе принципы кибернетики, механотроники, теорию и практику управления процессами. Ее основной специфической чертой является возможность минимизировать влияние человеческого фактора, но при этом принимать объективные и точные решения.

Рассмотрим типологию киберфизических систем, которые, являясь отдельным видом цифрового проекта, разнообразны, дополнительно также были классифицированы на группы (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Классификация киберфизических систем (КФС) (авт. [47])

Признак классификации	Типы киберфизических систем				
	Автономные киберфизические системы	Полуавтономные киберфизические системы			Киберфизико-человеческие системы
Способность к самостоятельному функционированию [155]					
Уровень интеграции во внешние системы [142]	Киберфизическая система с интеграцией первого уровня	Киберфизическая система с интеграцией второго уровня	Киберфизическая система с интеграцией третьего уровня	Киберфизическая система с интеграцией четвертого уровня	Киберфизическая система с интеграцией пятого уровня
Количество контуров управления [157]	Один контур управления			Несколько контуров управления	
Структура контуров управления [157]	Одноуровневые			Иерархические	
Количественный состав элементов в составе киберфизической системы [157]	Фиксированный			Переменный	
Качественный состав элементов киберфизической системы [157]	Однородные			Гетерогенные	
Динамика поведения [157]	Адаптивные			Самоорганизующиеся	
Географическая распределенность [157]	Централизованные			Распределенные	
Связь с внешней средой [157]	Открытые			Закрытые	

Окончание таблицы 1.3

Признак классификации	Типы киберфизических систем					
	Промышленность	Сельское хозяйство	Медицина	Энергетика	Транспорт	Образование и т.д.
Принадлежность к отрасли [23]						
Масштаб [23]	Отдельные устройства (беспилотный транспорт)	«Умные» дома	«Умные» фабрики (SM)	Умные сети (Интернет вещей)		
Спецификация инжиниринга [47]	Новое оборудование + программный продукт			Имеющееся оборудование + новый программный продукт		

Роберто Сабатини в зависимости от степени автономности киберфизических систем выделил такие группы, как [155]:

1. Автономные киберфизические системы - самостоятельно принимают решения и не зависят от человека.

2. Полуавтономные киберфизические системы – для автономной работы требуют создания специальных условий. Например, человек, управляющий оборудованием с программным обеспечением, настраивает его определенным образом для выпуска изделий с заданными параметрами, после чего устройство самостоятельно формирует готовый продукт.

3. Киберфизико-человеческие системы – их функционирование возможно только при участии человека.

CPS объединяются с другими устройствами в сеть. В связи с этим выделены пять видов киберфизических систем:

Одна из особенностей CPS – подключение к сети. В зависимости от уровня интеграции во вне различают следующие типы [142]:

1. Киберфизическая система с интеграцией первого уровня использует готовые данные из сети.

2. Киберфизическая система с интеграцией второго уровня собирает данные, обрабатывает и агрегирует их.

3. Киберфизическая система с интеграцией третьего уровня взаимодействует с другими киберфизическими системами, таким образом обрабатывая собственные данные.

4. Киберфизическая система с интеграцией четвертого уровня обрабатывает данные сети и диагностирует свое состояние с их помощью.

5. Киберфизическая система с интеграцией пятого уровня самостоятельно адаптируется к изменениям, регулирует свои параметры в автономном режиме.

У киберфизических систем присутствует различное количество контуров управления. Контур управления – это датчики, управляющие компьютеры и исполнительные органы. Структура контуров управления может быть одноуровневой или иерархической [157]. В соответствии с этой характеристикой существует два типа CPS.

В зависимости от количественного состава элементов выделены две группы киберфизических систем [157]: с постоянным или с переменным составом.

Существует также классификация в соответствии с качественным составом элементов [157]:

1. Однородные киберфизические системы – состоят из одинаковых по своим характеристикам и свойствам элементов.

2. Гетерогенные киберфизические системы – состоят из разнородных компонентов, отличающихся своими свойствами и характеристиками.

Одним из параметров, характеризующих CPS, является динамика их поведения. Адаптивные киберфизические системы подстраиваются под среду, способны прогнозировать внешние изменения. Для самоорганизующихся киберфизических систем свойственно совершенствование собственной организации под воздействием внешних факторов и в случае стабильной работы [157].

Классификационным признаком является также географическая распределенность киберфизических систем. Они бывают централизованными (расположены в пределах одного физического объекта, например, на одном заводе) и распределенными (находятся на нескольких связанных между собой объектах) [157].

Одним из классификационных признаков стало наличие связи с внешней средой. Открытые киберфизические системы могут работать только при наличии Интернета, а закрытые – при наличии внутренней сети [157].

В соответствии с принадлежностью к отрасли (промышленность, медицина, энергетика) выделяют различные киберфизические системы. Они имеют разный масштаб и представляют собой отдельные устройства, «умные» предприятия и целые сети. Масштаб может варьироваться от отдельных устройств (беспилотный транспорт) и «умных» домов до «умных» фабрик (SM) и умных сетей (Интернет вещей) [23].

В рамках исследования предлагаем дополнить классификацию, используя новый признак – специфику инжиниринга, и выделить следующие группы киберфизических систем [47]:

1. CPS, интегрирующие новое оборудование и программный продукт.
2. CPS, созданные на базе имеющегося оборудования и нового программного продукта.

Представленная классификация свидетельствует о многообразии цифровых инвестиционных проектов, в частности киберфизических систем. Каждый из рассмотренных типов проектов обладает своей спецификой, что следует учитывать при их реализации на предприятии. Одной из основных особенностей является сложность оценки эффекта от внедрения цифровых технологий [18]. Особенно актуален этот вопрос при цифровой трансформации, когда осуществляется реализация пула цифровых решений. Каждый из них обеспечивает свой результат, а в совокупности достигается синергетический эффект. Во второй главе рассмотрим существующие методы анализа проектов и осуществим разработку методического подхода к оценке эффективности цифровых решений.

Выводы по главе 1

Подводя итоги главы 1, выделим ее основные выводы.

1. Результаты проведенного анализа современных тенденций в экономике позволяют констатировать, что ее основным драйвером являются цифровые технологии. По результатам опросов аналитиков, 72% опрошенных руководителей коммерческих компаний выбирают цифровизацию в качестве основы для своих будущих стратегий [66]. Усиление тренда проникновения цифровых технологий отмечается и в других сферах общества. Данная тенденция проявляется в увеличении количества населения, имеющего доступ к интернету, росте уровня оснащенности отечественных школ цифровыми ресурсами.

2. Анализ ситуации в промышленности показал, что промышленные предприятия также адаптируются к новой реальности. По данным исследования PwC, наибольшее влияние на развитие цифровой экономики оказали такие прорывные технологии, как блокчейн, беспилотные устройства, трехмерная печать, виртуальная/дополненная реальность (VR/AR), Интернет вещей, роботы. Все они активно внедряются на промышленных предприятиях. Интерес к прорывным технологиям во многом обусловлен тем, что они обеспечивают новые конкурентные преимущества на рынке и позволяют оптимизировать процессы. Описанные тенденции указывают на то, что, во-первых, цифровизация в промышленности из вспомогательной функции превращается в основную, во-вторых, перед менеджментом промышленных предприятий встает проблема анализа и оценки внедряемых цифровых технологий.

3. Анализ истории становления цифровой экономики позволил нам сформировать генезис ее развития (рис. 1.9. Эволюция цифровых решений). В соответствии с ним, на настоящий момент времени промышленные предприятия в России плавно переходят к этапу цифровой трансформации, когда на смену точечным решениям приходит масштабная программа с применением «сквозных технологий», затрагивающая все бизнес-процессы предприятия.

3. В ходе сравнительного анализа понятий «цифровизация» и «цифровая трансформация» было выявлено существенное различие данных терминов и сформулированы специфические черты цифровой трансформации. Суть отличия заключается в том, что цифровизация предполагает изменения в рамках IT-

инфраструктуры, затрагивает отдельные бизнес-процессы, в то время как трансформация представляет собой более глобальный процесс, изменения при котором затрагивают организационную структуру и практически все бизнес-процессы в компании.

3. Несмотря на очевидный положительный эффект, который способны обеспечить цифровые решения для промышленного предприятия, его сложно измерить количественно и оцифровать. Данная проблема во многом обусловлена отсутствием четкого понимания их специфики. Чтобы ее выявить, была проведена систематизация цифровых решений по шести признакам, результаты которой представлены в параграфе 1.3 (табл. 1.2 Классификация цифровых решений). Отличие приведенной классификации от уже существующих заключается в предложенном авторском признаке классификации – способности проекта интегрировать в себе физические и программные продукты.

Наибольший интерес в типологии по этому признаку представляет собой киберфизическая система. Она объединяет в себе аппаратное и программное обеспечение, что позволило нам сделать вывод о ее сложной структуре, что также должно быть учтено при оценке эффективности. В параграфе 1.3 приведена классификация киберфизических систем, которая дополнена нами новым признаком – спецификой инжиниринга.

В целом критический анализ цифровых решений позволил: выявить их многообразие, классифицировать их по нескольким признакам и на основании полученной классификации выявить специфику таких решений, которая должна быть учтена при оценке их эффективности.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ

2.1. Обзор методов оценки эффективности проектов цифровизации

Как было выявлено ранее в первой главе (параграф 1.3), вопрос оценки эффективности реализации цифровых решений является основополагающим для определения целесообразности его реализации промышленными предприятиями. Проведем сравнительный анализ методик, используемых для анализа эффективности инвестиционных проектов.

В настоящее время среди существующих подходов наиболее популярными являются следующие.

1. Модель ООН по промышленному развитию (ЮНИДО).
2. «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477).
3. Методика компании «Альт-инвест».
4. Модель Литтла-Миррлиса.
5. Аналитическая модель «расходы-выгоды» (cost-benefit analysis).
6. Корпоративные методики оценки.
7. Банковские методики (ПАО Сбербанк, ПАО ВТБ, Внешэкономбанк).
8. Модель Goldman, Sachs & Co.
9. Модель Ernst & Young.
10. Модель KPMG.
11. Модель Всемирного банка.

Модель ООН по промышленному развитию, известная также как UNIDO, представляет собой совокупность принципов анализа проектов. Она была предложена в начале XX века и является международным стандартом для обоснования эффективности инвестиций. В соответствии с ней анализ экономической эффективности осуществляется посредством дисконтирования

денежных потоков и расчета таких показателей, как простой и дисконтированный сроки окупаемости инвестиций, чистая текущая стоимость (NPV), внутренняя норма прибыли (IRR), рентабельность инвестиций (PI). В условиях отечественной экономики применимость методики UNIDO затруднена в связи с наличием специфических особенностей системы налогообложения, ведения бухгалтерского учета, недостаточным уровнем развития рыночных отношений [141].

В связи с этим были разработаны «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477), не описывающие конкретный алгоритм для всех практических случаев. Методика лишь включает описание общих подходов к анализу, которые могут быть конкретизированы и уточнены в зависимости от сферы реализации и специфики проекта. Ценность рекомендаций заключается в том, что они адаптированы к реалиям российской экономики, в том числе учитывают высокую и переменную инфляцию, позволяют одновременно использовать несколько валют и принимают во внимание государственное регулирование в сфере экономики. При реализации проектов отечественные предприятия сталкиваются также с проблемой сложности и нестабильности налоговой системы, наличием особенностей системы бухгалтерского учета. Указанные аспекты также учтены в методических рекомендациях [51].

В соответствии с предлагаемым подходом анализ осуществляется в два этапа. На первом этапе оценивается общественная значимость, а также общественная и экономическая эффективность проекта. В случае получения положительных результатов осуществляется анализ на втором этапе, где выявляется организационно-экономический механизм реализации и состав участников проекта, а также разрабатывается схема финансирования, позволяющая добиться финансовой реализуемости для каждого участника.

Учет общественной значимости и эффективности делает данный подход пригодным для анализа проектов, приоритетной целью которых является помимо коммерческого эффекта достижение социальных, экологических, политических и

других результатов. Экономическая эффективность оценивается с помощью следующих показателей:

- чистого дохода;
- чистого дисконтированного дохода;
- внутренней нормы доходности;
- потребности в дополнительном финансировании;
- индекса доходности затрат и инвестиций;
- срока окупаемости;
- группы показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия-

участника проекта [51].

Методические рекомендации носят общий характер и не позволяют объективно учесть при анализе эффективности риски проекта. Предлагаемый комплекс показателей универсален, поэтому возможные негативные последствия берутся в расчет обобщенно и приближенно – посредством введения поправки на риск в норму дисконта. Но в таком случае могут быть упущены специфические риски, обусловленные отраслью и сутью отдельных проектов. Для подобных случаев в рекомендациях предлагается использовать пофакторный расчет поправки на риск. Однако даже так мы не можем однозначно утверждать, что оценка адекватна. Некорректность полученного результата связана с тем, что в некоторых проектах отрицательные потоки встречаются не только в начале расчетного периода, но и чередуются с положительными на всех этапах реализации проекта, а норма дисконта с поправкой на риск используется одна и та же. В конечном итоге чистый дисконтированный доход оказывается завышен, что позволяет ошибочно рассматривать проект как эффективный. В соответствии с методическими рекомендациями поправку на риск в таких случаях осуществлять не следует. Отсутствие учета возможных негативных последствий ставит под сомнение целесообразность реализации проекта.

Методика UNIDO стала основой для еще одного отечественного подхода, разработанного и реализованного в формате программного пакета в 1993 году

компанией «Альт-инвест» [72]. Построение финансовой модели в компьютерной программе позволяет:

1. Рассчитать показатели рентабельности бизнеса и финансовой устойчивости (TD/EBITDA, CFADS, DSCR).
2. Определить свободный денежный поток (FCFF, FCFE).
3. Проанализировать дисконтированные денежные потоки (NPV, IRR, PBP).
4. Построить сценарии и графики чувствительности.

Важным преимуществом подхода «Альт-инвест» является возможность анализа портфеля инвестиционных проектов и формирование консолидированной отчетности по группе компаний, что особенно актуально для российских промышленных предприятий, которые часто ведут деятельность в формате холдинга, объединяющего несколько юридических лиц.

Модель Литгла-Миррлиса [107] является одним из популярных подходов к анализу инвестиционных проектов в развивающихся странах, который вызвал широкий интерес у исследователей. Его суть заключается в соотнесении результатов и затрат (cost-benefit analysis) с учетом поправок к ценам продуктов и факторов производства, ставкам процента. Мера оценки – это общественный нераспределенный доход, аккумулируемый государством и выраженный в иностранной валюте. По мнению авторов концепции, расходы и доходы проекта влияют на платежный баланс, а иностранная валюта наиболее точно отражает относительные доходы и расходы.

В целом подход базируется на тезисе, в соответствии с которым дополнительная единица потребления считается менее значимой, чем дополнительная единица инвестиций. Но дополнительное потребление, как результат проекта, имеет существенный социальный эффект. Именно оно оценивается как общественный нераспределенный доход и считается мерой эффективности проекта.

Особенность данной модели заключается в том, что в конечном итоге анализируется общественная эффективность проекта, а не его результативность для отдельных участников. Кроме того, как полагают критики подхода, ошибочно

считать прирост частного потребления менее важным по сравнению с накоплениями и инвестициями. Они также ставят под сомнение утверждение о возможности роста благосостояния при снижении потребления и роста инвестиций. Кроме того, при наличии избытка производственных мощностей в промышленности рост спроса на продукцию не повлияет на торговый баланс.

Специалисты [107] отмечают следующие недостатки модели Литтла-Миррлиса:

1. Параметры выбора проекта инвестирования в неявной форме опираются на понятия плановой экономики с бесконечным предложением рабочей силы.

2. Международные товарные цены сильно зависят от спекуляций, что может вести к ошибкам в характеристике показателей проектной эффективности с использованием рассматриваемой модели.

3. При расчете параметров пересчета цен могут возникнуть существенные неточности из-за недостатка данных или некомпетентности персонала.

4. Модель опирается на существенный объем добавочных расчетов при осуществлении проекта капиталовложений вследствие потенциальных трансформаций международных цен и потребности в установлении новых параметров для пересчета цен.

На наш взгляд, данный подход не может считаться универсальным и малоприменим для цифровых решений, так как носит общий характер, не учитывает риски и не адаптируется под частные случаи.

Модель «расходы-выгоды» (cost-benefit analysis) [4] традиционно используется для анализа крупных государственных проектов. Подход предполагает расчет и оценку общественных издержек и социального эффекта от инвестиций. Например, при строительстве автомобильных или железных дорог с помощью данной модели определяется прирост общего благосостояния и выгода, полученная всем обществом от реализации проекта. В основе подхода также лежит метод дисконтирования.

Особенность концепции заключается в том, что при оценке экономическая эффективность определяется исключительно по соотношению издержек и выгод.

Но при этом не учитывается, кто несет данные расходы и получает доход. Считается, что реализация проекта целесообразна, если выгоды превышают издержки. Однако детальный анализ не осуществляется, вследствие чего результаты могут быть некорректны.

В качестве недостатков методики специалисты также отмечают нацеленность на долгосрочную перспективу со сравнительно низкой достоверностью. Кроме того, модель не учитывает некоммерческие эффекты и воздействие перераспределения ресурсов на продуктивность, допускает некоторую субъективность в оценках.

На основании приведенного описания таких методик, как UNIDO, модель Литтла-Миррлиса и «расходы-выгоды» (cost-benefit analysis), очевидно, что они имеют общий характер и не адаптированы для конкретной отрасли. Чтобы учесть специфические особенности деятельности, многие компании разрабатывают свои подходы к оценке эффективности инвестиционных проектов. Например, своя корпоративная методика есть у ОАО «РЖД» [118].

Необходимость ее разработки обусловлена спецификой инфраструктурных проектов, реализуемых в сфере железнодорожного транспорта. Традиционные подходы к анализу эффективности учитывают, как правило, преимущественно прямые эффекты. Для их изменения в случае с ОАО «РЖД» используются следующие показатели: прибыльность вложений, срок окупаемости инвестиций, прирост объемов пассажирских и грузовых перевозок.

Однако железнодорожный транспорт является структурообразующей отраслью, имеет многоуровневые взаимосвязи с народнохозяйственным комплексом и качеством жизни населения, поэтому эффект от реализации проектов в этой сфере носит косвенный характер. Он влияет на экономику и жизнь общества опосредованно и с большим временным лагом. Вследствие этого традиционные методы оценки не позволяют учесть косвенный эффект, результаты анализа оказываются необъективны, а полученная эффективность занижена.

Чтобы минимизировать риск принятия некорректного решения относительно реализации проекта, ОАО «РЖД» разработан свой подход. Он позволяет

осуществить комплексную количественную оценку прямых и косвенных эффектов от реализации инфраструктурных объектов, в том числе и оценку бюджетной эффективности, а также вклад проекта в социально-экономическое развитие всей страны (рис. 2.1). Несмотря на высокую степень адаптации для железнодорожной отрасли, в отношении цифровых инвестиционных проектов методика малоприменима, так как в промышленности преобладают прямые эффекты от проектов.

Как и ОАО «РЖД», крупные банки, такие как ПАО Сбербанк, ПАО ВТБ, Внешэкономбанк, также разработали методики для оценки инвестиционных проектов. В их основе лежат классические показатели эффективности UNIDO, помимо этого учтены специфические для банковской сферы аспекты. Например, риски анализируются как для заказчика проекта, так и для банка, выступающего инвестором.

Методики Goldman, Sachs & Co, Ernst & Young и ЕБРР предназначены в основном для бизнес-планирования и создания бизнес-плана – ключевого документа проекта инвестирования.

Специалисты Goldman, Sachs & Co для оценки показателей рекомендуют опираться на официальную статистику, которая менее подвержена сознательным фальсификациям. Например, данные о средних стоимостях энергоносителей и стройматериалов [97].

Исследователи Ernst & Young [8] представили пошаговую инструкцию разработки бизнес-плана. По мнению авторов, она предназначена как для начинающих предпринимателей, так и для владельцев предприятий, которые хотели бы расширить свой бизнес, планируют провести сделку поглощения или слияния. Методика позволяет оценить риски и представить проект как привлекательный для инвесторов. Оценка его эффективности осуществляется с применением классических показателей подхода UNIDO и коэффициентов, характеризующих деятельность компании, например, показатели ликвидности.

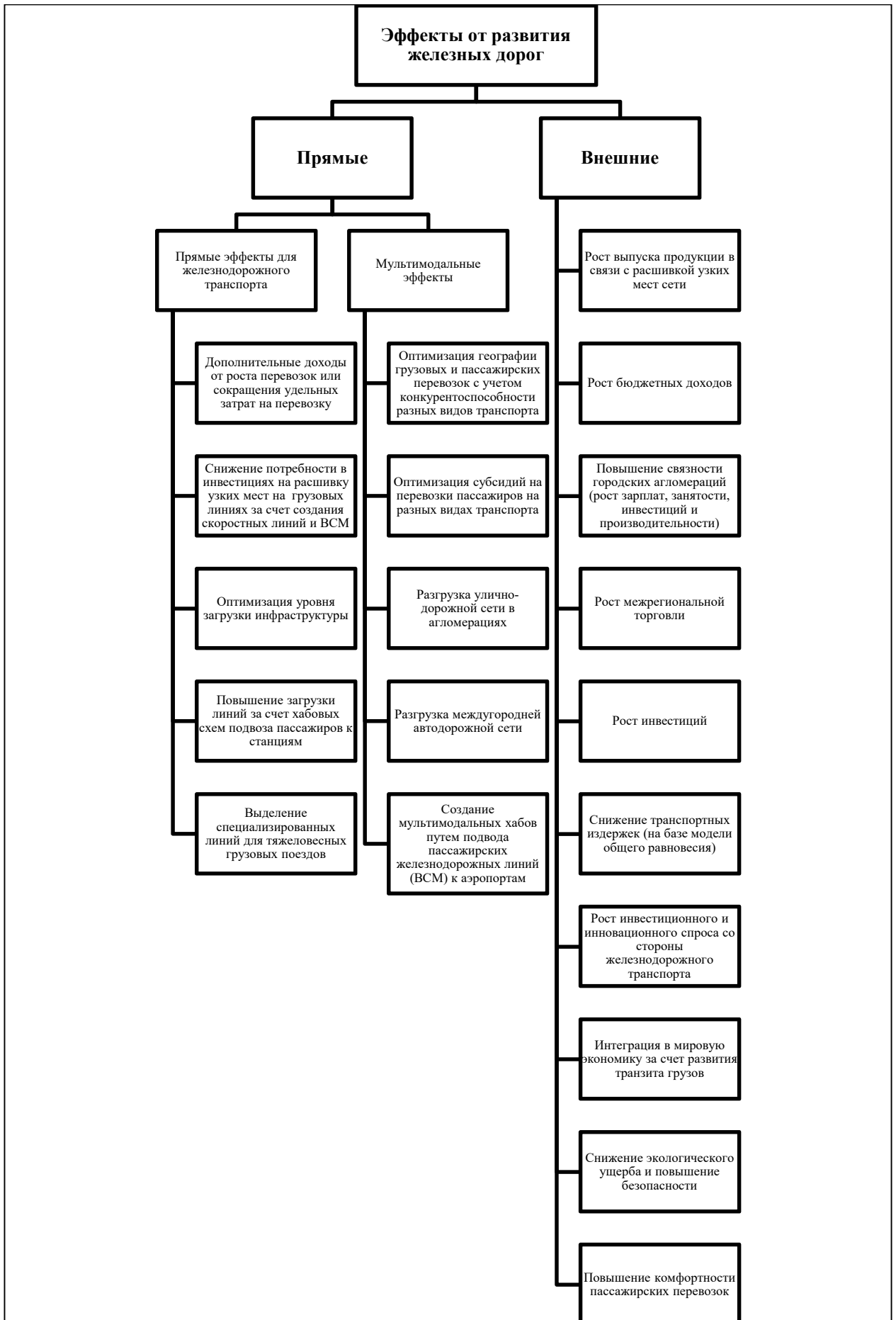


Рисунок 2.1 – Эффекты от развития железных дорог [118]

Разработанная KPMG [7] методика оценки эффективности инвестиционных проектов выступает, по-видимому, самой сжатой из данной группы, так как при её применении составителю нужен значительный опыт в создании бизнес-планов и характеристике показателей проектной эффективности. Она адаптирована для проекта по открытию нового направления деятельности или даже целого предприятия. В рамках бизнес-плана детально анализируется не только экономическая эффективность, но и маркетинг, риски, основные тенденции рынка и отрасли.

Всемирный банк рассматривает проектную эффективность с точки зрения проектного анализа [44]. Целью разработки подхода является формирование требований к проектам, финансирование которых осуществляется кредитной организацией. Среди них наиболее важными являются следующие:

1. Проект должен соответствовать целям Всемирного банка и ООН, в частности, стимулировать развитие рыночных отношений, способствовать экономическому росту стран;

2. Проект должен быть реализуем, что подразумевает присутствие необходимых для выполнения этого требования институциональных и прочих условий;

3. Проект должен быть надежным и результативным, что предполагает возвратность инвестиций заемщиком и окупаемость вложенных инвестиций.

Экономический аспект является основополагающим в методологии Всемирного банка. Ему уделено наибольшее внимание, в то же время анализ носит проектный характер и предполагает также оценку согласованности проекта со всеми ограничениями (техническими, социальными, финансовыми), сопоставление затрат и результатов, определение эффекта для всех заинтересованных сторон. Такой многогранный характер исследования позволяет выполнить все требования методики Всемирного банка.

При проведении финансового и экономического анализа используются следующие показатели:

1. Чистая приведённая (текущая, дисконтированная) стоимость – NPV (net present value).

2. Внутренняя норма возврата (отдачи, доходности, прибыли, эффективности) – IRR (internal rate of return).

3. Отношение результаты (выгоды) – затраты («benefit - cost ratio»).

4. Метод срока возврата (окупаемости – pay-back period method).

5. Метод определения точки безубыточности (break even analysis).

6. Критерий Бруно (the Bruno criterion).

Определённый интерес представляет критериальный параметр Бруно, дающий возможность определить проектную эффективность в теневых ценах очищенных сбережений.

Преимуществом методики Всемирного банка является учет рисков. Он осуществляется в соответствии со следующими подходами:

1. Анализ чувствительности.

Он заключается в исследовании влияния таких параметров, как размер инвестиций, динамика дохода, расходов, нормы дисконтирования, на показатели оценки эффективности проекта.

2. Метод статистических испытаний (Монте-Карло).

В этом случае значения недетерминированных входных параметров выбираются случайным образом, например, по методу Монте-Карло.

3. Сценарный анализ.

Данный метод предполагает рассмотрение нескольких сценариев, отличающихся, например, по размеру вложений, объёму выпуска продукции. Сравнение нескольких вариантов развития событий позволяет выбрать наиболее оптимальное решение, минимизировав уровень рисков.

Приведенный обзор методик оценки эффективности показывает, насколько они разнообразны. Однако методический подход, позволяющий проанализировать цифровой проект, должен учитывать его специфику и соответствовать нескольким требованиям.

1. Способность оценивать физическую составляющую проекта.

В главе 1 (параграф 1.3) была представлена классификация киберфизических систем и выявлены их особенности, на основании чего мы сделали вывод: оценка такого типа цифровых проектов, в котором сочетается физическая и программная составляющая, требует особого внимания к первому компоненту. В связи с этим методика должна позволять оценивать эффективность работы аппаратного обеспечения.

2. Способность оценивать экономический эффект.

Прибыльность – это основная цель, которая преследуется промышленным предприятием при реализации цифрового проекта. Инвестиции должны быть оправданы экономическим эффектом, который обеспечивает внедрение цифровых технологий. В связи с этим методика должна позволять количественно измерить экономическую эффективность.

3. Способность оценивать эффективность использования человеческого капитала.

В соответствии с типологией киберфизических систем в зависимости от их автономности, рассмотренной в главе 1 (параграф 1.3), выделяют различные проекты. На основании приведенной классификации очевидно, что в случае с полуавтономными и киберфизико-человеческими системами важно выявить вклад, который вносит человек. Важность такой оценки обусловлена тем, что работа физического компонента в CFS во многом определяется правильностью и точностью действий оператора.

4. Способность оценивать трансформационный эффект.

Отдельные виды цифровых проектов можно считать трансформационными. Отличие некоторых таких проектов заключается в том, что в рамках них создается или развивается информационная система особого вида, известная как цифровая платформа. Она представляет собой «систему алгоритмизированных взаимоотношений значимого количества участников рынка, объединенных единой информационной средой, приводящую к снижению транзакционных издержек за счет применения пакета цифровых технологий и изменения системы разделения труда» [128]. На промышленных предприятиях цифровая платформа позволяет

предоставить доступ внутреннему или внешнему клиенту к системе, с помощью которой он сможет удовлетворять свои потребности в автономном режиме. Цифровая платформа создается в условиях цифрового трансформационного проекта, который в свою очередь обеспечивает трансформационный эффект. Его суть заключается в наблюдаемых и измеримых последствиях изменений принципов осуществления деятельности на промышленном предприятии. На наш взгляд, при реализации трансформационного цифрового проекта трансформационный эффект также должен быть измерен.

5. Способность оценивать риски проектов.

Как свидетельствует практика и отчеты аналитиков, цифровые проекты в промышленности носят высокорисковый характер. По данным исследования KPMG, 88% среди опрошенных руководителей предприятий в России считают, что развитие цифровых технологий приносит больше возможностей, чем угроз. В мировых масштабах этот показатель оказался выше – 95% [129].

Среди основных угроз цифровизации наиболее серьезными считаются риски информационной безопасности, снижение количества рабочих мест и ухудшение управляемости процессов и эффективности в краткосрочной перспективе (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Угрозы цифровизации [129]

6. Способность оценивать стоимость проектов.

При анализе эффективности важно понимать полный объем затрат, требуемый для реализации проекта. Наиболее сложный случай при определении стоимости представляют собой программные продукты. Они могут быть приобретены у разработчика и тогда стоимость определяется рыночной ценой, а могут быть созданы своими силами посредством вложений в НИОКР. Во втором случае корректно определить стоимость проекта сложнее, так как требуется

детализировать все затраты и учесть их. В связи с этим методический подход к анализу должен предусматривать оценку стоимости различных видов продуктов.

Проведенный сравнительный анализ методик, результаты которого представлены в таблице 2.1, свидетельствует о том, что ни одна из них не позволяет осуществить комплексный анализ цифрового решения и получить адекватную оценку его эффективности.

Таким образом, нами был сделан вывод о том, что практически ни одна из популярных сегодня методик оценки инвестиционных проектов не учитывает специфику цифровых решений. Прежде всего, они не дают возможности учесть комплексность решений, а также то, что в условиях стремительно развивающейся цифровой экономики сроки жизни цифровых решений неуклонно сокращаются, а риски инвестирования растут. Данное противоречие указывает на то, что для анализа цифровых решений требуется комплексный методический подход, соответствующий сформулированным нами критериям.

2.2. Методический подход к оценке и анализу внедрения киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования

В главе 1 (параграф 1.3) нами была выполнена классификация цифровых решений, которая позволила выявить их специфику и увидеть, насколько они разнообразны. Остановимся подробнее на оценке эффективности киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования. При разработке методического подхода данные группы решений были объединены нами вместе по двум причинам.

Во-первых, сложная структура киберфизических систем объединяет две составляющие: программное и аппаратное обеспечение под управлением высококвалифицированных кадров. Работа с оборудованием (вторая группа решений) также предполагает участие оператора. В связи с этим оценка эффективности цифровых решений должна осуществляться в том числе с точки зрения эффективности использования человеческого капитала.

Во-вторых, киберфизические системы, объединяя в себе физическую и программную составляющую, требуют особого подхода при внедрении в промышленности, что подразумевает встраивание их в уже существующую инфраструктуру. Данный процесс является трудоемким и дорогостоящим. Аналогично существенных капитальных вложений требует также внедрение цифрового оборудования. Современное аппаратное обеспечение, позволяющее использовать цифровые технологии, представляет собой, как и CPS, сложную систему. Существенное отличие указанных групп проектов заключается лишь в том, что в случае с киберфизическими системами помимо оборудования в структуре присутствует также программный продукт. В связи с этим считаем целесообразным рассматривать с точки зрения оценки эффективности указанные виды цифровых решений совместно.

Проведенный нами анализ существующих подходов к оценке эффективности показал, что ни один из них не оценивает в полной мере эффективность работы физической составляющей. Так, Модель ООН по промышленному развитию (UNIDO), по мнению многих исследователей, универсальна и при ее разработке использовался подход «затраты-выгоды». С ее помощью возможно оценить количественную отдачу от инвестиций и срок, в течение которого они окупятся. В результате будет сформирована система известных показателей оценки, среди которых простой и дисконтированный сроки окупаемости инвестиций, чистая текущая стоимость, внутренняя норма прибыли, рентабельность инвестиций. В то же время, подход не предполагает детализированного анализа рисков, которые возникают при внедрении киберфизических систем. Данному аспекту следует уделить особое внимание, так как, несмотря на повышение эффективности и снижение затрат в результате использования CPS на промышленных предприятиях (рис. 2.3), предприятия отказываются от их реализации в связи со сложностью оценки связанных с их реализацией рисков.

Таблица 2.1 – Критический анализ подходов к оценке проектов (авт. [15])

Методика оценки проектов	Требования к методике оценки цифровых решений					
	способность оценивать эффективность физической составляющей	способность оценивать экономическую эффективность	способность оценивать эффективность использования человеческого капитала	способность оценивать трансформационный эффект	способность учитывать риски цифровых решений	способность оценивать стоимость цифровых решений
Модель ООН по промышленному развитию (UNIDO)	-	+	-	-	-	+
«Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477)	-	+	-	-	+	+
Методика компании «Альт-инвест»	-	+	-	-	+	+
Метод Литтла-Миррлиса	-	+	-	-	-	-
Модель «затраты-выгоды» (Cost-benefit analysis)	-	+	-	-	-	+
Корпоративные методики оценки	-	+	-	-	+	+
Банковские методики (ПАО Сбербанк, ПАО ВТБ, Внешэкономбанк)	-	+	-	-	+	+
Модели Goldman, Sachs & Co; Ernst & Young; KPMG	-	+	-	-	+	+
Модель Всемирного банка	-	+	-	-	+	+



Рисунок 2.3 – Результаты опроса об ожидаемых выгодах от инвестиций в промышленные интернет-технологии [76]

Как альтернатива международному методу мог быть использован его отечественный аналог - «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477). Однако, следует отметить, оба приведенных подхода предлагают использовать классические показатели (чистый дисконтированный доход, срок окупаемости проекта, внутренняя норма доходности и индекс доходности/прибыльности) и, несмотря на их большое разнообразие, в конечном итоге, во-первых, в должной мере не учитывают риски, во-вторых, не предполагают оценку эффективности работы аппаратного обеспечения, что является ключевым индикатором при анализе работы киберфизической системы, и эффективности работы персонала. Ориентируясь исключительно на показатели, связанные с дисконтированием денежных потоков, мы могли бы ошибочно отказаться от цифровых решений, обеспечивающих рост эффективности использования оборудования.

Предлагаем авторский методический подход к анализу. Алгоритм оценки эффективности представлен на рисунке 2.4.

I этап.

Прежде всего, осуществим анализ экономической эффективности, рассчитав классические показатели по «Методическими рекомендациями по оценке

эффективности инвестиционных проектов» (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477), при этом к значению каждого показателя (NPV, IRR, ROI) и стоимости внедряемой системы будем применять поправку на риск. Несмотря на то, что взятый на основу подход подразумевает отдельную детальную оценку рисков с точки зрения сценарного анализа, для киберфизических систем и проектов по внедрению нового оборудования такой вариант не всегда пригоден и достаточен. Это обусловлено малоизученностью цифровых технологий и отсутствием их аналогов. В связи с этим достаточно сложно с высокой долей вероятности предусмотреть все возможные сценарии развития событий при их реализации.

В нашем случае поправка на риск – это совокупная оценка всех рисков экспертным методом по пятибалльной шкале с точки зрения вероятности их реализации и степени значимости последствий их реализации (потери, которые будут понесены в результате наступления риска). Для ее количественной оценки предлагаем использовать следующую формулу:

$$R = \sum P_i \times F_i, \text{ где} \quad (1)$$

R – совокупный уровень рисков проекта в баллах;

P_i – вероятность наступления i -го риска в баллах по пятибалльной шкале;

F_i - степень значимости последствий наступления i -го риска в баллах по пятибалльной шкале.

Для корректировки значений классических показателей оценки экономической эффективности на риск используем соответствующее процентное значение (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Поправки значений классических показателей экономической эффективности на риск (авт.)

Совокупный уровень рисков проекта в баллах (R)	Поправка на риск, %
0-10	0 (поправка на риск не осуществляется)
11-20	10
21-30	20
31-40	30
41-60	40
>60	50

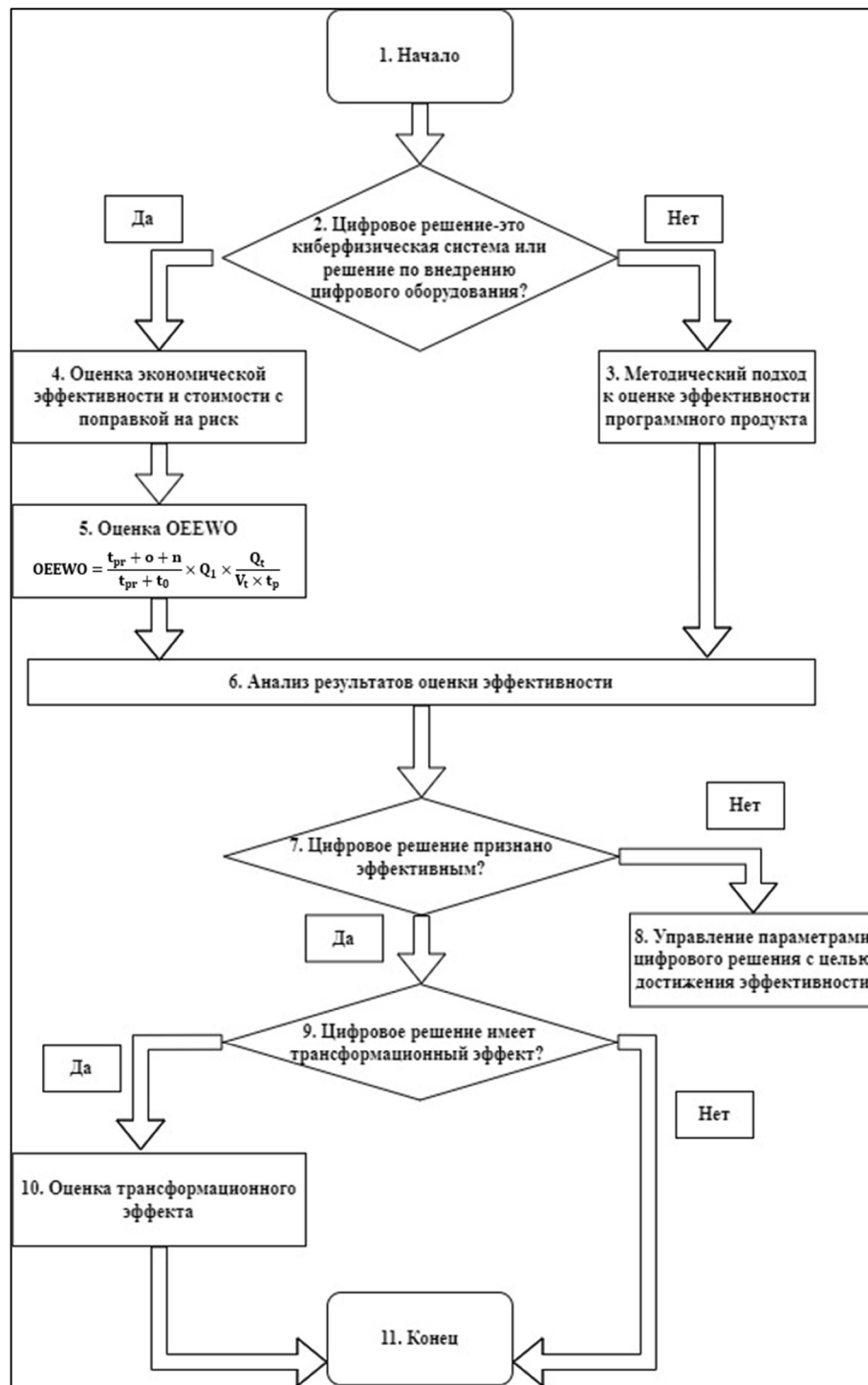


Рисунок 2.4 – Алгоритм оценки эффективности киберфизических систем и проектов по внедрению оборудования (авт.)

Очевидно, что с точки зрения оценки экономической эффективности предлагаемый нами подход соответствует трем требованиям, которые были сформулированы нами в параграфе 2.1 к методике оценки цифровых решений:

1. Способность оценивать экономическую эффективность.
2. Способность учитывать риски.

3. Способность оценивать стоимость.

II этап.

Аппаратное и программное обеспечение (ПО), формируя структуру CPS, неотделимы друг от друга. В связи с этим эффективность работы оборудования следует оценивать, принимая во внимание эффект от цифрового ПО. Сосредоточиться исключительно на анализе физической составляющей некорректно.

В то же время эта часть киберфизической системы является наиболее затратной. Важно отметить, что инвестиции при этом направлены как на приобретение оборудования, так и на подготовку инженерной инфраструктуры и производственной площадки. Учитывая масштабность осуществляемых изменений, которые затрагивают уже существующие процессы на промышленном предприятии, нужно иметь четкое понимание, к каким результатам приведет осуществляемая модернизация. Если говорить о физической компоненте киберфизической системы, то в этом случае анализ должен носить комплексный характер, что предполагает учет абсолютных значений инвестиций или объема выпускаемой продукции, а также ее качества, эффективности использования временных, трудовых ресурсов.

Мы провели анализ существующих подходов к оценке эффективности работы оборудования и выяснили, что обозначенным требованиям соответствует показатель ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness). В ГОСТ Р ИСО 22400-2—2019 [22] приводится следующее определение данного термина: ОЕЕ – это показатель, который характеризует «эксплуатационную готовность рабочего элемента, его эффективность и коэффициент готовой продукции, объединенные в один показатель», измеряется в процентах и рассчитывается по следующей формуле [85]:

$$\text{ОЕЕ} = \text{Д} \times \text{П} \times \text{К}, \quad (2)$$

где ОЕЕ – индекс общей эффективности использования оборудования, %;

Д – доступность или эксплуатационная готовность оборудования, % – это объем потерь из-за простоя. Она характеризует пропорцию времени между

временем фактической работы оборудования и временем его загрузки и рассчитывается как соотношение фактического времени работы к времени загрузки оборудования в часах;

П – производительность или показатель эффективности деятельности, % – это коэффициент эффективности производственной деятельности, связывающий чистое рабочее время и общее время работы оборудования. Он позволяет выяснить, присутствует ли потеря производительности производства. Коэффициент эффективности производственной деятельности рассчитывается как отношение чистого рабочего времени к общему времени работы в часах;

К – качество, которое оцифровывается через коэффициент готовой продукции, %. Он показывает долю качественной продукции, которую удалось произвести и рассчитывается как отношение качественной продукции к общему объему продукции в натуральных единицах или стоимостной оценке.

Классическая формула ОЕЕ позволяет проанализировать различные характеристики работы оборудования: простои, скорость работы и качество продукции.

В соответствии с другим подходом показатель ОЕЕ рассчитывается по следующей формуле [85]:

$$ОЕЕ = \frac{АТ}{ТРР \times SOT}, \quad (3)$$

где ОЕЕ – индекс общей эффективности использования оборудования, %;

АТ (Actual Throughput), фактическая пропускная способность – объем качественной продукции;

ТРР (Theoretical Processing Rate), теоретическая скорость обработки – скорость обработки в узком месте системы при наличии идеальных условий;

SOT (Scheduled Operating Time), расчетное время производства – количество, запланированное системой, времени для работы, включая производство и обслуживание.

На наш взгляд, в соответствии с первым подходом к оценке эффективности работы оборудования через показатель ОЕЕ возможен более полный и структурированный анализ, что обусловлено прозрачностью факторов, которые

определяют эффективность. Кроме того, присутствует возможность проведения факторного анализа, результаты которого могут стать основой для принятия соответствующих управленческих решений. Рассмотрим факторы, отрицательное влияние которых на параметры в составе ОЕЕ наиболее вероятно. (табл. 2.3). Остановимся на каждом из них подробнее.

«Отказ» оборудования – это потеря доступности к работе на этом оборудовании, незапланированный простой, причиной которого могла стать поломка, недостаточная квалификация сотрудников, нехватка оборотных средств. В случае с поточным производством «отказ» вызван отсутствием части оборудования на линии, в результате чего выпуск готового продукта невозможен.

Таблица 2.3 - Компоненты ОЕЕ [152]

Составляющая ОЕЕ	Факторы, влияющие на составляющие ОЕЕ
Доступности	«Отказ» оборудования
	Настройка и регулировка
	Остановки по вине оператора оборудования
Производительность	Холостой ход и непродолжительные остановки
	Пониженная скорость работы
Качество	Технологические дефекты (брак)
	Снижение количества качественной продукции

Не следует путать «отказ» оборудования (потерю доступности) с замедлением производственного процесса (потерей производительности). Избежать этого позволяет строгая регламентация продолжительности остановок. Например, если оборудование не работает более часа, то такой простой – это «отказ» оборудования, причины которого предстоит выяснить.

На доступность также влияет настройка и регулировка, так как данные процессы могут занимать длительный период времени. При этом оборудование также простаивает, производственный процесс на нем не осуществляется. Настройка и регулировка предполагают переналадку, прогрев, плановое техническое обслуживание.

Потеря производительности зачастую обусловлена холостым ходом и непродолжительными остановками. Их причинами в свою очередь становится замятие материала, его неправильная подача, некорректная настройка оборудования. Длительность остановок не превышает 5 минут, не требует выполнения масштабных ремонтных работ с привлечением квалифицированного персонала. неполадки могут быть устранены оператором, который работает на данном оборудовании. Однако если потеря производительности под влиянием указанных факторов приобретает хронический характер, требуются более радикальные методы.

На производительность также влияет пониженная скорость работы. В результате процессы на производстве отнимают больше времени, чем позволяет мощность и технические характеристики оборудования. Причиной снижения скорости работы становится износ оборудования, использование некачественных материалов, недостаток квалификации персонала, управляющего станками.

К технологическим дефектам (браку) мы предлагаем относить продукцию, которая не соответствует установленным стандартам качества, а также ту, которая подлежит переработке. Данный фактор следует учесть, так как для анализа показателя эффективности оборудования с помощью ОЕЕ в расчет принимается только тот продукт, который с первого раза признан качественным. Причины дефектов в данном случае: некорректность настроек оборудования, ошибки оператора, его неправильное обращение с техникой или истечение срока годности сырья в определенных отраслях, например, в пищевой промышленности.

Фактор «снижение объема качественной продукции» принимается во внимание до момента стабилизации работы оборудования с момента его запуска. Как и в случае с технологическими дефектами, он подразумевает учет некачественной продукции, а также той, которая не соответствует требованиям и будет направлена на переработку. Специфика данного фактора в том, что он подлежит контролю после установки или переналадки оборудования.

Промышленные предприятия, осуществляя внедрение нового оборудования или киберфизической системы, структура которой включает аппаратное и

программное обеспечение, на практике, как правило, сталкиваются с описанными нами проблемами. Приведенная систематизация позволяет, во-первых, определить конкретный фактор, а во-вторых, воздействовать на него, чтобы максимизировать итоговую эффективность работы.

Несмотря на комплексный характер приведенной формулы ОЕЕ, которая объединяет несколько показателей работы оборудования, с помощью нее не удастся в полной мере учесть специфику такого типа цифровых проектов как киберфизические системы. Они обладают рядом особенностей, что обусловлено уникальной структурой, в которой сочетается физическая (датчики, измерительная техника, биологический объект – человек) и программная составляющие. Во-первых, CPS обладают способностью автономного мониторинга своего состояния, на основании результатов которого своевременно может быть произведен плановый ремонт оборудования без его простоев. Данная особенность учтена в доступности. Во-вторых, внедрение киберфизических систем – это возможность повысить качество продукции. Этот фактор находит отражение в коэффициенте готовой продукции. В-третьих, основная цель модернизации в промышленности – рост производительности. В формуле ОЕЕ этот эффект учтен в эффективности деятельности.

Одной из специфических черт киберфизической системы является высокая степень ее автономности. Несмотря на это, важным физическим компонентом в ее структуре остается человек. В главе 1 (параграф 1.3) нами приведена классификация киберфизических систем с точки зрения участия оператора в ее работе, что свидетельствует о его существенной роли. Бесперебойность производственных процессов достигается благодаря человеку, который фиксирует неполадки, свидетельствующие о необходимости выполнения ремонта, принимает решение о переналадке.

Таким образом, мы убеждены: анализ цифрового киберфизического решения, а также решения по внедрению нового оборудования должен выполняться с учетом эффективности работы оператора. В противном случае результаты оценки нельзя считать корректными. По данным современных

исследований среди причин неудачной реализации цифровых решений часто выделяют недостаточную квалификацию персонала, управляющего цифровым оборудованием. В таком случае классические показатели оценки эффективности оборудования демонстрируют высокие значения, но на практике они недостижимы, так как существенное влияние оказывает человеческий фактор.

Для решения этой проблемы мы модифицировали формулу расчета ОЕЕ, включив в нее показатель оценки эффективности деятельности человека в киберфизической системе [47]:

$$OEEWO = \frac{t_{pr+o+n}}{t_{plan}} \times \frac{t_i \times Q_1}{t_{pr} + t_0} \times \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (4)$$

где ОЕЕWO (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;

t_{plan} – период времени, в течение которого по нормативу должно было работать оборудование, в часах;

t_i – идеальное время цикла, то есть период времени, в течение которого должно быть выпущено максимально возможное количество продукции, 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_2 – количество деталей, соответствующих стандартам качества, которые установлены для продукции, в единицах.

Допустим, что общий период производственного процесса, в течение которого оборудование функционировало без нарушений, равен идеальному

времени цикла (период времени, в течение которого должно быть выпущено максимально возможное количество продукции, в часах), так как цель – производить максимальное количество продукции в единицу времени. Вследствие этого формула приобретает следующий вид [47]:

$$OEEWO = \frac{t_{pr+o+n}}{t_{pr+t_0}} \times Q_1, \quad (5)$$

Добавим показатель оценки эффективности деятельности оператора в киберфизической системе, в результате чего классическая версия формулы в укрупненном виде будет выглядеть следующим образом:

$$OEEWO = D \times \Pi \times K \times P, \quad (6)$$

где OEEWO (The overall efficiency of the equipment, taking into account the work of the operator) – интегрированный показатель эффективности работы оборудования, %;

D – доступность или эксплуатационная готовность, %.

Π – производительность или показатель эффективности деятельности, %.

K – качество (коэффициент готовой продукции), %.

P – эффективность деятельности оператора, %.

Эффективности деятельности оператора в киберфизической системе будем рассчитывать по следующей формуле:

$$P = \frac{Q_t}{V_t \times t_p}, \quad (7)$$

где 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.

С учетом приведенной выше формулы, расчет показателя ОЕЕ в развернутом виде будет выглядеть следующим образом [47]:

$$OEEWO = \frac{t_{pr+o+n}}{t_{pr+t_0}} \times Q_1 \times \frac{Q_t}{V_t \times t_p}, \quad (8)$$

Усовершенствованная нами формула позволила учесть влияние человеческого фактора при оценке эффективности внедрения киберфизической системы. Формула объединила 4 группы факторов, которые характеризуют одновременно эффективность работы физико-биологической составляющей (оборудование, оператор) и программной составляющей – цифрового продукта в CPS.

Значения ОЕЕ находятся в диапазоне от 0 до 100%. Нормативное значение показателя, свидетельствующее о высоком уровне организации производства, варьируется в зависимости от отрасли. Так, ОЕЕ при производстве фасованных потребительских товаров составляет 40-50%, мировые лидеры с производством циклического типа добиваются эффективности 80%, а при производстве непрерывного типа – даже 90% [63]. Оптимальными значениями для отдельных компонентов считаются следующие: доступность – 90%, производительность – 95%, качество – 99,9% (рис. 2.5). Если при расчете ОЕЕ использовать классическую формулу, итоговое значение показателя составит 85,4%. Мировая практика показывает, что пороговое значение эффективности лидеров производства – 85%. Это значение является ориентиром для промышленных компаний.

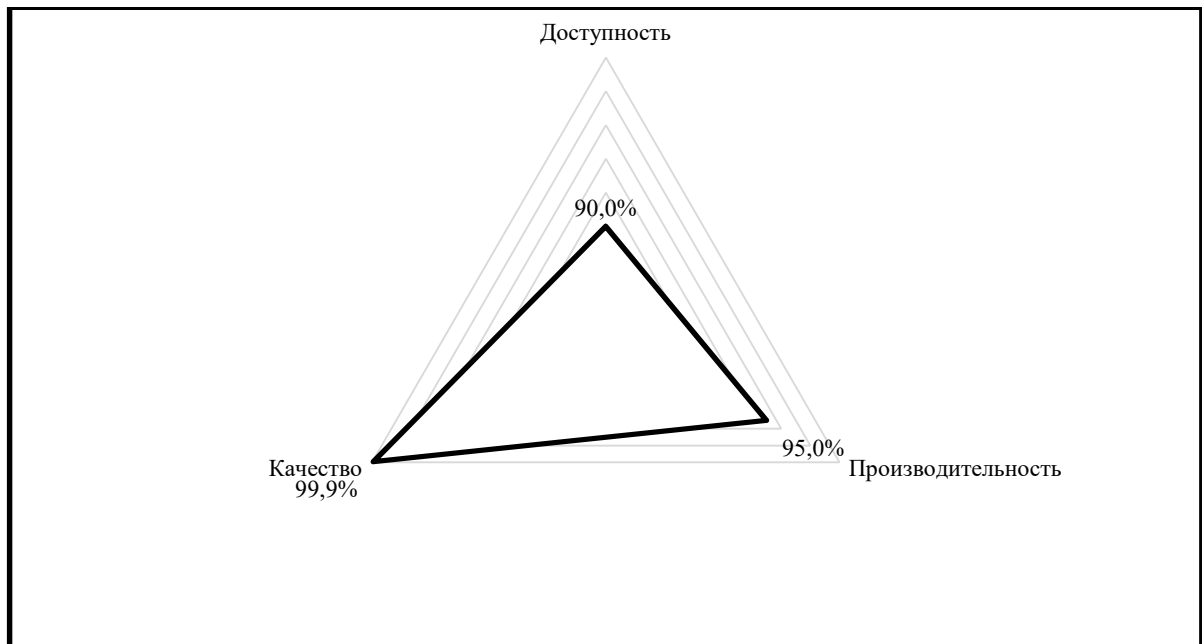


Рисунок 2.5 – Показатели компонентов ОЕЕ, % (авт. [47])

Каждая составляющая формулы ОЕЕ имеет свое оптимальное значение (рис. 2.4), что свидетельствует об их неоднородности [138]. Доступность и

производительность показывают потери, возникновение которых обусловлено недопроизводством. Оно возникает по причине временных потерь, которые в свою очередь обусловлены простоями, настройкой и доработкой, остановками по вине оператора, пониженной скоростью работы и холостым ходом. Если с точки зрения доступности не достигнут плановый объем выпуска продукции, значит, оборудование не работало совсем. В то же время, рассматривая данную ситуацию с точки зрения производительности, можно говорить лишь о непродуктивной работе оборудования. Описанные потери оцениваются как соотношение реального и теоретического объема выпуска, поэтому считаются виртуальными.

Компонент «качество» в формуле ОЕЕ измеряет фактические потери. Скорректировать брак не удастся, возможно лишь утилизировать некачественную продукцию или осуществить ее переработку, что требует дополнительных вложений.

Аналогично описанным компонентам, предлагаем ввести новый для измерения эффективности деятельности человека. Он показывает потери, возникшие вследствие недостаточной скорости работы оператора и уровня квалификации. В результате возникают непредвиденные остановки и замедляется темп производства.

При использовании нецифрового оборудования оператор работает непосредственно с ним, поэтому достаточно оценки эффективности с помощью классического показателя ОЕЕ. В то же время киберфизическая система объединила человека, аппаратное и программное обеспечение. Теперь управление оборудованием осуществляет человек через программный продукт (рис. 2.6). Он следит за исправностью всей системы, фиксирует сбои, выявляет потребность в ремонте и переналадке. Таким образом, человек:

1. Постоянно выполняет алгоритм, обеспечивающий выпуск продукции.
2. Периодически (планово или при необходимости) фиксирует неполадки, потребность в переналадках и ремонтах.

При корректном выполнении своего функционала, четком и своевременном управлении оборудованием оператор добивается нормативного выпуска

продукции. Если на каком-то из этапов работы человек допускает ошибку или тратит больше положенного времени, в конечном итоге объем выпущенной продукции оказывается ниже нормативного. Но даже при промедлении оператора в процессе работы оборудование продолжает полноценно выполнять свои функции, технические неполадки и простои отсутствуют, то есть ни одна из составляющих классической формулы ОЕЕ не поменяется. Доступность включает остановки по вине оператора, потеря производительности предполагает холостой ход или непродолжительные остановки, но ни один из этих факторов не связан с замедлением работы вследствие неоперативного выполнения оператором его функционала.

В связи с этим мы посчитали необходимым модифицировать формулу и предложить интегрированный показатель эффективности работы оборудования ОЕЕWO, чтобы появилась возможность наряду с эффективностью работы оборудования учесть и эффективность работы оператора с точки зрения соответствия объема выпущенной продукции в ходе его работы нормативному значению. Базой при расчете предложенной нами составляющей ОЕЕWO будет средний объем продукции, который может быть выпущен за фактически отработанное время.

Кроме того, в классической формуле ОЕЕ проблемы в работе оператора учитываются косвенно и увидеть, насколько конкретно отклоняется объем выпуска от возможного, не удастся. Преимущество модифицированного показателя также в том, что он определяет эффективность оборудования для специалистов разных категорий и разрядов при работе на одном и то же оборудовании за счет установления разного нормативного среднего объема выпуска продукции в единицу времени.

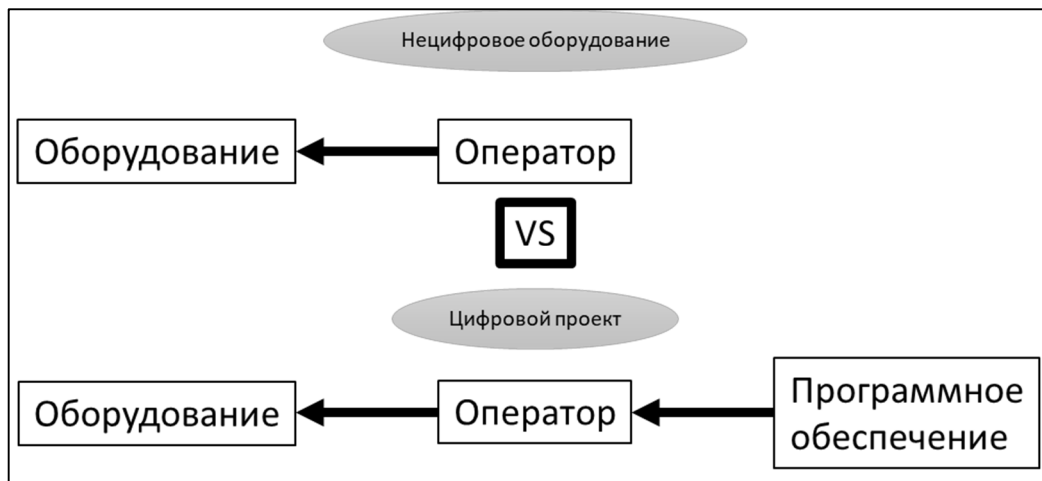


Рисунок 2.6 – Отличие схемы работы нецифрового оборудования от работы киберфизической системы и цифрового оборудования (авт.)

Ранее мы выявили, что вклад каждого из компонентов ОЕЕ неравномерен и несет разную нагрузку. На данном этапе исследования нам известны средние значения каждой составляющей: доступность – 90%, производительность – 95%, качество – 99,9% [50]. В предложенном нами ОЕЕWO установим нормативное значение для нового компонента – эффективности работы оператора. Проведенный анализ по подбору параметра позволил определить, что при заданных значениях доступности, производительности и качества эффективность работы оператора должна составлять 99,98% (рис. 2.7).

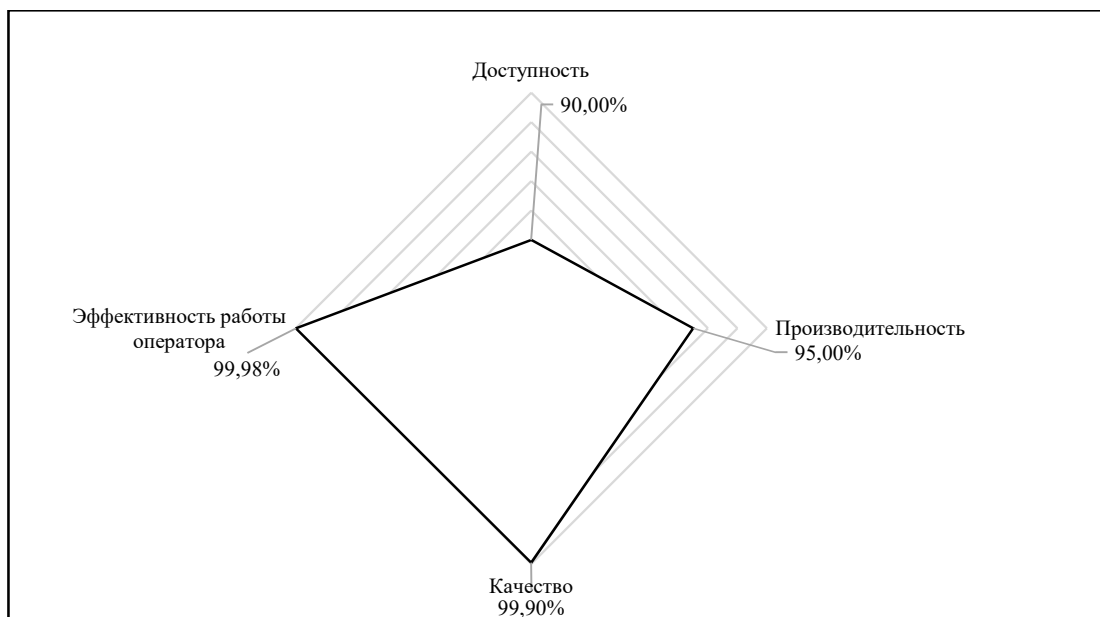


Рисунок 2.7 – Показатели компонентов ОЕЕWO с учетом эффективности работы оператора, % (авт. [47])

Иными словами, квалификация оператора должна быть максимизирована настолько, чтобы его ошибки не привели к снижению эффективности киберфизической системы и, соответственно, отказу от проекта ее внедрения.

На втором этапе методического подхода была проанализирована эффективность оборудования с учетом эффективности работы оператора. Это свидетельствует о соответствии нашего методического подхода одновременно двум требованиям: «способности оценивать эффективность физической составляющей» и «способности оценивать эффективность использования человеческого капитала». Перейдем к заключительному этапу, на котором анализируется трансформационный эффект. Способность оценивать его является последним пунктом в списке требований к методическому подходу, которые мы сформулировали ранее.

III этап.

Если по результатам I и II этапов оценки проект признан эффективным, далее следует определить, является ли он трансформационным [49]. Как мы уже упоминали ранее, особенность таких проектов заключается в создании или развитии в рамках них информационной системы особого вида, которая называется цифровой платформой. Она в свою очередь представляет собой систему алгоритмизированных взаимоотношений, которая объединяет большое количество участников в единой информационной среде и дает им возможность пользоваться пакетом цифровых технологий. Благодаря этому, а также изменению системы разделения труда снижаются транзакционные издержки.

При разработке цифрового решения важно иметь в виду, что оно не обязательно должно обеспечивать трансформационный эффект, и его наличие или отсутствие не является причиной для отказа от внедрения цифровой технологии. Так, она может не обеспечивать трансформационный эффект, но стать основой для последующих цифровых трансформационных решений, к которым промышленное предприятие придет поэтапно. Например, на первом этапе будет разработана автоматизированная информационная система. Ее интеграцию с цифровой платформой на следующем этапе уже можно рассматривать как цифровой проект.

При условии соответствия автоматизированной информационной системы критериям цифровой платформы очевиден трансформационный цифровой проект.

В рамках предлагаемого методического подхода его оценка осуществляется только после того, как определена экономическая эффективность и проведен анализ показателя ОЕЕWO. Если полученные результаты приемлемы для промышленного предприятия, мы можем перейти к измерению трансформационного эффекта. Полагаем, что рассматривать его как критерий при принятии решения о целесообразности реализации проекта наряду с показателями, характеризующими экономическую эффективность, и ОЕЕWO некорректно. Такой подход обусловлен тем, что трансформационный эффект не всегда очевиден в связи с малоизученностью и высокой степенью новаторства цифровых технологий, а также тем, что для адаптации промышленного предприятия к кардинальным изменениям требуется время, поэтому трансформационный эффект может проявиться не сразу.

Его оценку будем осуществлять с помощью заданных целевых показателей по следующему алгоритму:

1. Определение целевых показателей, описывающих модель предполагаемых кардинальных изменений, например, в конкретном процессе (время выполнения процесса, стоимость, количество ошибок).
2. Измерение фактических значений целевых показателей и определение нормативного значения после реализации цифрового проекта.
3. Экспертная оценка прогнозируемых целевых показателей после реализации проекта и сравнение полученных значений с нормативными, то есть определение реальности достижения установленных целевых значений.

Подробнее подход к оценке трансформационного эффекта будет рассмотрен нами в главе 3 (параграф 3.3).

Таким образом, используя предложенный методический подход, нам удалось проанализировать цифровой проект с точки зрения различных параметров, что в конечном итоге позволяет определить целесообразность его реализации на промышленном предприятии. Важно заметить, что предложенный подход и его

отличие от уже существующих заключается в соответствии требованиям, которые были установлены нами в параграфе 2.1. Таким образом, он в полной мере учитывает специфику цифровых проектов.

2.3. Методический подход к оценке и анализу программных продуктов

В соответствии с предложенным нами признаком классификации в главе 1 (параграф 1.3) цифровые решения с некоторой долей условности можно разделить на 3 группы: программные продукты, решения по внедрению цифрового оборудования и киберфизические системы. Каждая из этих групп, помимо уже отмеченных общих особенностей, обладает своей спецификой, которую следует учесть при оценке эффективности. В главе 2 (параграф 2.2) мы предложили свой методический подход к анализу киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования. Остановимся подробнее на оценке эффективности третьего типа проектов – программных.

В случае с решениями, предполагающими внедрение исключительно программного обеспечения (ПО) производственных процессов, программное обеспечение устанавливается на уже существующую производственную базу (оборудование и станки), очевидно, при этом важна совместимость софта и аппаратного обеспечения.

Например, компания «Роснефть», цифровизация которой подробнее будет рассмотрена в 3 главе, реализовала такое цифровое решение в 2017 г. В частности, был разработан и установлен набор инструментов, позволяющий управлять траекторией скважин – «РН-Горизонт+». Внедрение цифровых технологий позволило модернизировать процесс бурения, минимизировав затраты, так как не потребовалась замена основных фондов [57].

Существует большое количество подходов к оценке эффективности проектов внедрения ПО. На наш взгляд, их можно разделить на две группы. Сторонники подходов, отнесенных к первой из них, используют прямые оценки, сопоставляя прямые выгоды от использования программного обеспечения с затратами на его

приобретение или разработку, установку и обслуживание. Затраты могут быть оценены с той или иной степенью точности, но в то же время, оценивая выгоды, непросто оцифровать полученный результат. С точки зрения прямых оценок ключевая выгода от использования ПО – это совершенствование взаимодействий участников бизнес-процессов всех уровней и видов на промышленном предприятии за счет ускорения процессов сбора, обработки и передачи необходимой информации. При этом информация должна обладать такими свойствами, как актуальность, полнота, корректность. Для оценки прямых выгод компания должна иметь дополнительную, достаточно сложную систему учета, а если принять данные работы [73], согласно которым ежегодный объем информации, которую аккумулируют компании, растет в среднем в полтора-два раза, эффективность затрат на реализацию такого учета вызывает большое сомнение.

По мнению авторов, являющихся сторонниками второй группы подходов к анализу, оценку следует проводить косвенными методами. В соответствии с ним проекты ПО обеспечивают рост стоимости бизнеса, его доходов, снижения издержек, повышения качества выпускаемой продукции и т. п., а значит, данные показатели могут являться индикатором оценки экономической эффективности. Однако критики данного подхода утверждают, что само по себе программное обеспечение неспособно достичь этих результатов, а значит, при косвенной оценке надо каким-то образом вычленять вклад именно ПО в достижение того или иного результативного показателя, например, используя систему сбалансированных показателей и индикаторы, оценивающие именно те бизнес-процессы, которых касаются усовершенствования.

Тем не менее, нам представляется, что в случае с экономической эффективностью косвенная оценка ПО приемлема в большей степени. В рамках этого подхода предлагаются различные методы, поэтому определение наиболее корректного метода – важная задача разработки методического подхода к оценке экономической эффективности внедрения программного обеспечения. Еще одной важной задачей является оценка стоимости такого решения.

Программное обеспечение может быть разработано собственными силами или приобретено у производителя либо дилера. В случае покупки софта компания получает исключительные или неисключительные права на его применение. В соответствии с этой характеристикой осуществляется учет нематериальных активов.

Исключительные права возникают в случае разработки программного обеспечения по техническому заданию компании сторонним поставщиком или самим предприятием. Продукт ставится на баланс как нематериальный актив по стоимости его приобретения и амортизируется. Срок полезного использования фиксируется в технической документации или определяется компанией самостоятельно как период, в течение которого планируется применение ПО (составляет, в соответствии с НК РФ, не более 2-х лет). Если установить его невозможно, амортизация не начисляется. При этом ежегодно компания пересматривает и уточняет срок службы продукта, подтверждая невозможность определения или устанавливая срок полезного использования.

Неисключительные права подтверждаются лицензией. Компания получает их при приобретении продукта по лицензионному соглашению. Продукт не является собственностью предприятия и учитывается не на балансе в качестве нематериального актива, а за балансом. Затраты по приобретению ПО относятся на расходы будущих периодов [117].

Таким образом, проведенный анализ показывает, что ключевой особенностью цифровых решений, предполагающих внедрение ПО, является многообразие их видов и отсутствие единого подхода к оценке их стоимости и эффективности. В связи с этим для определения целесообразности их внедрения мы разработали методический подход для осуществления комплексного анализа в соответствии с алгоритмом (рис. 2.8).

I этап.

Прежде всего, следует определить стоимость программного продукта (обозначим этот показатель SC – Software cost).

Как и в случае с подходами анализа эффективности, существует большое количество подходов к оценке стоимости ПО. Помимо общеизвестных, таких как доходный, сравнительный и затратный подход, с точки зрения получения исходных данных выделяют две группы: неалгоритмические методы и алгоритмические модели. К неалгоритмическим относят следующие [104]:

1. Метод экспертных оценок.

Подход сконцентрирован преимущественно на определении трудовых затрат. Их определением занимается экспертная группа, в состав которой включены специалисты, имеющие опыт реализации аналогичных программных проектов. Недостатком данного подхода является субъективность оценок.

2. Метод аналогий.

Его применение возможно при оценке стоимости проектов, для которых существуют аналоги. Суть метода заключается в сравнении планируемого проекта с предыдущими, имеющими схожие параметры. Проблема практического применения такого подхода в отношении цифровых программных проектов заключается в том, что они зачастую не имеют аналогов.

3. Price-to-win.

Основой данного метода определения стоимости решения является необходимость соответствовать требованиям заказчика. Если, по его мнению, следует сократить общие затраты, то разработчик программного обеспечения должен это учесть. Такой подход, на наш взгляд, не позволяет получить адекватную оценку стоимости проекта. Отправной точкой в этом случае является бюджет заказчика, а не реальная смета затрат.

Рассмотрим вторую группу – алгоритмические модели. Основой данных подходов также, как и в случае с методом аналогий, являются данные о реализованных ранее аналогичных проектах. Они концентрируются в основном на определении трудоемкости проекта. В наиболее общем случае суть этой группы подходов заключается в определении зависимости трудоемкости проекта от количественного показателя программного продукта, например, размера программного кода. После оценки этого показателя осуществляется

прогнозирование будущих затрат. Такие методы не всегда применимы в связи с отсутствием аналогов для большинства цифровых программных продуктов. Наиболее известными моделями являются следующие:

1. Модель Путнэма (SLIM).

В основе модели лежит постулат о том, что затраты на разработку ПО распределяются согласно кривым Нордена-Рэйли, которые являются графиками функции, представляющей распределение рабочей силы по времени. Недостаток SLIM в том, что в стоимость не включаются иные расходы, за исключением времени и трудозатрат.

2. Модель СОСОМО.

Основой для разработки этой модели стала база данных о проектах консалтинговой фирмы TRW во второй половине XX века. СОСОМО предполагает оценку стоимости проекта на трех этапах: на этапе формирования требований к программному обеспечению; после определения требований к ПО; на этапе после окончания проектирования ПО. В модели применяется простая формула регрессии с параметрами, определенными из данных других проектов. Модель предполагает осуществление оценки на трех уровнях. Проблема ее практического применения заключается в том, что результаты оценки по базовому уровню недостаточно точны, а использование среднего и детального уровня СОСОМО неоправданно с точки зрения расходов для небольших проектов.

Помимо приведенных алгоритмических и неалгоритмических моделей, используются также исследовательские и эмпирические методы. Они имеют в своей основе специально проводимые исследования, эксперименты и наблюдения с их последующей статистической обработкой. Между собой такие подходы отличаются набором факторов, включаемых в формулы, способом их расчета и корректирующими коэффициентами. Данные методы трудно применять в отношении цифровых ПО, так как они предполагают внедрение принципиально новых технологий, что затрудняет создание достоверных моделей их развития.

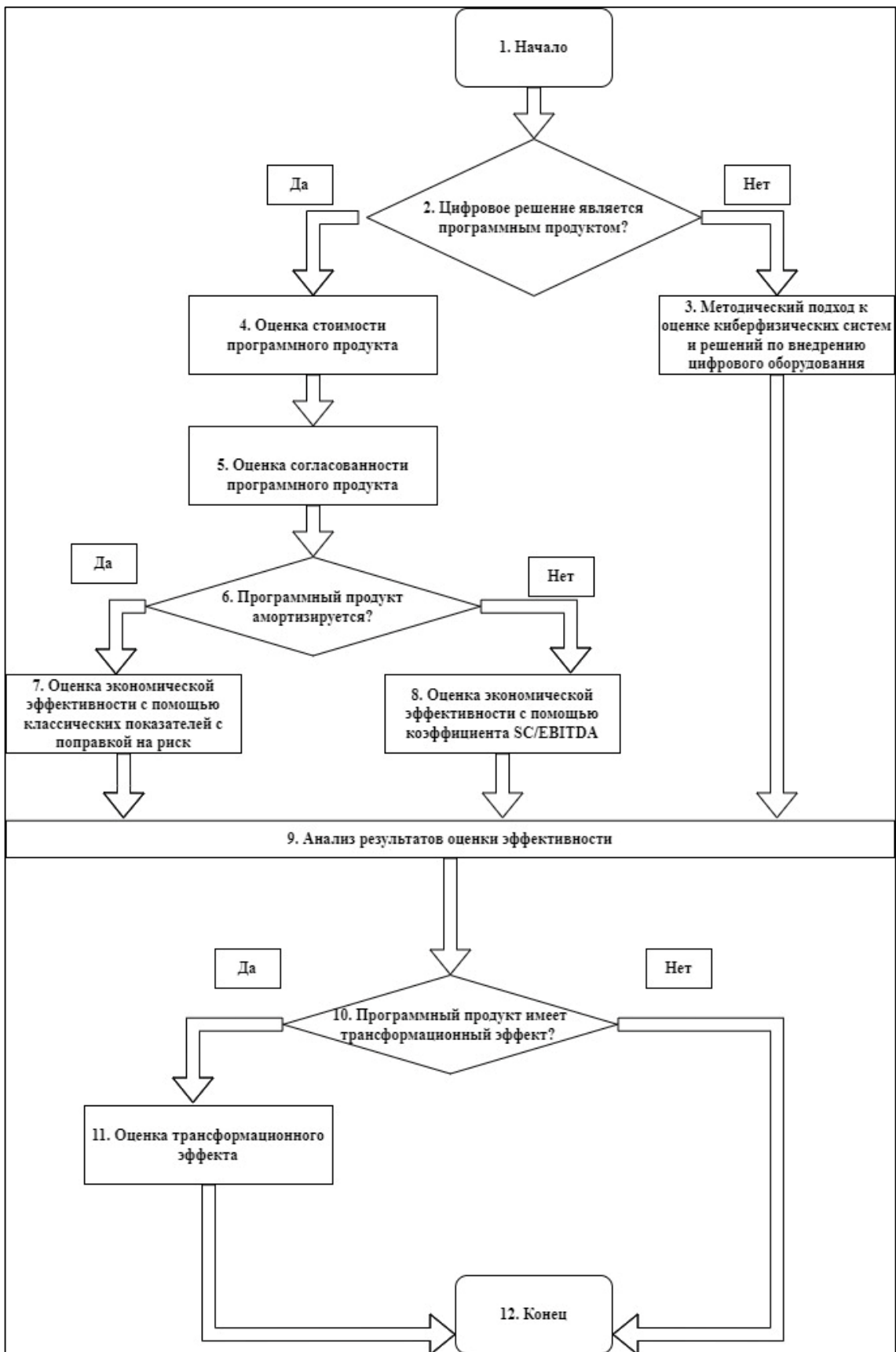


Рисунок 2.8 – Алгоритм оценки эффективности программных продуктов (авт. [46])

Наиболее оптимальным с точки зрения полноты учета затрат и надежности получаемого результата является подход TCO (Total Cost of Ownership) [5]. Он также известен как методика расчета совокупной стоимости проекта. Она была разработана в конце 80-х годов XX века компанией Gartner Group для определения финансовых затрат на владение компьютерами на платформе Wintel (Microsoft+Intel). В 1994 г. после усовершенствования методика превратилась в полноценную модель анализа финансовой стороны использования информационных технологий. В нее включаются капитальные затраты – CAPEX (приобретение, установка, создание инфраструктуры) и операционные затраты – OPEX, т.е. затраты на обслуживание и сопровождение ПО, управление им, поддержание инфраструктуры (рис. 2.9) [54]. По мнению авторов методики, второй вид затрат, как правило, составляет наибольшую долю, но в то же время неочевиден, поэтому не измеряется и не отслеживается.

Основной статьей CAPEX являются расходы на программное обеспечение, понесенные в связи с его разработкой или покупкой, в том числе оплата лицензии и подписки на обновления. Сюда же включаются расходы на расходные материалы и комплектующие, которые могут потребоваться для работы данного ПО. Однако в отличие от киберфизических систем и проектов с заменой оборудования в проектах ПО комплектующие являются лишь дополнением, обеспечивающим работу программного продукта, а не ключевой составляющей, посредством которой реализованы цифровые технологии в проекте [46].

Прежде чем работать с новыми программными продуктами, IT-специалистам необходимо пройти обучение и сертификацию. В эту статью также включена оплата командировок и заработной платы сотрудников.

Еще одной важной статьей прямых расходов являются затраты на персонал.

Затраты на связь и Интернет – неотъемлемая часть стоимости программных проектов. Здесь также учитываются затраты на содержание Web-сервера, размещенного на площадке провайдера, поддержку доменного имени, внешних серверов электронной почты.

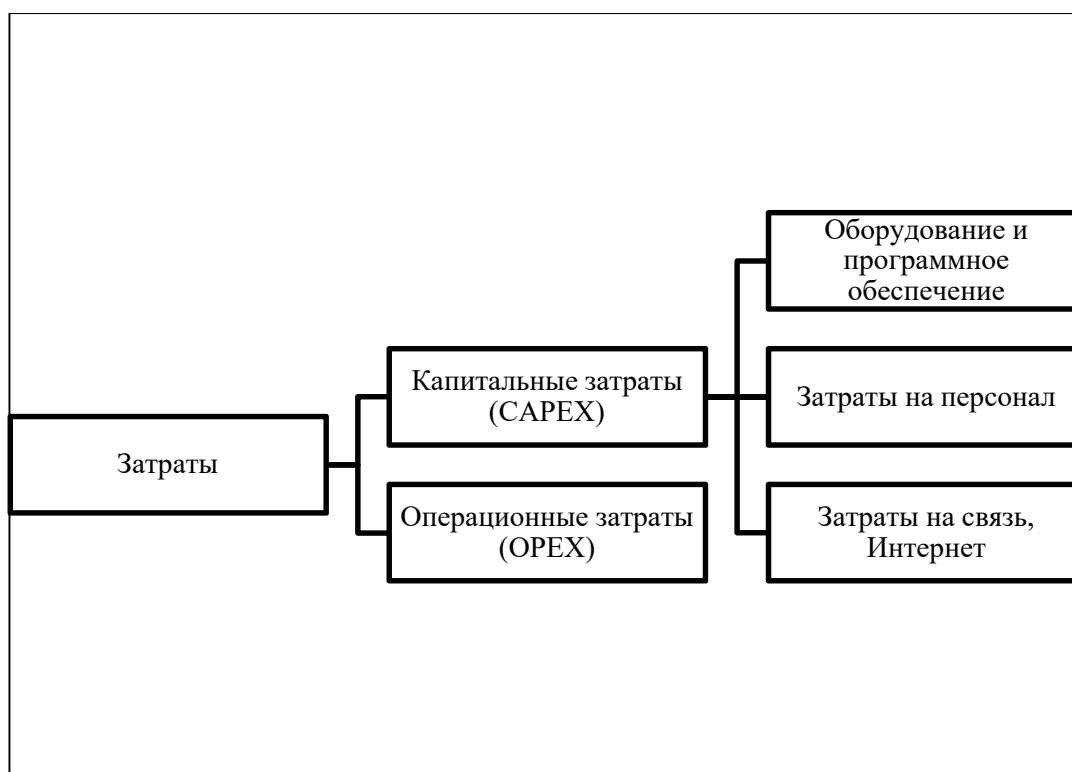


Рисунок 2.9 – Затраты на создание и эксплуатацию проектов ПО (авт.)

К OPEX или, как еще называют такие расходы - «небюджетируемые» относят те, которые связаны с эксплуатацией программного продукта, но не включены в отдельную статью бюджета компании. Например, затраты, обусловленные простоями в работе из-за неоплаченной в срок лицензии, отсутствием IT-специалистов, поломками оборудования, которое требуется для функционирования программного продукта. Представляется, что учет таких расходов возможен только благодаря детальному аудиту информационной системы промышленного предприятия, что требует дополнительных ресурсов. По мнению специалистов, даже однократно проведенный мониторинг работы всех процессов позволит, во-первых, корректно определить стоимость программного продукта, во-вторых, в дальнейшем управлять им в части косвенных расходов, а также использовать полученных данные в дальнейшем при реализации других программных проектов [46].

Методика ТСО используется не только для определения стоимости конкретного программного продукта, но и для выработки рекомендаций по оптимизации IT расходов. Для упрощения процедуры анализа разработано

программное обеспечение, такое как TCO Analyst, TCO Manager, TCO Snapshot Tool. Оно позволяет самостоятельно рассчитывать стоимостные параметры, а также анализировать эффективность выполнения отдельных функций или их набора. Сочетая схему TCO с другими параметрами на практике можно получить комплексную схему учета и контроля расходов на IT технологии.

В наиболее общем случае стоимость программного продукта по методике TCO рассчитывается по следующей формуле [43]:

$$SC = CAPEX + OPEX * n, \text{ где} \quad (9)$$

SC (Software cost) – стоимость программного проекта, руб.;

CAPEX – капитальные затраты программного проекта, руб.;

OPEX – операционные затраты программного проекта, руб.;

n – количество лет реализации и функционирования ПО, внедренного в рамках программного проекта.

На наш взгляд, данный подход несовершенен по двум причинам. Во-первых, в условиях быстро развивающейся цифровой экономики, когда скорость морального устаревания технологий стремительно растет, срок реализации и функционирования ПО, внедренного в рамках программного проекта, является трудно прогнозируемым показателем. Нам представляется, что минимизировать вероятность некорректного расчета возможно, осуществляя расчет стоимости на каждом этапе реализации проекта. При первоначальной оценке предлагаем учитывать операционные затраты первого года использования после введения ПО в эксплуатацию. Путем проведения сравнительного анализа полученной стоимости проекта и его экономической эффективности, расчет которой рассмотрим далее, возможно определить, насколько оправданы затраты на проект с учетом OPEX и целесообразно ли его дальнейшее развитие.

Во-вторых, общая формула расчета стоимости по методике TCO не учитывает риски, хотя с учетом воздействия большого количества факторов среды данный аспект имеет серьезное влияние [137]. Вследствие этого точность значения показателя под сомнением. В целях усовершенствования подхода предлагаем

модифицированный вариант расчета стоимости программного проекта с учетом рисков.

Прежде всего, идентифицируем риски. Например, в части операционных затрат присутствует риск возникновения сбоя в работе программного обеспечения, вследствие чего промышленная компания несет потери, так как не может в срок осуществить производство продукции. Если говорить о рисках, связанных с капитальными затратами, то здесь присутствует риск некорректного определения расходов на преобразование инфраструктуры или на настройку оборудования, функционально связанного с внедряемым ПО.

Далее оценим выявленные риски по десятибалльной шкале по двум параметрам: вероятность их реализации и степень значимости последствий их реализации для программного проекта (потери, которые будут понесены в результате наступления риска). Используя полученные оценки, определим значимость риска по следующей формуле:

$$R_i = P_i \times F_i, \quad (10)$$

где R_i – уровень i -го риска в баллах;

P_i – вероятность наступления i -го риска в баллах по десятибалльной шкале;

F_i – степень значимости последствий наступления i -го риска в баллах по десятибалльной шкале.

Для использования в формуле ТСО значение R_i , то есть поправка на риск, определяется по шкале (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Поправки значений CAPEX и OPEX при расчете стоимости программного проекта (авт.)

Оценка i -го риска в баллах (R_i)	Поправка на риск (R_{CAPEXi}/ R_{OPEXi})
0-10	1
11-20	1,1
21-30	1,2
31-40	1,3
41-60	1,4
>60	1,5

Наконец, завершающий этап – расчет стоимости программного проекта по предложенной нами модифицированной формуле с учетом корректировки соответствующего вида затрат в формуле по методике ТСО на значимость риска [49]:

$$SC = (CAPEX_1 \times R_{CAPEX_1} + CAPEX_2 \times R_{CAPEX_2} + CAPEX_k \times R_{CAPEX_k}) + \sum_{i=1}^N \frac{OPEX_i \times R_{OPEX_i}}{(1+r)^i} \quad (11)$$

где SC (Software cost) – стоимость программного продукта, руб.; CAPEX_k – объем k-го вида капитальных затрат, руб.; R_{CAPEX_k} – уровень риска в баллах, соответствующего k-му виду капитальных затрат; OPEX_i – операционные затраты i-го периода, руб.; R_{OPEX_i} – уровень риска в баллах, соответствующий операционным затратам i-го периода; N – число периодов; r – ставка дисконтирования, %.

II этап.

Если стоимость программного продукта (обозначим этот показатель SC – Software cost) соответствует бюджету компании и не превышена, что особенно важно в случае с софтом, разработанным по заказу сторонней организацией, следует переходить к следующему шагу – оценке согласованности проекта [14].

Согласованность цифрового проекта мы предлагаем оценивать с точки зрения соответствия программного обеспечения таким параметрам, как [14]:

- квалификации персонала;
- мощности сервера;
- используемым технологиям.

Если внедряемые технологии требуют большей мощности, чем может обеспечить имеющийся сервер, или квалификация программистов не позволяет эффективно работать с новым ПО, реализация проекта окажется под угрозой.

III этап.

В случае соответствия критерию согласованности, следующим этапом в рамках предлагаемого методического подхода следует оценить экономическую эффективность ПО. Полагаем, что для амортизируемых программных продуктов вполне применимы классические показатели инвестиционного анализа («Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных

проектов», утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 № ВК 477) как для доходных, так и для затратных проектов.

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. Но в случае, когда проект нацелен на прирост дохода предприятия, остается проблема выявления вклада ПО в этот прирост.

В ситуации, когда установить срок полезного использования ПО не представляется возможным, амортизация не начисляется. Полагаем, что здесь уместно использовать показатель, в расчете которого амортизация не учитывается. Таким показателем является, в частности, EBITDA (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization). Эффективным можно считать проект, который приводит к росту этого показателя. В случае, если, помимо проектов ПО, планируется реализация проектов 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 проектов может быть использован коэффициент $SC/EBITDA$ [14]. Коэффициент показывает, сколько прибыли до выплаты налогов, процентов и амортизации, генерируемых проектом, понадобится для полной окупаемости стоимости ПО.

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

Осуществив анализ эффективности на первых трех этапах, мы получили оценку с точки зрения трех параметров: экономической эффективности, расчет стоимости проектов, при этом были учтены риски. Можно сделать вывод, что с точки зрения требований к методике оценки эффективности, которые мы сформулировали в параграфе 2.1., предложенный подход удовлетворяет трем критериям. В случае с программным продуктом нет необходимости оценивать

эффективность работы физической составляющей, так как в связи со спецификой проекта она не является его неотъемлемой составляющей, и, на наш взгляд, нецелесообразно акцентировать внимание на эффективности использования человеческого капитала. В отличие от работы с оборудованием программное обеспечение не нуждается в постоянном мониторинге, а используется преимущественно для автоматизации процессов. Участие человека в случае с программными продуктами обычно предполагает настройку или устранение технических ошибок. Учитывая несистемный характер такого вмешательства IT специалистов, считаем возможным не учитывать эффективность их работы при оценке общей эффективности программных продуктов.

IV этап.

Завершающим этапом является оценка трансформационного эффекта [49]. Суть данного показателя подробно будет рассмотрена в главе 3 (параграф 3.3). Как уже было отмечено ранее, трансформационный эффект оценивается только в тех случаях, когда проекты носят трансформационный характер. В случае отсутствия данной характеристики программные продукты не считаются менее эффективными. В связи с этим оценка трансформационного эффекта не является показателем, на который следует ориентироваться, определяя целесообразность реализации программного проекта.

Проведенный анализ показал, что наиболее сложными с точки зрения расчета эффективности являются программные проекты. В целях выявления взаимосвязи между показателем EBITDA и внедрением цифровых технологий мы осуществили апробацию предложенного нами методического подхода по оценке эффективности проекта ПО на примере внедрения системы мониторинга оборудования «Диспетчер».

Группа компаний «Цифра» разработала данную технологию на базе собственной платформы ZIoT. «Диспетчер» - это система мониторинга, выполняющая такие функции, как сбор, анализ данных и оповещение операторов оборудования о важных событиях, происходящих в цехе. С помощью новой технологии появилась возможность получения достоверной и полной информации

о технических параметрах оборудования, его загрузке, эффективности использования, случившихся поломках и простоях. «Диспетчер» успешно внедрен на таких российских промышленных предприятиях, как RubEX Group, АО «Лепсе», ВНИИА (Росатом), а также зарубежных предприятиях: Mencast (Сингапур), Godrej & Boyce (Индия), Hyundai Heavy Industries Co (Болгария) [56].

В соответствии с предложенной в настоящем исследовании классификацией цифровых проектов система мониторинга относится к программным проектам. Срок полезного использования программного продукта не установлен. Основная задача внедрения технологии «Диспетчер» - это обеспечение выполнения функции мониторинга работы оборудования, в том числе определение причины простоев, поломок, недостаточной загруженности. Чтобы оценить эффективность цифрового проекта по внедрению «Диспетчера», мы рассчитали показатель EBITDA до и после применения технологии на промышленных предприятиях [9-12]. Значения показателя представлены на рисунке 2.10. Динамика EBITDA положительна, что свидетельствует о достаточной эффективности работы системы мониторинга «Диспетчер».

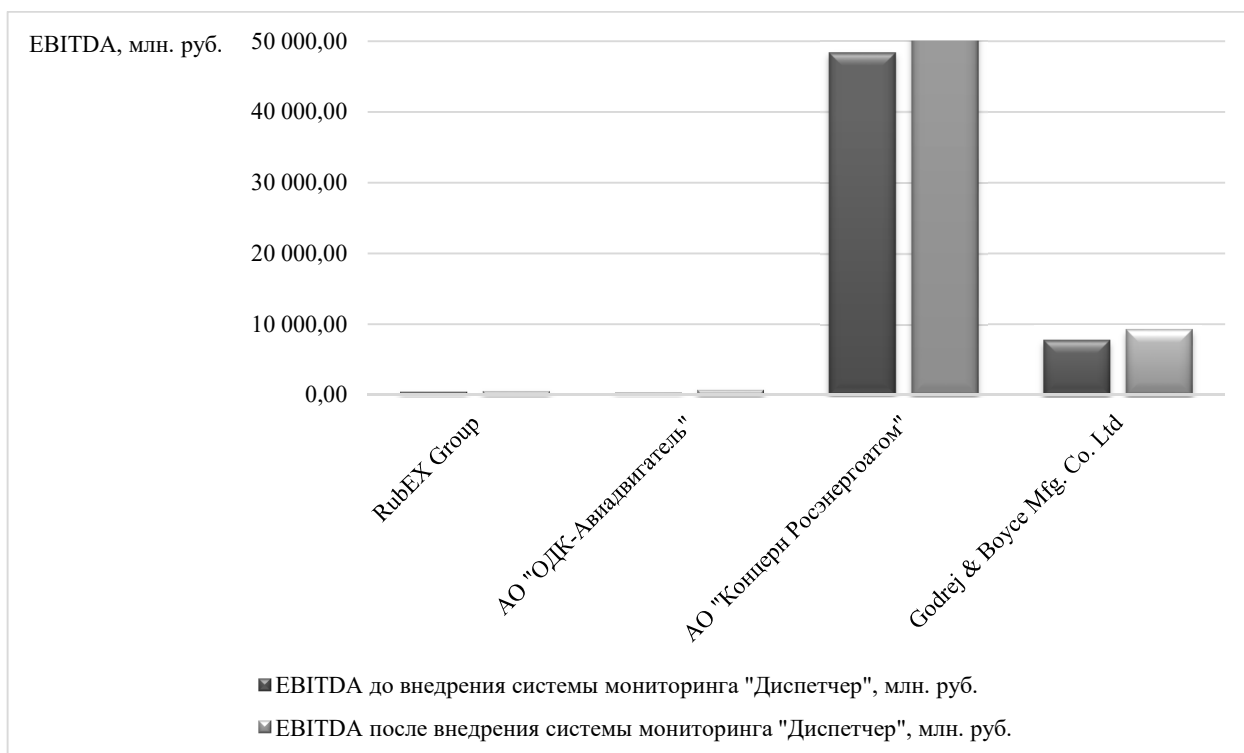


Рисунок 2.10 – Динамика показателя EBITDA до и после внедрения системы мониторинга промышленного оборудования «Диспетчер» (авт. [14])

Она способствовала оптимизации работы оборудования. Например, компания RubEX Group, используя «Диспетчер», увеличила эффективность производства на 20 % и сократила затраты на обслуживание станков на 10 %. АО «ОДК-Авиадвигатель», АО «Концерн Росэнергоатом», Godrej & Boyce Mfg. Co. Ltd удалось повысить загрузку оборудования на 14; 11 и 30 %, соответственно [29]. Описанные тенденции подтверждают положительные результаты на производстве после реализации цифрового проекта. В то же время очевидно его влияние на общую эффективность деятельности компаний. Об этом свидетельствуют проведенные нами расчеты. Данные на графике (рис. 2.10) демонстрируют положительную динамику показателя EBITDA после внедрения промышленными предприятиями «Диспетчера».

Выводы по главе 2

1. Критический анализ существующих методов оценки инвестиционных решений продемонстрировал их слабые стороны и то, что ни один из них на сегодняшний день в полной мере не учитывает специфику цифровых решений, в том числе, в зависимости от их вида. На этой основе нами была сформирована система принципов и критериев, ставшая основой для разработки методического подхода к анализу и оценке цифровых решений промышленного предприятия. В частности, подход должен быть способен: оценивать эффективность физической составляющей, экономическую эффективность, эффективность использования человеческого капитала, трансформационный эффект, а также риски цифровых решений и их стоимость.

2. Разработанный в результате настоящего исследования методический подход к оценке эффективности базируется на сформулированных нами принципах, которые, в свою очередь, учитывают специфику трех, в соответствии с разработанной в главе 1 классификацией, групп цифровых решений. Он включает комплекс методов: оценки экономической эффективности киберфизических

систем и решений по внедрению цифрового оборудования и оценки использования программных продуктов в реализации цифровых решений.

3. Отличие первого метода, направленного на оценку экономической эффективности киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования, от существующих заключается, во-первых, в определении стоимости цифрового решения с учетом поправки на риск, во-вторых, в применении предложенного нами интегрированного показателя эффективности использования оборудования – ОЕЕWO, построенного на основе модификации показателя ОЕЕ. Использование показателя ОЕЕWO целесообразно в отношении киберфизических систем, уникальность которых заключается в их сложной структуре (аппаратная плюс программная составляющие), и решений по внедрению цифрового оборудования. Отличие предложенного показателя от классического состоит в том, что комплекс составляющих ОЕЕ (доступность, производительность, качество) был дополнен показателем оценки эффективности работы оператора. Таким образом, удалось учесть человеческий фактор при оценке эффективности двух типов проектов: киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования. Ценность предложенного подхода к расчету ОЕЕ заключается в возможности не только осуществлять анализ и оценку цифрового решения, но и управлять им. При этом метод, используемый для киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования, соответствует сформулированным принципам: оценивает эффективность физической составляющей и человеческого капитала посредством нового показателя ОЕЕWO, предполагает анализ экономических параметров, в том числе, стоимости цифрового решения, а завершающим этапом в нем является оценка трансформационного эффекта.

4. Отличие второго метода, направленного на оценку использования программных продуктов в реализации цифровых решений, заключается в оценке стоимости программного продукта с поправкой на риск, что обусловлено спецификой ПО. Такой подход позволяет получить наиболее точную стоимость. Специфика рассматриваемых цифровых решений учтена в рамках предлагаемого

методического подхода также при оценке экономической эффективности. В случае с амортизируемыми продуктами применяются классические показатели экономической эффективности. В остальных случаях, когда для программного продукта не представляется возможным установить срок полезного использования, целесообразно применять коэффициент $SC/EBITDA$. Он характеризует объем прибыли до выплаты налогов, процентов и амортизации, которая потребуется для полной окупаемости стоимости программного продукта.

Разработанный метод также отвечает всем требованиям, сформулированным нами на основании анализа уже существующих подходов к анализу и оценке. Он предполагает оценку стоимости программного продукта, при этом учитываются риски, анализ экономической эффективности посредством классических показателей или коэффициента $SC/EBITDA$, а также количественную оценку трансформационного эффекта.

Таким образом, предложенный методический подход к анализу и оценке цифровых решений промышленного предприятия, во-первых, соответствует сформулированной нами системе принципов и требований, основой для формирования которой послужила выявленная на основании классификации специфика цифровых решений, во-вторых, позволяет повысить корректность и объективность оценок экономической эффективности цифровых решений.

В третьей главе проведем апробацию ключевых разработок исследования и рассмотрим особенности их применения промышленными предприятиями для определения перспектив и целесообразности внедрения цифровых решений.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ИНВЕСТИЦИЙ В ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ

3.1. Формирование цели и выбор объектов исследования

Ранее в работе было выявлено, что ни одна из существующих методик к анализу инвестиционных проектов не учитывает специфику цифровых решений и не позволяет адекватно оценить их эффективность. Для устранения обозначенного методологического пробела мы предложили авторский подход к оценке эффективности цифровых решений трех типов: киберфизических систем, решений по внедрению цифрового оборудования и программных продуктов. В целях доказательства адекватности подхода в настоящем параграфе проведем его апробацию при анализе и оценке цифровых решений промышленного предприятия. При этом, на наш взгляд, наибольший интерес в рамках апробации с точки зрения анализа эффективности представляют собой программные продукты.

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

1. Для исследования будем использовать методический подход к анализу эффективности программных продуктов, что обусловлено преобладанием в стратегии цифровизации рассматриваемых компаний такого типа проектов.

2. В качестве стоимости проекта будем использовать расходы компании на цифровизацию и НИОКР за соответствующий период, так как большинство компаний на данный момент оценивают расходы при внедрении цифровых технологий укрупненно.

3. Допускаем, что все цифровые решения, реализуемые компаниями выборки, согласованы. Промышленные предприятия, которые имеют разработанную и утвержденную программу цифровой трансформации, учитывают в ней данный аспект, так как комплексные преобразования невозможны без

предварительного анализа инфраструктуры и детальной проработки встраиваемости новых технологий и программного обеспечения в уже существующую систему. Компании, которые реализуют отдельные цифровые продукты, также анализируют их согласованность, так как у них, как правило, достаточно ограниченный бюджет, а в этом случае преимущественно рассматриваются варианты внедрения ПО, для которого уже имеется подходящее оборудование.

4. Оценку экономической эффективности будем проводить с помощью коэффициента $SC/EBITDA$. На наш взгляд, он позволит выявить совокупный эффект, который достигнут за счет реализации нескольких цифровых решений, стоимость которых нам известна, выявить динамику показателя во времени, а также сравнить его значение для промышленных предприятий, имеющих разные направления деятельности, то есть учесть особенности отрасли.

5. В качестве базы данных используем расходы предприятий на цифровизацию и НИОКР за 2019 и 2020 г. На наш взгляд, использовать данных за более ранние периоды времени нецелесообразно, так как большая часть компаний, включенных в выборку, начала масштабное внедрение цифровых решений именно в 2019 г., в тот же период появились стратегии цифровой трансформации. В 2020 г. более очевидны результаты проектов, реализация которых началась в 2019 г. или ранее. Как уже было упомянуто, цифровые решения зачастую не сразу демонстрируют свою эффективность, так как внедрение новых технологий имеет накопительный эффект.

Мы предполагаем, что цифровые продукты оказывают влияние не только на итоговый совокупный результат деятельности компании и $EBITDA$, но и являются одним из факторов, способствующих повышению производительности труда. В рамках исследования с учетом приведенных выше допущений осуществим проверку данной гипотезы.

Прежде чем исследовать практическую сторону вопроса, определим объект исследования и его особенности.

Как уже было отмечено, для отечественных промышленных компаний цифровизация сегодня становится обязательной частью стратегического развития. Она, во-первых, позволяет сформировать новое конкурентное преимущество, во-вторых, соответствовать современному темпу развития отрасли. Отказ от внедрения цифровых технологий на сегодняшний день – это уже не просто потеря дополнительных возможностей, но и серьезная угроза для бизнеса. В среде, где конкурирующие промышленные предприятия стремительно меняют бизнес-процессы посредством их цифровизации, рискованно не уделять ей достаточного внимания.

При формировании выборки промышленных компаний мы руководствовались следующими критериями:

1. Объем деятельности.

Наиболее привлекательными для анализа являются предприятия крупного бизнеса, так как они демонстрируют большой прогресс в цифровизации. Такая тенденция объясняется наличием доступа к значительным инвестиционным ресурсам. Предприятия малого и среднего бизнеса отстают по темпам внедрения новых цифровых решений. Они преимущественно ориентированы пока на точечные пилотные проекты, которые являются основой для дальнейших масштабных изменений и не требуют существенных вложений.

2. Отрасль.

Как показали результаты исследования VCG, в сфере цифровых технологий лидируют технологические, коммуникационные и банковские компании, так как их продукты и услуги в основном уже оцифрованы. Для всех других отраслей путь цифровизации является более сложным, что обусловлено портфелем нецифровых продуктов [145].

Данные опроса НИУ ВШЭ, проведенного в 2020 г., во многом аналогичны результатам исследования VCG. Они свидетельствуют о неравномерном развитии спроса на цифровые технологии в различных отраслях. Наиболее востребованы цифровые технологии в ТЭК, здравоохранении и финансовом секторе (табл. 3.1).

Таблица 3.1 - Спрос на передовые цифровые технологии в секторах экономики и социальной сферы в Российской Федерации, %, усредненная доля ответов респондентов [122]

Цифровые технологии	Сельское хозяйство	Топливо-энергетический комплекс	Промышленность	Строительство	Финансовый сектор	Транспорт и логистика	Здравоохранение
Искусственный интеллект	5,3	10,4	8,0	2,7	38,0	12,5	23,2
Квантовые технологии	2,4	26,7	2,4	2,8	29,8	14,2	21,7
Новые производственные технологии	13,0	25,5	14,5	22,5	11,0	8,4	5,0
Робототехника	15,3	9,6	16,1	7,5	2,4	23,6	25,5
Системы распределенного реестра	2,6	14,6	5,3	14,8	32,8	14,8	15,1
Технологии беспроводной связи	1,7	37,5	10,8	5,8	14,2	22,5	7,5
Виртуальная и дополненная реальность	4,2	19,3	4,2	31,6	1,3	6,3	33,1
В среднем по всем цифровым технологиям	6,4	20,5	8,8	12,5	18,5	14,6	18,7

По данным таблицы очевидно, что на фоне всех остальных отраслей спрос на передовые цифровые технологии в промышленности крайне низкий. Меньшее значение показателя зафиксировано только в сфере сельского хозяйства. В то же время в сравнении с другими отраслями промышленность демонстрирует достаточно высокий уровень расходов на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг (рис. 3.1).

Анализ статистических данных показал, что промышленные предприятия несут существенные расходы на пути к цифровизации. Но в то же время спрос на цифровые технологии в отрасли остается низким. Предполагаем, что одной из возможных причин этого является отсутствие четкого представления о

результатах, которые будут достигнуты. Причиной этого в свою очередь становится отсутствие адекватных методик количественной оценки эффективности цифровых решений.

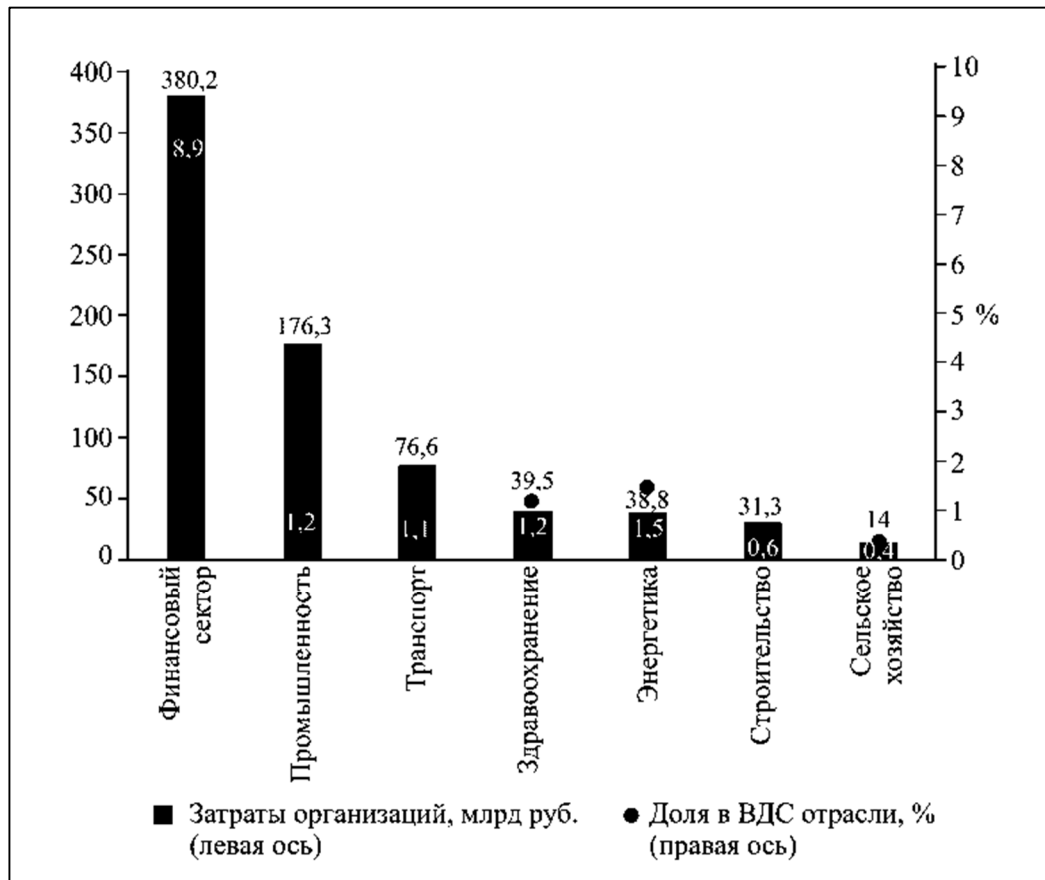


Рисунок 3.1 - Затраты организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг по отраслям, 2019 г.

[122]

Объектом эмпирического исследования были выбраны крупные отечественные предприятия и группы предприятий промышленного сектора. Процесс формирования выборки конкретных компаний включал три этапа.

На первом этапе определена база для формирования выборки. В качестве источника информации о крупнейших отечественных компаниях в зависимости от выручки нами использован рейтинг Forbes за 2021 г. и 2020 г., включающий 200 крупнейших частных компаний России [41, 42]. Такой выбор обусловлен следующими причинами. Во-первых, в рейтинг включены крупнейшие по объему выручки отечественные компании и их группы, если деятельность ведется в формате холдинга. Такой подход позволяет включить в выборку участников с

итоговым объемом выручки по всей группе, исключая внутригрупповые потоки, что при рассмотрении отдельных юридических лиц без расшифровок к отчетности было бы невозможно, например, при выгрузке массива данных из СПАРК, где выручка представлена только по конкретному предприятию, а не по всей группе. Во-вторых, в рейтинг Forbes включены промышленные компании с различными видами деятельности. Благодаря этому анализ позволяет рассмотреть специфику цифровых решений в нескольких отраслях промышленности: нефтегазовой, металлургической, электроэнергетике.

На втором этапе формирования выборки в списке компаний мы выделили 69 промышленных компаний. Наибольшую долю в выборке составили предприятия, относящиеся к направлению «нефть и газ», существенная также доля предприятий черной металлургии – 17% и машиностроения – 12% (рис. 3.2).

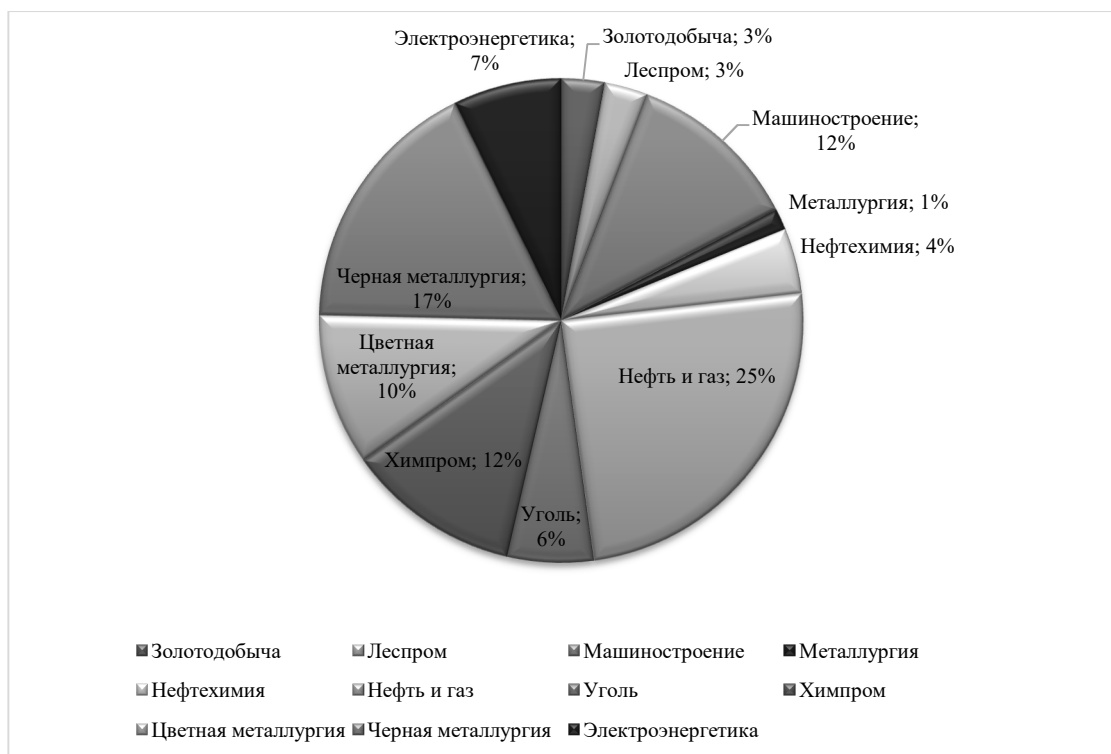


Рисунок 3.2 – Структура выборки промышленных компаний, классифицированных по направлению деятельности, % (авт.)

На третьем этапе среди 69 компаний отобраны 10, соответствующие двум требованиям:

1. Компания внедряет цифровые решения или реализует программу цифровой трансформации.

2. Компания публикует в открытом доступе аналитические данные, включающие основные показатели финансовой деятельности (выручка, EBITDA), численность персонала, инвестиции в цифровизацию и НИОКР.

Получившаяся выборка дополнена крупными игроками рынка, в деятельности которых, на наш взгляд, цифровизация также сыграла существенную роль (ПАО «НК «Роснефть», группа компаний «Россети», ПАО Транснефть). Наибольший объем в выборке составили промышленные организации, относящиеся к отрасли черная металлургия - 31%, нефти и газа - 38%, цветной металлургии – 15%, электроэнергетике и нефтехимии – 8% (рис. 3.3).

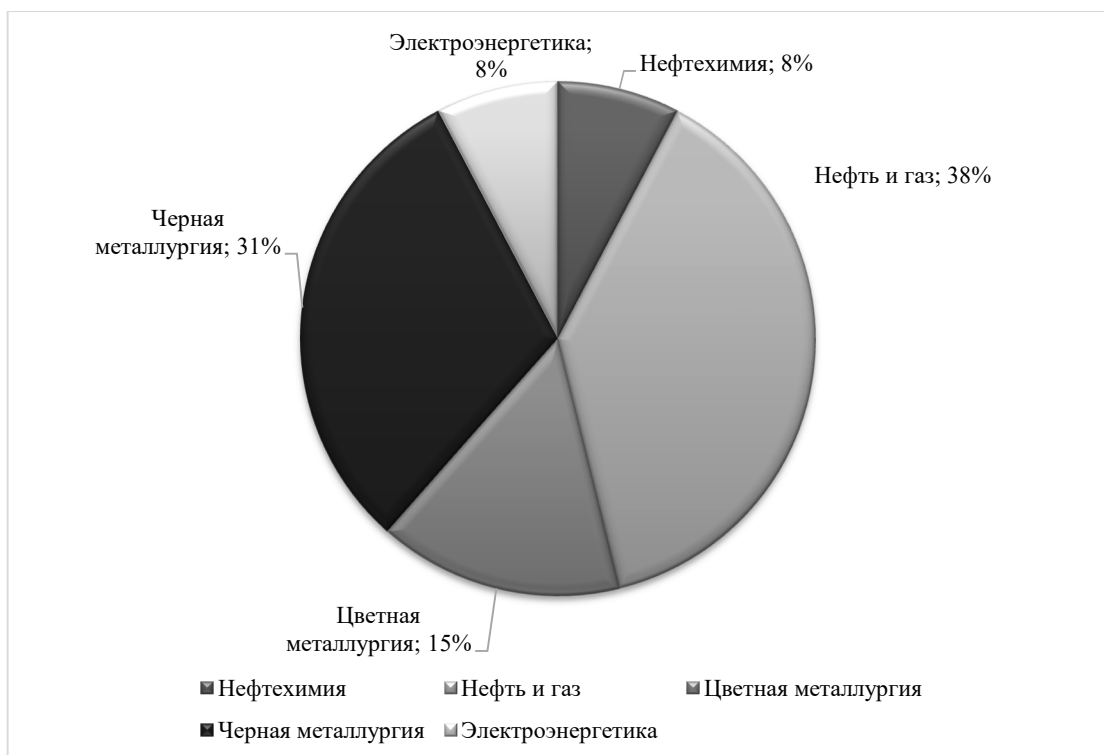


Рисунок 3.3 – Итоговая структура выборки промышленных компаний, классифицированных по направлению деятельности, % (авт.)

По объему выручки компании в 2019 г. распределились таким образом (рис. 3.4), что при формировании четырех диапазонов выборки, в каждый попало примерно одинаковое количество.

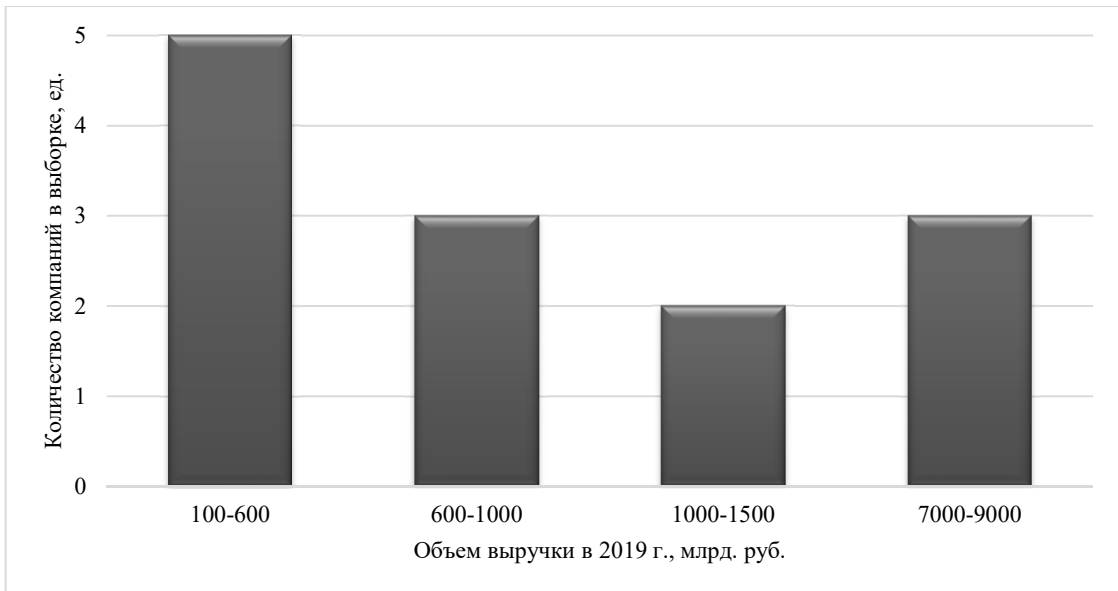


Рисунок 3.4 – Распределение компаний в выборке по объему выручки по данным 2019 г., млрд. руб. (авт.)

По объему выручки в 2020 г. при распределении по аналогичным интервалам количество компаний в каждом интервале не изменилось, что свидетельствует об отсутствии существенных колебаний в части выручки (рис. 3.5).

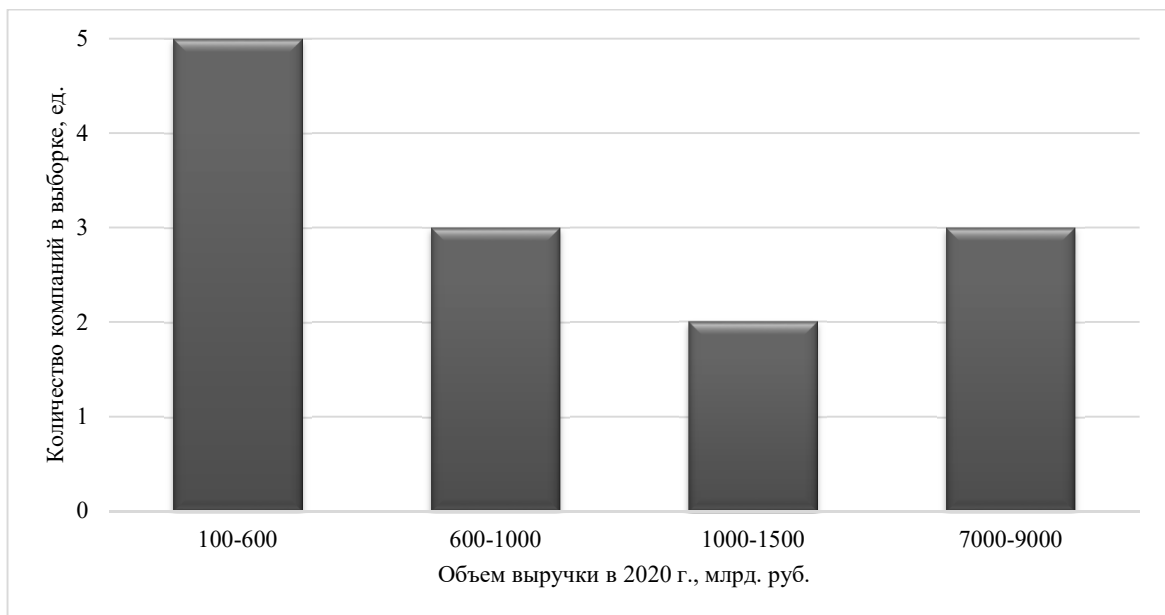


Рисунок 3.5 – Распределение компаний в выборке по объему выручки по данным 2020 г., млрд. руб. (авт.)

Рассмотрим подробнее цифровые проекты и программы цифровой трансформации, которые реализуются компаниями, включенными в выборку.

По данным 2020 г. среди участников выборки наибольший объем выручки – 6 321,56 млрд. руб. – продемонстрировала группа компаний «Газпром». Она является вертикально-интегрированной энергетической компанией, осуществляющей геологоразведку, добычу, транспортировку, хранение, переработку и реализацию газа, нефти, продуктов газа- и нефтепереработки, а также тепло- и электроэнергии. Группа Газпром принимает участие в достижении Целей устойчивого развития ООН, поддерживая Повестку дня в области устойчивого развития до 2020 г. Одной из этих целей является цифровая трансформация [67, 68].

Для ее достижения в декабре 2021 г. Правление ПАО «Газпром» утвердило Стратегию цифровой трансформации до 2026 года [79]. Она предполагает создание Единой модели данных компаний, интегрированной с Национальной системой управления данными. Таким образом, реализованные цифровые решения обеспечат трансформационный эффект.

По данным Отчета о деятельности в области устойчивого развития за 2020 г. [67], Газпром осуществляет цифровизацию посредством автоматизации процессов управления, создания единой цифровой платформы по управлению инвестиционными проектами, внедрения интеллектуальной системы распределения газа и др. В условиях пандемии важным достижением стала масштабная организация удаленной работы.

ПАО «НК «Роснефть» также активно внедряет цифровые продукты в соответствии с Комплексным планом ускоренной цифровизации, который был утвержден в рамках Стратегии «Роснефть-2022». Как уже было упомянуто ранее, многие промышленные компании в России и сейчас реализуют только отдельные пилотные проекты. Роснефть в рамках Плана предусматривает переход от пилотирования технологий к их полноценному внедрению и применению в практической деятельности. Комплексный План включает 36 IT-проектов по следующим направлениям: «Цифровое месторождение», «Цифровой завод», «Цифровая цепочка поставок», «Цифровая АЗС». В 2020 году инициировано 14 цифровых проектов, а 35 уже реализуется [88, 89].

Одной из крупнейших по объему выручки среди отечественных промышленных компаний по добыче и реализации нефти и газа, включенных в выборку, является группа компаний «Лукойл» [69, 70, 71]. По данным информационной стратегии группы «Лукойл» эффективность компании во многом определяется цифровыми технологиями, которые внедряются в следующих бизнес-сегментах: геологоразведка и добыча, переработка и сбыт, корпоративный центр. Как и в случае с группой компаний «Газпром», «Лукойл» также создает единую цифровую платформу, что обеспечит получение трансформационного эффекта [35].

В отрасли «цветная металлургия» в выборке наибольший объем выручки имеет группа компаний «Норильский никель». Крупнейший мировой производитель палладия и высокосортного никеля, меди и платины владеет уникальной ресурсной базой. Компании группы ведут деятельность в сфере геологоразведки, добычи и переработки полезных ископаемых, производстве и реализации цветных и драгоценных металлов [59, 60].

«Норникель» одним из первых в России в 2019 году начал осуществлять цифровую трансформацию. В качестве ее основных направлений можно выделить следующие:

1. Цифровизацию производственной деятельности.
2. Автоматизацию бизнес-процессов.
3. Разработку бизнес-решений на базе технологий распределенных реестров.
4. Внедрение технологий, связанные с переработкой и хранением больших объемов данных.

В компании разработан комплексный подход к трансформации и информатизации бизнес-процессов [61]. Ежегодно инвестиции в проекты цифровизации неуклонно растут (рис. 3.6).

Отрасль электроэнергетики в выборке представлена группой компаний «Россети», которая является системообразующей электросетевой компанией России. Как и большинство других организаций в нашей выборке, она осуществляет управление вопросами устойчивого развития с учетом принципов,

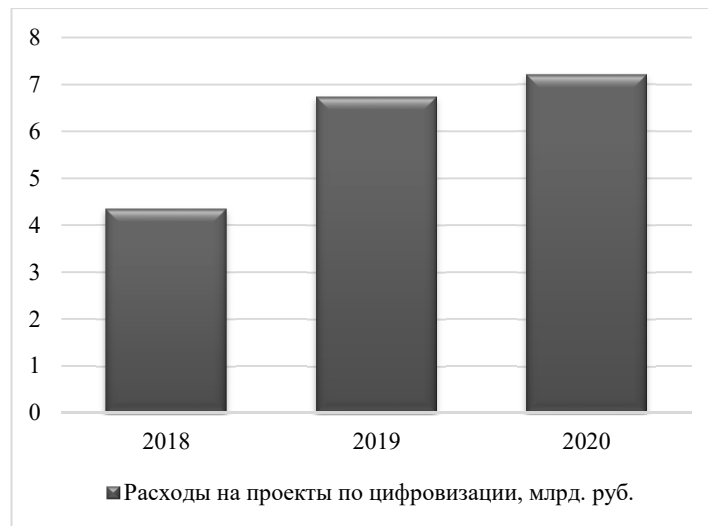


Рисунок 3.6 – Динамика расходов на проекты по цифровизации группы компаний «Норильский никель», млрд. руб. (авт. на осн. [60])

зафиксированных в принципах Глобального договора ООН. Основным цифровым проектом, который является наиболее важным для электроэнергетики, является повсеместное создание цифровых районов электрических сетей (РЭС). Их отличие заключается в высокой степени автоматизации, что обеспечивает наиболее точный учет электроэнергии и позволяет осуществлять удаленное наблюдение в режиме онлайн, реализовывать функционал в части самодиагностики и самовосстановления. В 2020 г. было запущено 34 РЭС, а всего их 38 [90, 91].

Компания «Россети» также имеет действующую стратегию - Концепцию «Цифровая трансформация 2030». Ее разработка и реализация началась в 2019 г. Цифровая трансформация является одной из самых крупных программ цифровизации федерального масштаба. Важным отличием от трансформации других коммерческих компаний в этом случае является то, что «Россети» обеспечивает 75% услуг по передаче электрической энергии в РФ. В связи с этим цифровизация отдельно взятой компании в данном случае влияет на всю экономику в стране [121].

Ключевая идея трансформационной программы заключается в ее самоокупаемости. По оценкам аналитиков «Россети», общая сумма вложений составит 1,3 трлн. руб. По предварительным прогнозам, она должна самоопуститься в течение 14 лет благодаря новому подходу к планированию бюджета. К 2030 году

общая сумма затрат в инвестиционной программе составит 3 трлн. руб., 46% из этой суммы – это расходы на цифровизацию. Вместе с тем планируется существенное снижение расходов на обновление старых фондов, реконструкцию устаревших производственных мощностей. Задачи технической модернизации будут преимущественно решаться посредством цифровых технологий. Таким образом, инвестиционная программа компании практически полностью направлена на цифровизацию, эффект от которой позволяет минимизировать капитальные затраты. Такой потребности во вложениях в основные фонды, как это было ранее, уже нет [121].

Оператор российской системы нефтепроводов «Транснефть» программу цифровой трансформации подготовил и утвердил в 2021 г., хотя инвестиции в отдельные цифровые проекты осуществляются в течение последних нескольких лет [37]. Приоритетной технологией для компании стал искусственный интеллект. Важной особенностью программы трансформации является проникновение во все сферы и бизнес-процессы на предприятии. Цифровая трансформация носит сквозной характер, что позволяет максимизировать эффект от нее. Бюджет на цифровизацию, запланированный компанией «Транснефть», составляет 38,2 млрд. руб. [113, 114, 115].

Для группы компаний «Татнефть», как и для других присутствующих в выборке предприятий нефтегазовой отрасли, ключевым бизнес-проектом в 2020 г. стала цифровизация. Наиболее существенными технологиями, позволившими компании быть в числе самых дорогих компаний в России, являются «цифровой двойник» и «цифровое месторождение» [77].

Как показал анализ, не все компании в выборке имеют программы цифровой трансформации. Например, «Русал», как и «Татнефть» пока работает с отдельными цифровыми технологиями. Компания осуществляет модернизацию сетевой инфраструктуры, внедряет систему технического учета и телеметрии энергообъектов, современную систему управления производственными процессами – MES-системы. В части производственных процессов наиболее значимым считается разработка системы контроля технологического процесса

электролиза, в основе которой лежит прогнозная аналитика (Big Data). Общие инвестиции в пилотный проект, который на текущий момент реализован только на нескольких заводах, составили 20 млн. руб. В дальнейшем технология будет реализована на других производственных площадках без дополнительных затрат [125].

Последняя нефтегазовая компания, которая включена в выборку, - Сибур. На предприятии большое внимание уделяется цифровой трансформации. Она является важным условием усовершенствования всех сквозных бизнес-процессов. Старт программе был дан в 2019 г. К 2020 г. осуществлены следующие проекты:

- технология цифрового моделирования газохимических реакций;
- цифровой продукт «Мобильные обходы»;
- сквозной проект «продажи», «производство», надежность и ремонты», «закупки»;
- цифровизация процессов логистики и управления цепочками поставок.

Анализ специфики цифровых проектов, реализованных компанией «Сибур», показал, что большинство из них относятся в соответствии с предложенной нами классификацией к программным продуктам. Капитальные вложения в основные фонды минимальны, в то время как основной упор сделан на внедрение современного программного обеспечения [74, 75].

Одной из долгосрочных целей компании «Северсталь» наряду с клиентоориентированностью, инновациями, инвестиционной деятельностью, по данным отчета об устойчивом развитии за 2020 г., является цифровизация. В 2020 г. удалось повысить производительность оборудования на 6,5%, применив технологии искусственного интеллекта. Реализация этого проекта, как и в случае с проектами «Россети», позволила повлиять на бизнес-процессы без вложений в основные фонды. Важным аспектом цифровизации для «Северстали» стало внедрение новой ERP-системы SAP — SAP S/4HANA, которая обеспечивает гибкость, скорость и прозрачность деятельности предприятия. Цифровые технологии также коснулись инструментов, используемых для взаимодействия с клиентами и партнерами. Так, «Северсталь» стала использовать цифровые

платформы, которые существенно упростили процесс коммуникации с внешними контрагентами и заказчиками [101].

Компания «ММК» - один из крупнейших производителей стали в мире, для которого цифровизация является основной сферой развития и занимает центральное место в стратегии Группы. В 2020 г. была начата реализация 38 проектов по внедрению новых технологий, а суммарные инвестиции составили 4,1 млн. долл. [21]. Важно отметить комплексный подход к изменениям, о чем свидетельствует наличие у компании «Стратегии цифровизации 2025». Приоритетными направлениями в трансформации являются производственные функции, что доказывает наибольший объем вложений в их развитие в 2019 г. (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Структура инвестиционных расходов на НИОКР и цифровизацию ПАО «ММК» в 2019 г., % (авт. на осн. [20])

Структура инвестиционных затрат в 2019 г. свидетельствует также о том, что, помимо вложений в развитие и оптимизацию производственных процессов, особое внимание также уделяется направлению «Индустрия 4.0 / Инновационный менеджмент». Как уже ранее было отмечено, для промышленных компаний все более распространенной становится ситуация, когда целесообразнее внедрять цифровые технологии, чтобы повысить производительность имеющихся основных фондов, чем обновлять оборудование или осуществлять его реконструкцию. В

случае с «ММК» такая тенденция тоже прослеживается. Об этом свидетельствует увеличение расходов по статье «Индустрия 4.0 / Инновационный менеджмент» на 2,81% при одновременном снижении инвестиций в развитие проектов, в которых осуществляется трансформация производственных процессов, на 3,95% (рис. 3.8).

Анализ проектов цифровизации, которые реализуются ММК в рамках «Стратегии цифровизации 2025» показал, что среди них также преобладают программные продукты. Например, основная функция проекта «Снайпер» - это максимально эффективное решение задачи оптимизации расходов ферросплавов и добавочных материалов. Внедрение технологии было возможно благодаря имеющимся накопленным данным в компании.



Рисунок 3.8 – Структура инвестиционных расходов на НИОКР и цифровизацию
ПАО «ММК» в 2020 г., % (авт. на осн. [21])

В целях оптимизации процесса планирования, проведения ремонтов на ММК был реализован проект в области технического обслуживания и ремонта. На базе Oracle EAM разработано приложение «Мобильный ТОиР», где в режиме реального времени возможно отследить процесс выполнения работ сервисными и ремонтными бригадами. Еще одним эффективным цифровым проектом стал «Умный склад». Такое название получила система, объединившая целый комплекс цифровых технологий: локального геопозиционирования технологических объектов (кранов, передаточных телег, вагонов и др.), использования технологии

радиочастотной идентификации (RFID), технологии машинного зрения и искусственного интеллекта. «Умный склад» позволил оптимизировать логистические процессы, решить задачи идентификации продукции при хранении, повысить технологическую дисциплину [21].

Мировой тренд цифровизации производства активно поддерживает ЧТПЗ. Группа компаний внедряет цифровые технологии в рамках клиентоцентричной трансформации. В 2020 г. начата эксплуатация цифрового сервиса для взаимодействия с поставщиками. Он агрегирует на сайте компании закупки с внешней и внутренней компании, включает сервис по аккредитации поставщиков. С помощью сервиса контрагенты могут направить заявку и документы на рассмотрение, а результаты проверки приходят им на почту. В базе при этом сохраняется информация о проверенном поставщике.

Следующим этапом цифровизации закупочной деятельности в компании станет использование «Личного кабинета поставщика» на сайте. В нем контрагенты смогут откликаться на закупку, видеть статистику участия в торгах и реализовывать другие функции. Для упрощения закупочной деятельности ЧТПЗ также осуществляет переход на электронный документооборот с поставщиками металла [24, 25].

Стоит отметить, что для ЧТПЗ цифровизация является основой стратегии развития, но ключевой целью является клиентоориентированность. В данном случае преимущественно осуществляется также реализация программных продуктов. Об этом свидетельствуют и преобразования в части производственных процессов, где внедряются инструменты машинного зрения, математических моделей и Big Data. В комплексе указанные технологии позволяют снизить издержки. Такой эффект является приоритетным для многих промышленных предприятий.

Компания ОМК (Объединенный металлургическая компания) имеет небольшой объем деятельности по сравнению с другими компаниями в выборке и считается не первооткрывателем, но уверенным последователем внедрения

передовых технологий. Среди основных направлений НИОКР компании выделяют:

1. Повышение энергоэффективности.
2. Внедрение новых технологий на производстве.
3. Развитие системы контроля качества.
4. Модернизация действующих мощностей.

На сегодняшний день ОМК пока не имеет структурированной программы цифровой трансформации [62]. В компании реализуются разрозненные цифровые проекты, связанные с внедрением искусственного интеллекта, технологии блокчейн, промышленных и программных роботов (RPA), BigData, чат-бота, компьютерного зрения, цифровых двойников, Интернета вещей [62].

Резюмируя проведенный анализ цифровизации в компаниях, включенных в выборку, мы выявили, что не все промышленные предприятия имеют структурированную программу цифровой трансформации, некоторые до сих пор осуществляют реализацию отдельных цифровых проектов. Как правило, это компании с меньшими объемами деятельности, в связи с чем можно сделать вывод о недостаточном объеме финансирования для масштабных преобразований. Если при этом отсутствует понимание прогнозной эффективности реализуемого проекта, то скорее всего предприятие откажется от его реализации. Его финансирование требует дополнительных средств, а бюджет в компании ограничен. Кроме того, в приведенном нами обзоре мы отметили специфику проектов отдельных компаний. Очевидно, что у каждого промышленного предприятия своя стратегия трансформации. Кто-то, как ММК, по-прежнему основной объем финансирования направляет на модернизацию основных фондов, а кто-то, например, «Россети», делает ставку на цифровизацию, которая позволяет без обновления физической составляющей повысить ее эффективность благодаря цифровым технологиям.

Проведенный обзор позволил выявить специфику цифровизации на промышленных предприятиях, включенных в выборку, что в дальнейшем стало

основой для апробации методического подхода к анализу и оценке цифровых решений.

3.2. Апробация методического подхода к оценке эффективности внедрения цифровых решений на промышленных предприятиях

В параграфе 3.1 нами была сформирована выборка крупных промышленных предприятий и их групп, одной из целей стратегического развития которых является цифровизация. Как мы выяснили во 2 главе, на сегодняшний день существует большое многообразие цифровых инвестиционных проектов. В связи с этим провели анализ специфики внедрения цифровых технологий в компаниях, включенных в выборку, по двум критериям:

1. Наличие разработанной и утвержденной стратегии цифровой трансформации.

2. Специфика цифровых проектов, реализованных компанией в 2019 и 2020 г.

Указанные критерии были выбраны нами по ряду причин. Что касается наличия стратегии цифровой трансформации, то данная характеристика свидетельствует о комплексном и масштабном характере изменений в компании. Как показывает практика, промышленные компании зачастую внедряют разрозненные пилотные проекты, но так и не вступают на путь сквозной цифровизации, затрагивающей все бизнес-процессы на предприятии. В то же время при анализе эффективности цифровых проектов существенное значение имеет трансформационный эффект, который, как правило, возникает именно в условиях комплексной трансформации.

Понимание специфики цифровых проектов, которые реализуются компанией, нам необходимо для анализа их эффективности. Во 2 главе были подробно описаны два методических подхода, каждый из которых предназначен для конкретной группы цифровых проектов: киберфизических систем и проектов по внедрению оборудования или же для программных продуктов.

Мы провели качественный анализ специфики цифровых преобразований в компаниях, включенных в выборку, и выяснили, что некоторые из них до сих пор не имеют комплексной программы цифровой трансформации (табл. 3.2). Кроме того, промышленные предприятия, например, ММК, по-прежнему основные инвестиции направляют на совершенствование технической базы.

Таблица 3.2 – Анализ качественных характеристик цифровизации компаний, включенных в выборку (авт. на осн. [20, 21, 24, 25, 59, 60, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 99, 100, 109, 110, 114, 115])

Наименование компании/группы компаний	Отрасль	Наличие программы цифровой трансформации	Экспертная оценка специфики цифровых проектов: преобладают ли программные продукты в инвестиционной программе?
Газпром	Нефть и газ	+	+
Роснефть	Нефть и газ	+	-
Лукойл	Нефть и газ	+	+
Норникель	Цветная металлургия	+	-
Россети	Электроэнергетика	+	+
Транснефть	Нефть и газ	+	+
Татнефть	Нефть и газ	-	-
Русал	Цветная металлургия	-	+
Сибур	Нефтехимия	+	+
Северсталь	Черная металлургия	+	+
ММК	Черная металлургия	+	-
ЧТПЗ	Черная металлургия	-	+
ОМК	Черная металлургия	-	+

Среди 13 предприятий крупного бизнеса, являющихся ведущими в отечественной промышленности, которые были выбраны нами для анализа, только у 69% (9 предприятий) имеется программа цифровой трансформации (рис. 3.10). У

остальных ее пока нет, что обусловлено во многом сложностью ее разработки, так как трансформация носит сквозной характер, должна охватывать все бизнес-процессы на предприятии. Такой комплексный характер преобразований требует существенных ресурсов и готовности к изменениям. Важное значение имеет корпоративная культура в компании, так как любое промышленное предприятие – это, прежде всего, персонал, который должен быть адаптирован к цифровым реалиям в своей работе. Такие масштабные изменения требуют и существенные ресурсы, которых у многих компаний недостаточно.

Предприятия также были проанализированы нами с точки зрения такой качественной характеристики, как специфика реализуемых цифровых проектов. У 61% (9 предприятий из 13) по нашим оценкам преобладают программные продукты. Причем среди этих участников выборки лишь у 6 компаний из 9 (69%) есть программа цифровой трансформации (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Структура выборки с точки зрения наличия программы цифровой трансформации и специфики реализуемых проектов, % (авт.)

Проведенный анализ позволил выяснить, что 69% предприятий в выборке имеют программу цифровой трансформации и 69% осуществляют преимущественно реализацию программных цифровых продуктов. Такая тенденция свидетельствует о том, что для оценки эффективности внедрения цифровых решений на этих предприятиях возможно использовать инструменты методического подхода, предложенные в главе 2.

Анализ эффективности инвестиций в реализацию цифровых проектов был осуществлен нами в несколько этапов:

1. Сбор информации о промышленных предприятиях крупного бизнеса, осуществляющих цифровые преобразования. В качестве источника информации мы использовали рейтинг крупнейших частных компаний России Forbes за 2019 и 2020 г., в котором они ранжированы по выручке. В него включены отечественные предприятия с наибольшим объемом выручки из различных отраслей, в том числе промышленные предприятия.

Ключевым критерием при определении исходного источника информации, необходимой для исследования, является совокупный объем выручки и сфера деятельности. Определение совокупной выручки крупных игроков рынка затруднено в связи с дроблением бизнеса. Для получения точного показателя необходимо учесть выручку всех предприятий группы, исключив при этом внутригрупповые корректировки. К сожалению, сделать это на основании данных СПАРК или бухгалтерской отчетности не представляется возможным в связи с непрозрачной структурой многих групп, большими объемами данных и отсутствием детальных расшифровок по контрагентам потоков и оттоков. С учетом этого целесообразным представляется взять за основы уже ранжированный по объему выручки рейтинг предприятий.

Что касается сферы деятельности, то рейтинг включает крупнейшие компании различных отраслей, 66 предприятий из 200, то есть более 25%, относятся к сфере промышленности. Таким образом, есть возможность проанализировать крупнейшие предприятия интересующей нас отрасли.

2. Среди 200 компаний выбраны промышленные предприятия, в результате чего была сформирована база данных из 69 предприятий. Из полученного пула были выделены предприятия и группы предприятий, осуществляющих реализацию цифровых решений. Получившаяся выборка дополнена тремя крупными компаниями, деятельность которых также тесно связана с цифровизацией.

3. На основании отчетов о деятельности в области устойчивого развития, а также данных бухгалтерской отчетности была собрана информация по каждой компании, попавшей в выборку (табл. А.1, А.2 приложения А).

Для проверки нашей гипотезы о влиянии расходов на цифровизацию и НИОКР на показатели финансово-экономической деятельности (выручка, EBITDA) и производительность труда в таблицах А.1 и А.2 приложения А представлены данные за 2019 г. и 2020 г. соответственно.

Цифровая трансформация большей части промышленных предприятий активно началась в 2019 г. Как показывает анализ, объем расходов на цифровизацию и НИОКР в 2020 г. по сравнению с 2019 г. в 7 случаях из 13 демонстрирует положительную динамику, в случае с одной компанией объем расходов остался на прежнем уровне, а в 5 случаях незначительно сократился (рис. 3.10). Предполагаем, что это может быть обусловлено тем, что на начальной стадии внедрения цифровых технологий осуществлены основные расходы, после чего затраты осуществлялись лишь с целью тиражирования проекта на других объектах, где затраты минимальны, или же требуются только на поддержание функционирования цифровых технологий.

Дополнительно мы проанализировали также динамику выручки рассматриваемых предприятий. На графике видно, что для многих компаний 2020 г. с точки зрения выручки был менее удачным по сравнению с 2019 г. (рис. 3.11). Одной из наиболее существенных причин стала пандемия, отрицательно сказавшаяся на работе всех отраслей промышленности. В то же время негативные тенденции не помешали компаниям продолжить активное внедрение цифровых технологий, а в случае с некоторыми предприятиями даже способствовали наращиванию темпов цифровизации, о чем свидетельствует рост расходов на цифровизацию и НИОКР в 2020 г. по сравнению с 2019 г. Такая динамика обусловлена применением цифровых технологий при организации удаленного режима работы в условиях пандемии, а также оптимизации производственного процесса в условиях ограничений, связанных с распространением COVID (рис. 3.11).

На основании полученных данных нами были рассчитаны значения коэффициента $SC/EBITDA$ как отношение расходов на цифровизацию к EBITDA предприятия (рис. 3.12).

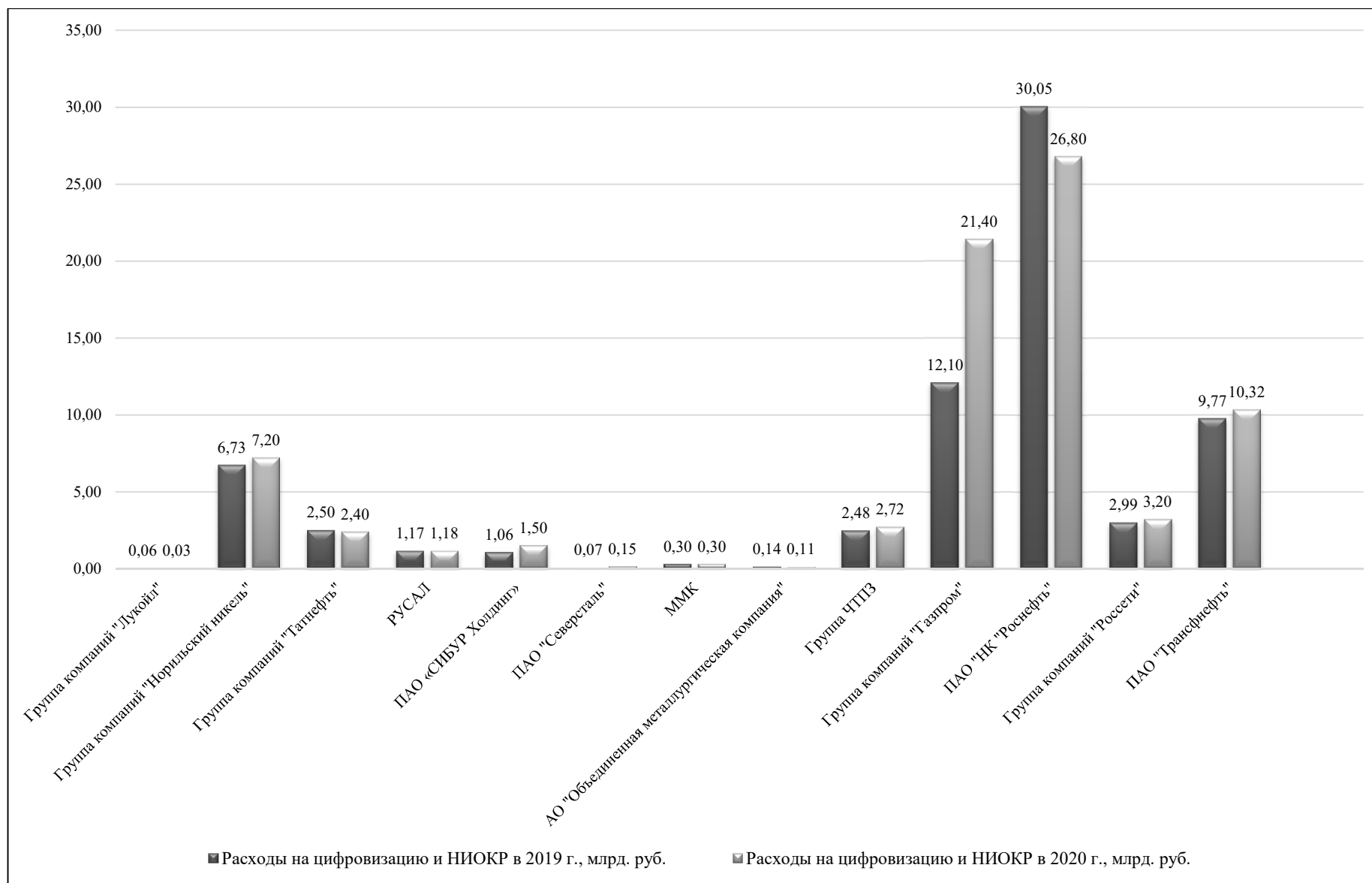


Рисунок 3.10 – Динамика расходов на НИОКР и цифровизацию в 2019-2020 г., млрд. руб. (авт.)

Снижение показателя SC/EBITDA свидетельствует о том, что каждая единица затрат генерирует больший объем прибыли до уплаты процентов, налогов и амортизационных отчислений. Снижение коэффициента было зафиксировано для группы компаний «Лукойл», группы компаний «Норильский никель» и АО «Объединенная металлургическая компания». 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, связанными с пандемией, что не могло не сказаться негативно на деятельности крупнейших отечественных компаний.

В то же время мы предполагаем, что существует определенная зависимость между расходами на цифровизацию и НИОКР и показателями финансово-экономической деятельности (выручка, EBITDA), а также производительностью труда. Для проверки данной гипотезы на первом этапе исследования был определен коэффициент ковариации, чтобы выявить наличие или отсутствие связи между расходами на цифровизацию и НИОКР и остальными показателями, а также ее характер (табл. 3.3., 3.4).

Таблица 3.3 – Результаты ковариационного анализа по данным 2019 г. (авт.)

	Выручка	Расходы на цифровизацию и НИОКР	EBITDA	Производительность труда
Выручка	X			
Расходы на цифровизацию и НИОКР	16 464,34	64,88		
EBITDA	X	4 340,30	X	
Производительность труда	X	0,01	X	X

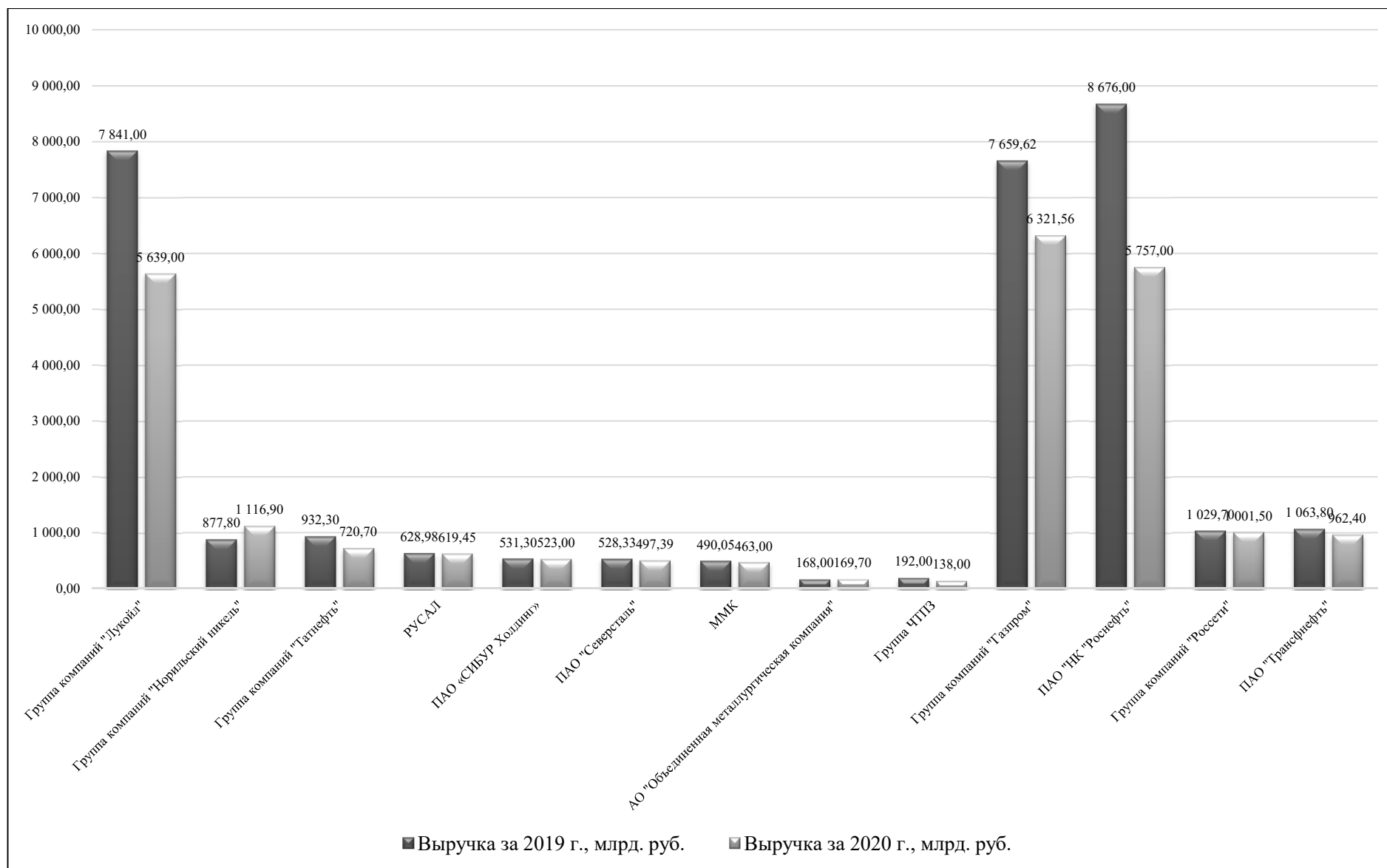


Рисунок 3.11 – Динамика выручки в 2019-2020 г., млрд. руб. (авт.)

Коэффициент ковариации в обоих случаях оказывает, что между расходами на цифровизацию и НИОКР и остальными показателями имеется положительная связь. Наиболее слабая связь между расходами на цифровизацию и НИОКР и производительностью труда, так как значение ковариации между указанными переменными немногим больше 0.

Таблица 3.4 – Результаты ковариационного анализа по данным 2020 г. (авт.)

X	Выручка	Расходы на цифровизацию и НИОКР	ЕВITDA	Производительность труда
Выручка	X			
Расходы на цифровизацию и НИОКР	13 265,24	69,38		
ЕВITDA	X	3 225,72	X	
Производительность труда	X	0,06	X	X

Недостатком анализа, осуществляемого с помощью коэффициента ковариации, считается невозможность определения на его основе силы связи.

Чтобы определить, насколько сильна зависимость между показателями, мы использовали коэффициент корреляции.

По данным 2019 г. была выявлена корреляционная зависимость между всеми рассматриваемыми показателями (табл. 3.5). Наиболее важным результатом в рамках исследования стало наличие сильной прямой корреляционной зависимости между расходами на цифровизацию и НИОКР и выручкой (0,65), ЕВITDA (0,8). В то же время наиболее слабая связь зафиксирована с производительностью труда, где значение коэффициента корреляции составило всего 0,66.

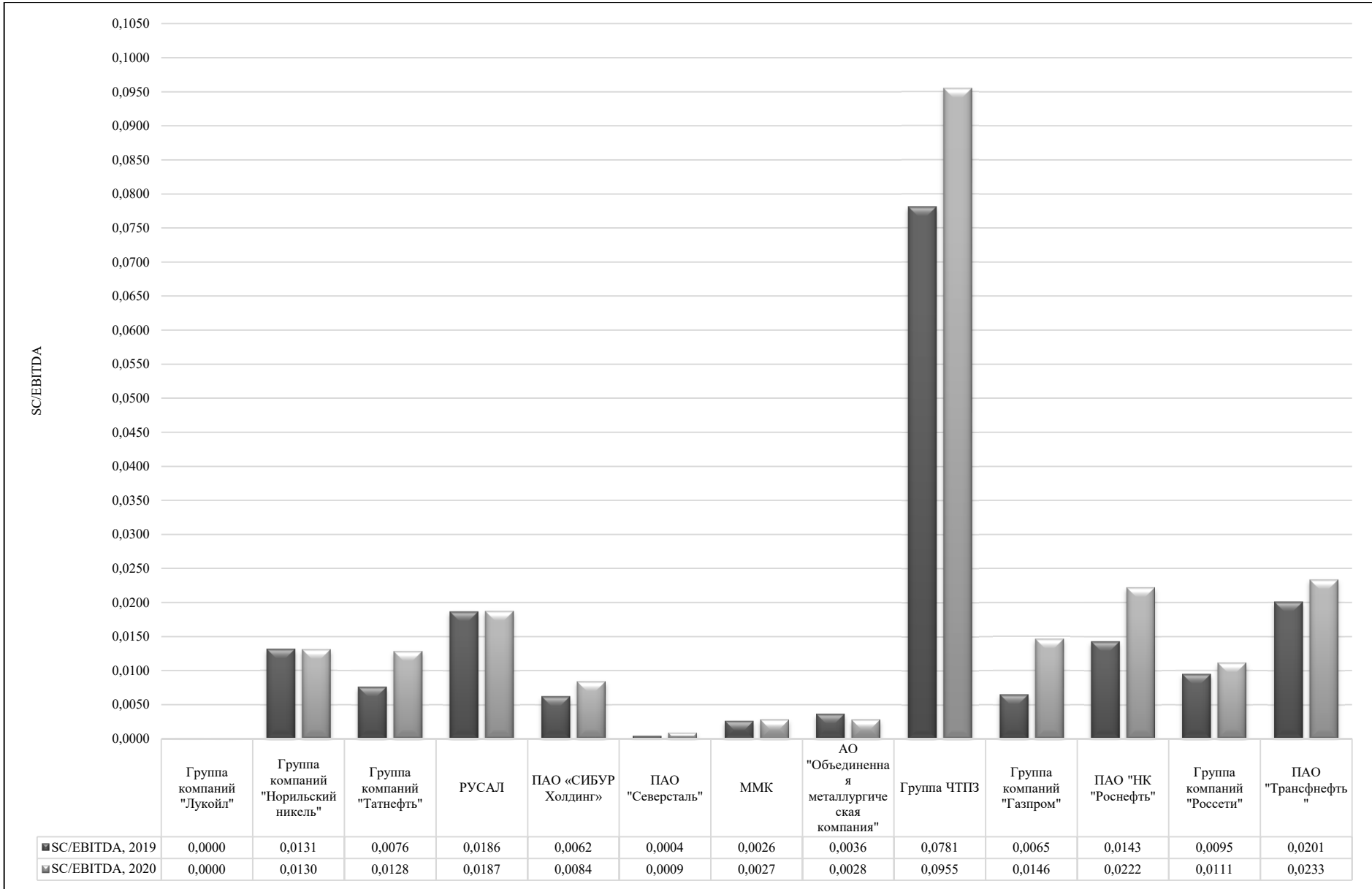


Рисунок 3.12 – Динамика коэффициента SC/EBITDA в 2019-2020 г. (авт. [49])

Таблица 3.5 – Результаты корреляционного анализа по данным 2019 г. (авт.)

X	Выручка	Расходы на цифровизацию и НИОКР	ЕВITDA	Производительность труда
Выручка	1,00	X	X	X
Расходы на цифровизацию и НИОКР	0,65	1,00	X	X
ЕВITDA	0,96	0,80	1,00	X
Производительность труда	0,66	0,04	0,47	1,00

Аналогично был проведен корреляционный анализ на основании данных 2020 г. (табл. 3.6). В этом случае наиболее сильная зависимость выявлена между расходами на цифровизацию и НИОКР и ЕВITDA, где коэффициент корреляции составил 0,88. Самой слабой оказалась взаимосвязь между расходами на цифровизацию и НИОКР и производительностью труда (коэффициент корреляции – 0,37).

Таблица 3.6 – Результаты корреляционного анализа по данным 2020 г. (авт. [49])

X	Выручка	Расходы на цифровизацию и НИОКР	ЕВITDA	Производительность труда
Выручка	1,00	X	X	X
Расходы на цифровизацию и НИОКР	0,71	1,00	X	X
ЕВITDA	0,92	0,88	1,00	X
Производительность труда	0,82	0,37	0,72	1,00

Результаты корреляционного анализа подтвердили нашу гипотезу в части наличия сильной взаимосвязи между вложениями в цифровизацию и НИОКР и прибылью до оплаты процентов по кредитам, налогов и амортизации (рис. 3.13). С учетом этого, на наш взгляд, показатель ЕВITDA может использоваться для оценки экономической эффективности, так как между ним и вложениями в цифровые проекты выявлена сильная прямая зависимость, соответственно, полагаем, что расходы на цифровизацию – это один из факторов, способствующих росту ЕВITDA.

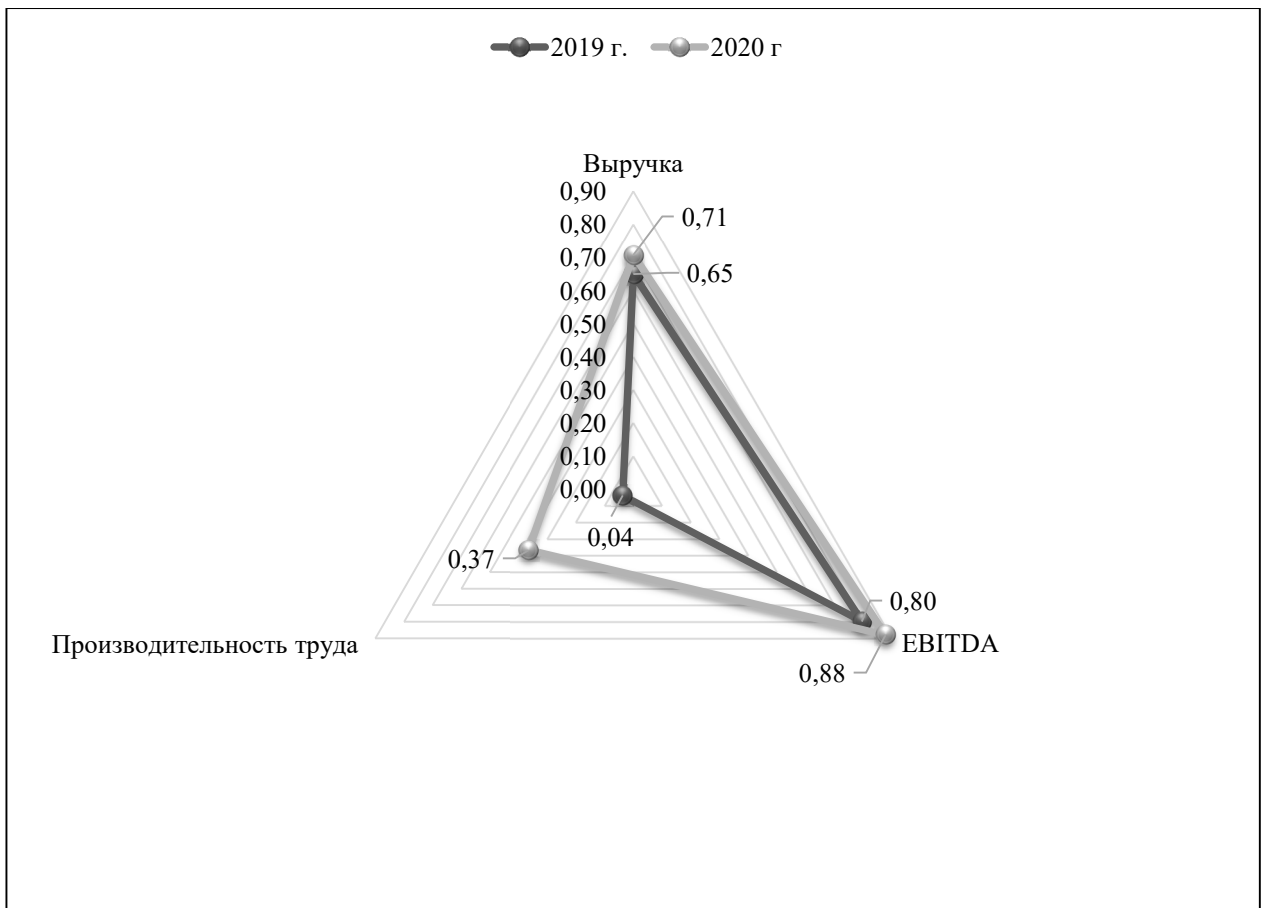


Рисунок 3.13 – Коэффициенты корреляции между расходами на цифровизацию и НИОКР и показателями: выручкой, ЕВІТDА, производительностью труда, (авт.)

Таким образом, исследование, проведенное с применением корреляционного анализа, позволило подтвердить 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 ЕВІТDА) зафиксирована по данным 2020 г. Однако неясен характер этой зависимости, а также степень влияния факторного признака – расходов на цифровизацию и НИОКР на результирующий – ЕВІТDА. Для ответа на обозначенные вопросы мы провели дополнительное исследование с помощью метода наименьших квадратов (рис. 3.14).

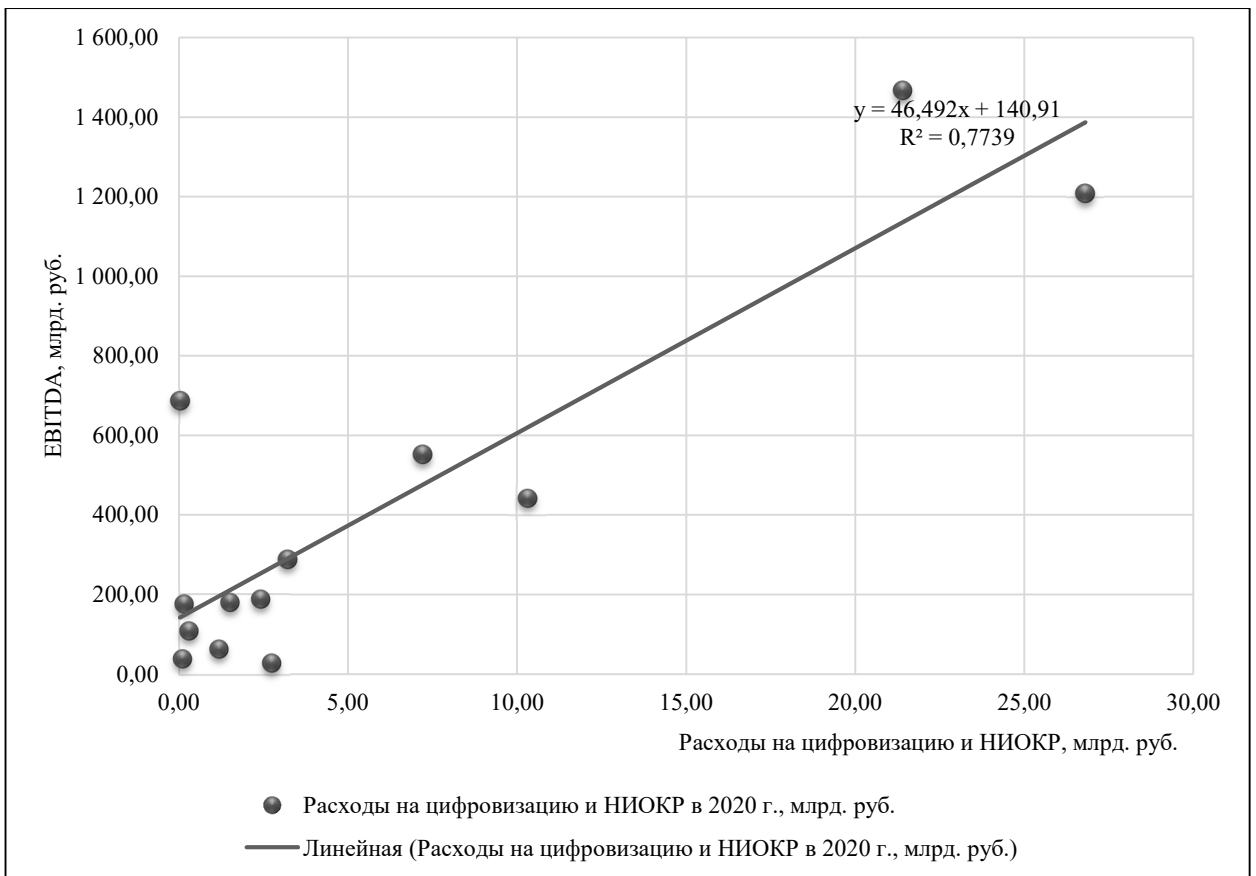


Рисунок 3.14 – График зависимости ЕВИТДА от расходов на цифровизацию и НИОКР (авт.)

Графическое изображение показывает, 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.

3.3. Методический подход к анализу цифровых решений промышленного предприятия

Как уже было отмечено в главе 2, глобальной, но не всегда достижимой целью реализации цифровых решений на предприятии является получение трансформационного эффекта. Под трансформационным эффектом в рамках

настоящего исследования авторы подразумевают наблюдаемые и измеримые последствия изменений принципов осуществления деятельности в компании, которые удовлетворяют следующим критериям:

1. Цифровое решение позволяет осуществлять бизнес-процесс принципиально новым способом, не использовавшимся ранее.
2. Доступ к цифровому решению предоставляется каждому пользователю в соответствии с его функционалом и не дискриминирует пользователей.
3. Действия всех участников бизнес-процесса открыты и прозрачны.
4. Цифровое решение позволяет выполнять определенные задачи, стоящие перед промышленной компанией.

Для оцифровки показателя предлагаем использовать совокупность индикаторов. Их выбор, прежде всего, должен быть обусловлен целями, преследуемыми промышленным предприятием при внедрении цифровых решений. С некоторой долей условности предлагаем рассматривать цифровизацию в компании либо как цифровизацию бизнес-моделей, либо как операционную цифровизацию. В первом случае процессы на предприятии претерпевают кардинальные изменения. Например, меняется модель работы с клиентами: внедрение электронного документооборота, осуществляется постпродажное обслуживание с применением цифровых сервисов. В случае с операционной цифровизацией бизнес-модель предприятия не изменяется, но внедряются цифровые инструменты для повышения эффективности ее работы. На основании предложенной типологии мы разработали подход к формированию системы индикаторов количественной оценки трансформационного эффекта в зависимости от типа цифровизации в компании (рис. 3.15).

Суть бизнес-модели в соответствии с подходом М. Джонсона, К. Кристенсена и Х. Кагерманна заключается в создании особой ценности для потребителя [27], которая в свою очередь обеспечивает предприятию максимальную прибыль, а достигается такой результат за счет эффективного использования имеющихся ресурсов. Вследствие этого в качестве индикаторов оценки трансформационного эффекта при цифровизации бизнес-модели используем три показателя:

рентабельность продаж, оборачиваемость чистых активов, стоимость бизнеса [49]. Первый индикатор позволит определить, насколько преуспело предприятие в создании ценности для потребителя с помощью цифровой бизнес-модели, что выражается в росте выручки, и в то же время оптимизировало затраты, чтобы повысить чистую прибыль. Оборачиваемость активов позволяет оценить эффективность использования ресурсов в условиях цифровой трансформации. Наконец, стоимость бизнеса свидетельствует об общей эффективности ведения деятельности в компании. Под влиянием цифровых технологий качественно изменяется бизнес-модель, в результате чего может существенно вырасти стоимость компании.



Рисунок 3.15 – Подход к формированию системы индикаторов количественной оценки трансформационного эффекта в зависимости от типа цифровизации в компании (авт.)

При операционной цифровизации, предполагающей преобразование существующих бизнес-моделей, в отличие от цифровизации бизнес-модели изменения касаются конкретной сферы (производства, логистики, хранения и транспортировки продукции, сервисного обслуживания), поэтому трансформационный эффект имеет «точечный» характер проявления. В связи с этим при его оценке нужна обширная система из нескольких индикаторов, чтобы

увидеть, на что конкретно повлияли цифровые технологии [49]. Очевидно, что целью их внедрения является совершенствование конкретного процесса, однако за счет улучшения одной сферы может повлиять и на другие аспекты работы предприятия. В связи с этим предлагаем при формировании системы индикаторов (табл. 3.7) использовать те, которые выбраны с учетом специфики цифрового решения, направления деятельности компании и включают все составляющие системы сбалансированных показателей [39]:

- финансовую составляющую;
- клиентскую составляющую;
- составляющую внутренних бизнес-процессов;
- обучение и развитие.

Таблица 3.7 – Примеры индикаторов системы сбалансированных показателей (авт. на осн. [39])

Составляющая системы сбалансированных показателей	Показатель
Финансовая составляющая	Коэффициенты рентабельности
	Показатели ликвидности
	Показатели финансовой устойчивости
	Показатели оборачиваемости активов
	Стоимость бизнеса
Клиентская составляющая	Доля рынка компании
	Расширение клиентской базы
	Сохранение клиентской базы
	Удовлетворение потребностей клиента
	Прибыльность клиента
Составляющая внутренних бизнес-процессов	Качество доли рынка (прибыльность сегмента)
	Процент дохода от реализации нового товара / услуги
	Рентабельность вложений в цифровизацию

Окончание таблицы 3.8

Составляющая системы сбалансированных показателей	Показатель
Обучение и развитие	Показатель удовлетворенности сотрудника
	Показатель сохранения кадровой базы
	Эффективность сотрудника
	Показатель числа выдвинутых и внедренных предложений
	Показатель соответствия личных целей корпоративным
	Эффективность работы в команде

Итак, внедрение цифровых технологий в промышленных компаниях сопровождается трансформационным эффектом, который может быть определен с помощью системы индикаторов, при определении которой предлагаем руководствоваться приведенным выше подходом. Полученные значения индикаторов сравниваются с заданными целевыми значениями и далее используются для управления эффективностью цифровых решений в компании.

При определении итоговой количественной оценки трансформационного эффекта мы применили функцию желательности Е.С. Харрингтона [17, 28]:

1. Представление каждого индикатора в относительной форме по формуле [48]:

$$M_n = \frac{i_{\text{факт.}}}{i_{\text{целевое}}}, \quad (12)$$

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:

$$I = \sqrt[n]{M_1 * M_2 * M_n} \quad (13)$$

где I – интегральная оценка трансформационного эффекта по выбранным для проекта показателям;

M_n – многомерная средняя всех показателей.

Полученное значение варьируется в диапазоне от 0 до 1 и интерпретируется по шкале (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Интерпретация оценки трансформационного эффекта цифрового решения по шкале Е.С. Харрингтона [48]

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

В параграфе 2.3 мы выяснили, что многие промышленные предприятия до сих пор не имеют стратегии цифровой трансформации и осуществляют внедрение отдельных цифровых решений. Таким образом, на практике более распространена цифровизация бизнес-процессов. Для оценки их эффективности во 2 главе был предложен авторский методический подход. В случае с киберфизическими системами и внедрением цифрового оборудования ключевым показателем оценки эффективности является модифицированный показатель интегрированный показатель эффективности работы оборудования ОЕЕWO.

Нам представляется интересным провести анализ по двум критериям: влияет ли трансформационный эффект на работу производственного оборудования и является ли цифровое решение успешным без трансформационного эффекта. В целях детального изучения обозначенных вопросов нами была разработана матрица (рис. 3.16). Как видно на рисунке, она учитывает два параметра, 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 может быть определено выше или ниже 0,5.

Проанализируем каждую позицию, которую может занимать цифровое решение в матрице в зависимости от различных значений показателей, характеризующих его эффективность [49].

1. Трансформационно-производственный максимум.

Цифровые решения относятся к этой группе при выполнении двух условий:

- ОЕЕWO >85%;

- Тэ >0,5.

В этой зоне целесообразно поддержание и развитие цифрового решения. С точки зрения эффективности работы оборудования достигнут максимум. Трансформационный эффект также присутствует, причем его значение соответствует нормативу, так как превышает 0,5.

Такое положение представляет собой идеальную ситуацию, которая едва ли достижима в реальности. Однако допускаем, что значения показателей, характеризующих цифровые решения, могут соответствовать минимально допустимым для этого случая.

2. Зона роста производственного эффекта.

Как понятно из названия, к этой категории матрицы отнесены цифровые решения, у которых:

- 85% > ОЕЕWO > 50%;

- Тэ >0,5.

Очевидно, что при достаточно высоком значении трансформационного эффекта цифровое решение не достигает нормативного значения с точки зрения интегрированного показателя эффективности работы оборудования. В этой ситуации возможны два пути: инвестиции в повышение производительности

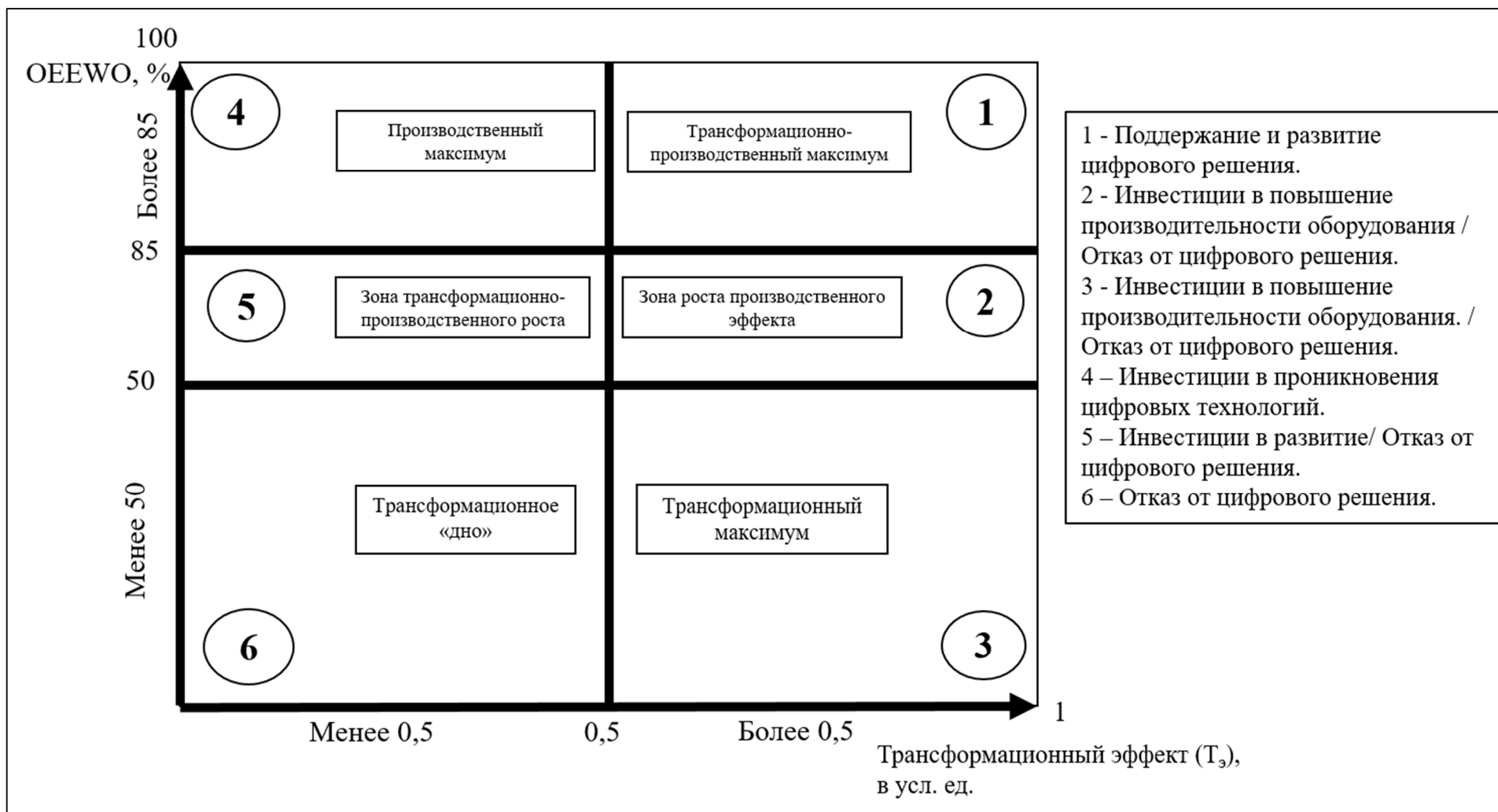


Рисунок 3.16 – Аналитическая матрица анализа цифровых решений (авт. [49])

оборудования или отказ от цифрового решения. В первом случае требуется дополнительный анализ, позволяющий определить, целесообразно ли дальнейшее вложение средств. Возможно, трансформационный эффект был достигнут за счет внедрения иных цифровых технологий, о чем свидетельствуют индикаторы, используемые для его оценки. Отказываясь от цифрового решения, следует четко понимать, какие негативные последствия влечет такой шаг. Возможно, предварительно необходимо подобрать иную технологию, которая станет достойным аналогом.

3. Трансформационный максимум.

В этой зоне трансформационный эффект максимален, а эффективность работы оборудования напротив минимальна. Данная ситуация возникает при одновременном внедрении большого количества цифровых решений, которые в совокупности или же одно из них обеспечивают трансформационный эффект.

Значения показателей, расположенных на горизонтальной и вертикальной осях матрицы, в этом случае следующие:

- ОЕЕWO < 50%;
- Тэ > 0,5.

Как и в зоне роста производственного эффекта, считаем целесообразным при достижении трансформационного максимума либо продолжать инвестировать в повышение производительности оборудования, либо отказаться от цифрового решения. Однако сумма инвестиций при этом будет превосходить ту, которая потребуется в зоне роста производственного эффекта.

4. Производственный максимум.

Зона производственного максимума находится в части матрицы, куда попадают цифровые решения со следующими параметрами:

- ОЕЕWO > 85%;
- Тэ < 0,5.

Низкое значение интегрированного показателя оценки трансформационного эффекта может свидетельствовать о том, что цифровое решение является основой для более глубокого проникновения цифровых технологий. В связи с этим, если

высокая эффективность работы оборудования на данном этапе приоритетна для компании, следует продолжить инвестировать в развитие цифровых технологий.

5. Зона трансформационно-производственного роста.

Значения показателей на осях матрицы принимают следующие значения:

- $50\% < \text{OEEWO} < 85\%$;

- $T_{\text{э}} < 0,5$.

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.

6. Трансформационное «дно».

В данное поле матрицы попадают наименее эффективные цифровые решения с точки зрения всех показателей. Ни программная составляющая, ни оборудование при оценке эффективности не соответствуют нормативу, в частности:

- $\text{OEEWO} < 50\%$;

- $T_{\text{э}} < 0,5$.

От такого цифрового решения целесообразно отказаться, так как издержки на поиск более эффективного аналога, на наш взгляд, не превышают потерь вследствие прекращения внедрения актуальной технологии.

Остановимся подробнее на возможных вариантах повышения показателя OEEWO. Как уже отмечалось, в зависимости от отрасли и специфики производства нормативное значение каждой составляющей OEEWO может отличаться от приведенного нами (рис. 2.5, 2.7). Однако итоговый показатель должен стремиться к 100%.

Максимизировать значение OEEWO возможно, управляя составляющими формулы его расчета: доступностью, производительностью, качеством и эффективностью работы оператора. Для каждого компонента предусмотрено свое пороговое значение (рис. 3.17), что обусловлено их неоднородностью, но не следует допускать существенного превышения одного показателя над другим, так как это приведет к снижению общей эффективности системы.

Прежде чем осуществлять факторный анализ, определим значение показателя ОЕЕWO и его отдельных составляющих (рис. 3.17).

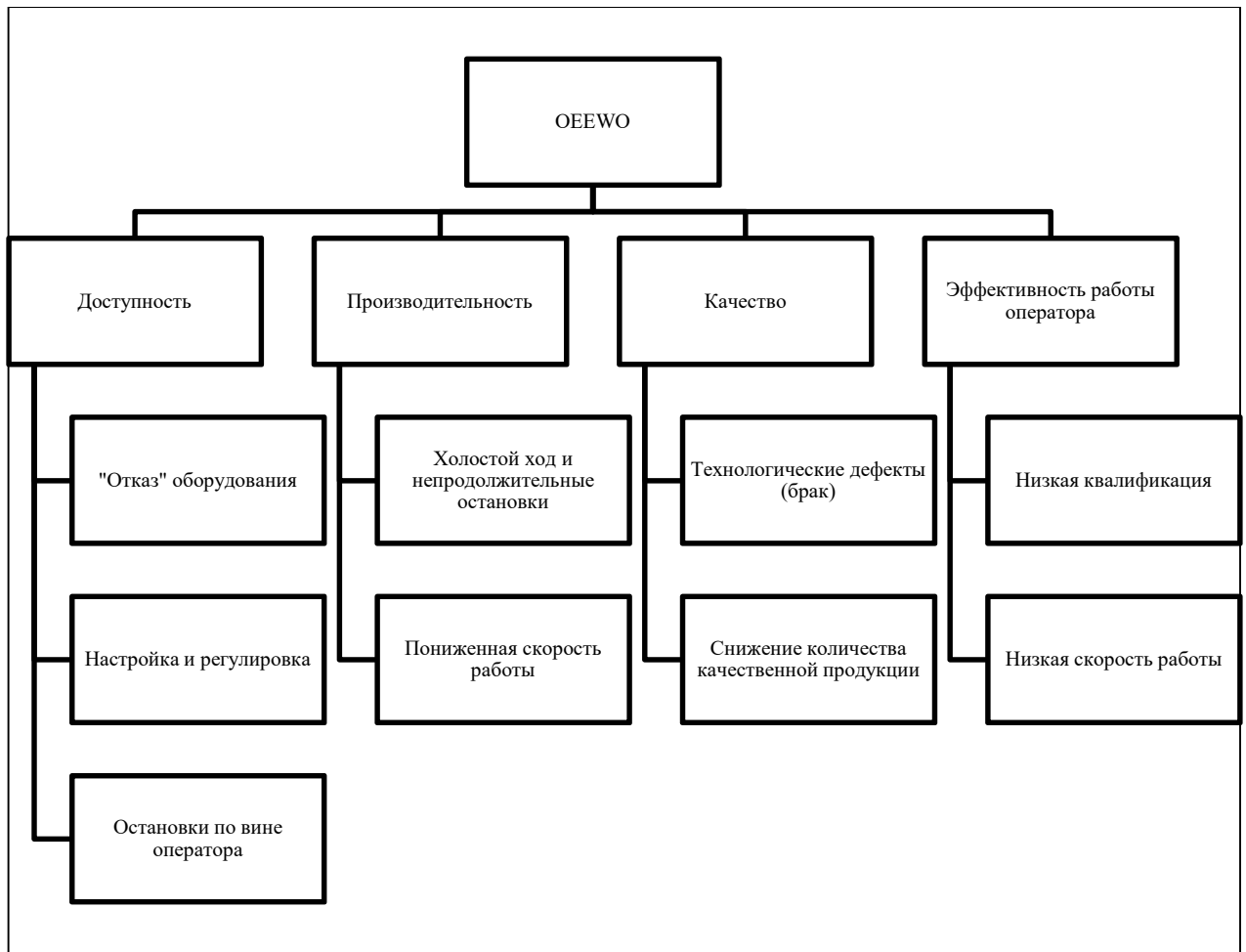


Рисунок 3.17 – Факторы управления показателем ОЕЕWO (авт. [47])

Если значение компонента «доступность» ниже 90%, следует определить, чем вызваны потери времени. Они могут быть обусловлены рядом причин, которые приведены на рисунке 2.6. В целях их сокращения предлагаем следовать нашим рекомендациям.

1. Регулярные проверки оборудования и проведение плановых ремонтов для предупреждения «отказов» оборудования.

2. Применение технологии бережливого производства SMED (eng. Single-Minute Exchange of Die) с целью минимизации временных потерь на настройку и регулировку [105].

SMED представляет собой процесс переналадки с минимальными временными затратами и включает ряд мероприятий: описание текущего процесса настройки и регулировки и выявление в нем «узких» мест, формирование команды

для реализации новой технологии, обучение персонала. Операции по переналадке классифицируются на две группы [105].

Первая – это обязательные внутренние операции – требуют обязательной остановки оборудования. Быстро изменить положение зажимов, стандартизировать используемые для переналадки детали в этом случае позволят передвижные установки для инструментов и стопорные механизмы.

Вторая – это обязательные внешние операции – не требуют обязательной остановки оборудования.

Для экономии времени рекомендуется внедрить принципы визуального контроля и использовать чек-листы, провести организацию рабочей зоны по принципу 5S.

3. Минимизация остановок по вине оператора за счет правильного подбора и обучения персонала, проведения хронометража рабочего времени.

Для повышения составляющей «производительность» в показателе OEEWO рекомендуем воздействовать на холостой ход и непродолжительные остановки, пониженную скорость работы. Причинами холостого хода зачастую является неправильная подача материала, некорректная настройка, очистка оборудования. Следует точно воздействовать на каждый из указанных факторов. Так, неправильная подача материала может быть вызвана его низким качеством, поломкой оборудования. К снижению скорости работы приводит износ механизмов, отсутствие условий среды, позволяющих достигать максимальной скорости. Предупредить подобные проблемы позволяет плановый мониторинг и контроль качества используемых материалов.

Качество как компонент OEEWO зависит от технологических дефектов (брака) и снижения объема качественной продукции. Первый фактор характеризует уже устоявшееся производство. Причины брака при этом носят технологический характер, например, неправильная настройка оборудования, неподходящее сырье. Со снижением объема качественной продукции и увеличением доли брака промышленные предприятия сталкиваются обычно после переналадки, когда некорректно произведены настройки, выполнены неоптимальные регулировки. В

целях управления качеством в данном случае рекомендуем внедрить технологию бережливого производства. На одном из этапов как раз осуществляется контроль результатов переналадки.

Предлагаемым нами компонентом ОЕЕWO – эффективностью работы оператора – также возможно управлять, например, посредством повышения квалификации персонала и скорости его работы. Улучшить данные показатели позволяют такие мероприятия, как обучение сотрудников, подтверждение уровня квалификации сдачей экзаменов на знание особенностей работы оборудования. Чтобы повысить скорость работы оператора, рекомендует выполнять хронометраж, результаты которого в дальнейшем могут быть использованы для оптимизации времени, потраченного на каждую операцию.

Таким образом, достижение высокого показателя ОЕЕWO осуществляется посредством планомерного и регулярного управления факторами, влияющими на доступность, производительность, качество и человеческий фактор.

Выводы по главе 3

1. В рамках апробации комплекса методов оценки и анализа цифровых решений промышленного предприятия проведено исследование зависимости результатов деятельности промышленных предприятий от инвестиций в цифровые решения и подтверждена гипотеза о влиянии цифровых продуктов на итоговый совокупный результат деятельности компании и EBITDA.

2. Эффективность предложенного метода возрастает при его использовании не только на этапе определения целесообразности внедрения цифрового решения, но и непосредственно в процессе его реализации, а также дальнейшего мониторинга функционирования. Очевидно, что для получения наиболее точной оценки стоимости цифрового решения и показателей его эффективности необходимо использовать исключительно те расходы, которые связаны с разработкой и внедрением конкретного цифрового решения, что требует развития управленческого учета на предприятии. Такой подход позволит выделить его вклад

в общий трансформационный эффект в случае реализации промышленным предприятием пула цифровых решений.

3. Проведенная апробация дала основание для вывода относительно адекватности выполненных разработок: применение предложенного методического подхода анализа цифровых решений промышленного предприятия позволяет повысить точность и объективность оценки экономической эффективности.

4. Разработанная шестипольная аналитическая матрица в координатах «Эффективность работы оборудования – трансформационный эффект» дает возможность промышленному предприятию в динамично развивающихся и стремительно изменяющихся условиях цифровой экономике на основании двух параметров, характеризующих эффективность внедрения киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования на промышленном предприятии: OEEWO (The overall efficiency of the equipment, taking into account the work of the operator) – интегрированный показатель эффективности работы оборудования и трансформационный эффект, принять взвешенное и рациональное решение относительно целесообразности внедрения того или иного цифрового решения. Понятно, что, используя предложенную матрицу, промышленные предприятия должны принимать во внимание индивидуальные цели внедрения цифровых решений и специфику отрасли. Традиционные производства, несмотря на растущую эффективность программных продуктов, внедряемых во всех сферах деятельности предприятия, по-прежнему ориентированы на реализацию цифровых решений с физическим компонентом: киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования. Такие предприятия при попадании цифрового решения в зону трансформационно-производственного роста и зону роста производственного эффекта предпочтут продолжить инвестировать в новые технологии, так как для них приоритетом является эффективность оборудования.

В то же время, если основной целью стратегии развития предприятия является максимизация трансформационного эффекта, инвестиционные вложения будут оправданы для цифровых решений, отнесенных к зоне трансформационно-

производственного максимума, зоне роста производственного эффекта и трансформационного максимума. Для классических отраслей промышленности цифровые решения, находящиеся в зоне трансформационного максимума, не представляют особого интереса, так как не оправдывают ожидания в части эффективности работы оборудования.

Учитывая специфику показателей, положенных в основу матрицы, можно предположить, что этот инструмент анализа цифровых решений промышленного предприятия будет наиболее востребован компаниями, ориентированными на внедрение киберфизических систем и решений по внедрению цифрового оборудования. Как правило, к ним относятся крупные промышленные предприятия, так как мелкие и средние пока не обладают достаточными ресурсами для осуществления масштабных цифровых изменений.

Практическая апробация этого аналитического инструмента была проведена на ОАО «Челябинский механический завод». Апробация подтвердила адекватность и практическую применимость аналитической матрицы и позволила сформировать пакет рекомендаций по внедрению цифровых решений в деятельности этого предприятия и разработке программы цифровой трансформации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог проведенного диссертационного исследования, сформулируем его основные результаты.

1. Обоснована актуальность проблемы цифровизации промышленности, которая связана с высоким уровнем технологических и финансовых рисков внедрения цифровых технологий. В условиях современной экономики цифровые решения являются неотъемлемым условием удержанием конкурентоспособных позиций промышленного предприятия. Определена, с одной стороны, потребность промышленных предприятий в методическом инструментарии оценки и анализа цифровых решений, с другой стороны, недостаточный уровень теоретических и методических разработок в данном направлении.

2. Выявлен генезис развития цифровых решений на основании исследования развития цифровой экономики. Он свидетельствует о том, что на каждом этапе цифровой экономики спектр цифровых решений и технологий постоянно увеличивался. На сегодняшний день существует большое многообразие цифровых решений, обладающих рядом специфических черт.

3. Осуществлена систематизация цифровых решений по 6 признакам. В предложенной классификации, помимо уже существующих признаков, использован новый – способность цифрового решения интегрировать в себе физические и программные компоненты, с учетом чего выделены три типа цифровых решений: программные продукты, киберфизические системы и решения по внедрению цифрового оборудования.

4. Уточнено определение понятия «трансформационный эффект». В рамках настоящего исследования под ним понимаются наблюдаемые и измеримые последствия изменений принципов осуществления деятельности в компании, 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 промышленной компанией.

5. На основании классификации цифровые решений выявлена их специфика, которая должна быть учтена при анализе и оценке внедряемого решения на промышленном предприятии. В связи с этим сформулированы принципы и требования к методическому подходу по анализу и оценке цифровых решений промышленного предприятия. Он должен быть способен:

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

6. Проведен сравнительный анализ методик оценки инвестиционных проектов, который показал, что ни один из существующих подходов не учитывает в полной мере специфику цифровых решений и не соответствует сформулированным принципам и требованиям. Без точного анализа и корректной оценки цифрового решения промышленное предприятие не может определить, целесообразно ли его внедрение. В связи с этим была поставлена задача разработать методический подход к оценке эффективности цифровых решений в зависимости от их типа.

7. Предложен методический подход к оценке эффективности цифровых решений 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. Отличие первого метода заключается в новом подходе к определению стоимости цифрового решения, что предполагает учет

поправки на риск инвестиций в реализацию такого решения, а также применением интегрированного показателя оценки эффективности оборудования. Данный показатель представляет собой модифицированную версию показателя ОЕЕ. Его отличие от ОЕЕ заключается в учете эффективности работы оператора, что при внедрении киберфизических систем, а также решений по внедрению цифрового оборудования представляется необходимым, так как, по мнению исследователей, эффективность работы данных систем во многом определяется квалификацией сотрудника, управляющего ими.

Отличие второго метода заключается в расчете стоимости с учетом поправки на риск. В рамках исследования поправка на риск представляет собой совокупную оценку всех, присущих цифровому решению, рисков экспертным методом по десятибалльной шкале, с точки зрения вероятности их реализации и степени значимости последствий такой реализации (потери, которые будут понесены в результате наступления риска). В части оценки доходности таких решений особенность метода заключается в применении коэффициент $SC/EBITDA$. Он показывает, сколько прибыли до выплаты налогов, процентов и амортизации, генерируемых цифровым решением, понадобится для полной окупаемости стоимости ПО.

Предложенный методический подход позволяет получить более корректные и объективные оценки экономической эффективности цифровых продуктов.

8. Проведено статистическое исследование зависимости результатов деятельности промышленного предприятия от реализации цифровых решений. В качестве основы использовалась репрезентативная выборка промышленных предприятий, а также инструменты ковариационного и корреляционного анализа.

В ходе исследования были использованы инструменты анализа и оценки программных продуктов, что позволило выявить динамику коэффициента $SC/EBITDA$. Его снижение, которое было зафиксировано для трех промышленных предприятий в выборке, свидетельствует о том, что каждая единица затрат генерирует больший объем прибыли до уплаты процентов, налогов и амортизационных отчислений. Во всех остальных случаях, когда зафиксирован

рост показателя, что означает отрицательную динамику, отмечено снижение EBITDA на фоне одновременного роста расходов на цифровизацию и НИОКР.

9. Осуществлена проверка гипотезы о влиянии цифровых решений на выручку, EBITDA и производительность труда. Коэффициент ковариации подтвердил наличие связи между расходами на цифровизацию и НИОКР и показателями выручки и EBITDA. Данные корреляционного анализа, который был осуществлен на следующем этапе исследования, свидетельствуют о наличии 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, между ним и вложениями в цифровые решения присутствует сильная прямая зависимость, в связи с чем можно предполагать: расходы на цифровизацию являются фактором, способствующим росту EBITDA.

10. Выявлена сильная положительная зависимость между исследуемыми показателями (расходы на цифровизацию и НИОКР и EBITDA) по данным 2020 г. Для определения характера данной зависимости и степени влияния факторного признака – расходов на цифровизацию и НИОКР на результирующий – EBITDA проведен анализ с помощью метода наименьших квадратов. В результате получена модель, которая может считаться достаточно достоверной и с учетом этого использоваться в прогнозировании влияния инвестиций во внедрение цифровых решений на промышленном предприятии на объем получаемой прибыли до оплаты процентов по кредитам, налогов и амортизации.

11. Предложена шестипольная аналитическая матрица для анализа цифровых решений в координатах «Эффективность работы оборудования – трансформационный эффект». В качестве координат матрицы приняты показатели OEEWO и трансформационный эффект, которые характеризуют эффективность внедрения киберфизических систем и проектов по внедрению цифрового оборудования на промышленном предприятии. Предложен метод количественной оценки трансформационного эффекта с использованием функции желательности Харрингтона.

Матрица позволяет отнести цифровое решение к одной из шести зон с точки зрения оценки эффективности работы оборудования и уровня трансформационного эффекта: трансформационно-производственный максимум, зона роста производственного эффекта, трансформационный максимум, производственный максимум, зона трансформационно-производственного роста, трансформационное «дно». В зоне трансформационно-производственного максимума рекомендуется развивать цифровое решение.

В случае, если цифровое решение оказывается в зоне роста производственного эффекта или трансформационного максимума, допускаются инвестиции в повышение производительности оборудования или отказ от цифрового решения. В зоне производственного максимума продолжать инвестировать в решение нужно тем компаниям, для которых производственная эффективность приоритетнее трансформационного эффекта. В зоне трансформационно-производственного роста следует либо увеличивать инвестиции в оба направления (производство и трансформационный эффект), либо отказываться от внедрения. Если цифровое решение оказывается в поле трансформационное «дно», то его реализация нецелесообразна.

12. Апробация основных разработок диссертационного исследования проведена на ОАО «Челябинский механический завод». Она позволила разработать пакет рекомендаций по оценке и анализу цифровых решений промышленного предприятия с учетом их специфики, а также сформировать программу цифровой трансформации. Апробация подтвердила адекватность и практическую применимость предлагаемых методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманова, Г.И. Цифровая экономика: 2020: краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2020. – 112 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-2148-9 (в обл.).
2. Аддитивные технологии в действии. 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rostec.ru/news/additivnyie-tekhnologii-v-deystvii/>
3. Алейник, Н. Что такое цифровая трансформация и чем она отличается от цифровизации и Индустрии 4.0 // Н. Алейник. 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rb.ru/story/what-is-digital-transformation/>
4. Анализ «затраты—выгоды». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://seinst.ru/page480/>
5. Анисифоров, А.Б. Методики оценки эффективности информационных систем и информационных технологий в бизнесе [Электронный ресурс]: учебное пособие // А.Б. Анисифоров, Л.О. Анисифорова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Инженерно-экономический институт, Кафедра информационных систем в экономике и менеджменте. — Электрон. текстовые дан. — Санкт-Петербург, 2014. — Загл. с титул. экрана. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/3876.pdf/view>
6. «Башнефть» разработала уникальные AR-тренажеры для нефтяной отрасли. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/205177/>
7. Бизнес план по стандартам KPMG International // KPMG. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.xn----dtbhaacat8bfloi8h.xn--plai/KPMG>
8. Брайен, Ф. Руководство Ernst&Young по составлению бизнес-планов / Форд Брайен, Борнстайн Джей, Пруэтт Патрик. 2010.
9. Бухгалтерская (финансовая) отчетность Godrej & Boyce Manufacturing Company Limited - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.godrej.com/godrejandboyce/statutory-report>

10. Бухгалтерская (финансовая) отчетность Rubex Group (ОАО «Курскрезинотехника») – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=5400&type=3&attempt=1>

11. Бухгалтерская (финансовая) отчетность АО «Концерн Росэнергоатом» - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rosenergoatom.ru/shareholders/raskrytie-informatsii/finansovaya-otchetnost/>

12. Бухгалтерская (финансовая) отчетность АО «ОДК-Авиадвигатель» - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=14016&type=2>

13. В чем разница между VR и AR? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db179279a79472d7aa9e58a>

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. Влияние коронавируса COVID-19 на экономику России – [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://zdrav.expert/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%92%D0%BB%D0%B8%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81%D0%B0_COVID-19_%D0%BD%D0%B0_%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%83_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8

20. Годовой отчет ММК за 2019 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mmk.ru/upload/iblock/53b/dhc0vakynvjhy04rphxwkwrgiluprhde/%D0%BC%D0%BC%D0%BA_%D0%93%D0%9E_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D1%80%D1%83%D1%81_mini.pdf

21. Годовой отчет ММК за 2020 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mmk.ru/upload/iblock/6eb/ia40bo9q0ywwwvykvhuq4r82vwpvy00dn/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%B7%D0%B0%202020%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4.pdf>
22. ГОСТ Р ИСО 22400-2-2019 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Часть 2. Определения и описания. [Текст]. - Введ. 2017-01-06. - М.: Госстандарт России: Изд-во Стандартанформ, 2016.
23. Громаков, Е.И. Современные технологии. Киберфизические системы: учебное пособие // Е.И. Громаков, А.А. Сидорова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2021. 166 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIDOROVA/Yheba/Tab8/%D0%A1%D0%BE%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8.pdf>
24. Группа ЧТПЗ. Годовой отчет – 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://chelpipe.ru/upload/iblock/86b/Godovoy_otchet_PAO_CHTPZ_za_2019_god_versiya_dlya_prosmotra.pdf
25. Группа ЧТПЗ. Годовой отчет – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://chelpipe.ru/upload/iblock/8b9/Godovoy-otchet-Gruppy-CHTPZ-2020.pdf>
26. Демидкина, О.В. Цифровая экономика. Влияние цифровых технологий на качество жизни / О.В. Демидкина, К.О. Вишневский // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://issek.hse.ru/data/2019/09/11/1537963568/NTI_N_143_11092019.pdf
27. Джонсон, М. Когда нужна новая бизнес-модель // М. Джонсон, К. Кристенсен, Х. Кагерманн [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.cfin.ru/management/strategy/plan/HBR_Must_Reads_Strategy.shtml

28. Дилигенский, Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология // Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. М.: Издательство Машиностроение, 2004 год, 397 с.
29. Диспетчер: кейсы наших клиентов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://asi.ru/upload/upload_docs/sml/churanov/cases.pdf
30. Звуйковский, Н. Беспилотные технологии. Применение дронов в нефтегазовой отрасли // Н. Звуйковский. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/ru/oil-and-gas/assets/og-journal.pdf>
31. S7 Airlines и «Газпромнефть-Аэро» впервые в России осуществили заправку самолета через смарт-контракт на основе блокчейн. 27.08.2018 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.s7.ru/ru/about/news/s7-airlines-i-gazpromneft-aero-vpervye-v-rossii-osuschestvili-zapravku-samoleta-cherez-smart-kontrakt-na-osnove-blokcheyn/>
32. «Индустрия 4.0». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kaspersky.vedomosti.ru/industrii/industry4>
33. Интеграционная шина и автоматизация БП. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.inpolus.ru/esb/>
34. Интернет вещей — что это такое и как применять IoT в реальном бизнесе. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rb.ru/longread/iot-cards/>
35. Информационная стратегия Группы «ЛУКОЙЛ». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/328741.pdf>
36. Информационно-аналитический отчет. Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств-членов Евразийского экономического союза. Москва. 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://evrazgeoforum.com/storage/uploaded_docs/cvawMVqRl8Nia8ER6TIN2SZ4WC49kOiF.pdf
37. Информационные технологии в Транснефти. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%8>

0%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_%D0%B2_%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8

38. Как искусственный интеллект повышает производственную безопасность и эффективность нефтегазовых операций. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://smartgopro.com/novosti2/oilgasai/>

39. Каплан, Роберт С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию // С.Каплан Роберт, Дейвид П. Нортон. Олимп-Бизнес, 2017 г. – 320 с.

40. Комель, М. Цифровая революция: почему российский бизнес боится действовать? // М. Комель. 2018. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/biznes/357435-cifrovaya-revoluciya-pochemu-rossiyskiy-biznes-boitsya-deystvovat>

41. 200 крупнейших частных компаний России — 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/rating/383547-200-krupneyshih-chastnyh-kompaniy-rossii-2019-reyting-forbes>

42. 200 крупнейших частных компаний России — 2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/biznes/440795-200-krupnejsih-castnyh-kompanij-rossii-2021>

43. Кузнецова, О.Б. Расчет экономической эффективности ИТ-проектов // О.Б. Кузнецова, С.А. Шиманский. 2012. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5851312/page:3/>

44. Лившиц, В.Н. Проектный анализ: методология, принятая во Всемирном банке / В.Н. Лившиц // Экономика и математические методы. – 1994. – Т. 30. Вып. 3. – С. 37–50. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.niec.ru/Articles/051.htm>

45. Липкин, Е. «Индустрия 4.0: Умные технологии – ключевой элемент в промышленной конкуренции». Часть 2. Технологическая основа новой промышленной революции // Е. Липкин. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.soel.ru/online/kniga-industriya-4-0-umnye-tehnologii-klyuchevoy-element-v-promyshlennoy-konkurentsii-chast-2-tekhn/>

46. 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.

47. 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

48. 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.

49. 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.

50. Мартиросян, А.Т. Показатель эффективности обслуживания оборудования в системе ключевых показателей производительности // А.Т. Мартиросян. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017).

51. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 № ВК 477). 1999. Доступ из справ.-прав. Системы Консультант плюс. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

52. Митин, В. Цифровизация крупных предприятий: ожидания, результаты, препятствия, влияние COVID-19. 08.02.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=216701>

53. Многоуровневая структура фабрик будущего. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://technet-nti.ru/article/fabriki-buducshego>
54. Мокшина, О. Что такое совокупная стоимость владения (ТСО) IT-инфраструктуры и какие затраты надо учесть // О. Мокшина. 2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mcs.mail.ru/blog/sovokupnaya-stoimost-vladeniya-tso-it-infrastruktury>
55. Мониторинг глобальных трендов цифровизации 2020 // Ростелеком. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://digitaltrends.rt.ru/2020.pdf>
56. Мониторинг оборудования «Диспетчер». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.intechnology.ru/>
57. Не было бы счастья, да несчастье помогло [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2020/5/757/
58. Не только agile: как устроена модель waterfall и в каких проектах ее использовать – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://challengel.com/article/ne-tolko-agile-kak-ustroena-model-waterfall-i-v-kakikh-proektakh-ee-ispolzovat/>
59. Норникель. Отчет об устойчивом развитии 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.nornickel.ru/files/ru/CSOpdf/NN2019_Digital.pdf
60. Норникель. Отчет об устойчивом развитии 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.nornickel.ru/upload/iblock/c6f/NN_CS02020_RUS_23.06.pdf
61. Норникель. Цифровизация. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ar2020.nornickel.ru/business-overview/digital-transformation-journey>
62. О Цифровизации ОМК: подробно из первых рук. 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://up-pro.ru/library/strategi/opinion/podrobno-iz-pervykh-ruk/>
63. Обобщённая эффективность оборудования (ОЕЕ) для совершенствования производства фасованных потребительских товаров. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://technolink.spb.ru/wp-content/uploads/2018/07/equipment-efficiency.pdf>

64. «ОМК». Годовой отчет – 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://omk.ru/press/report/2019AROMKru.pdf>
65. «ОМК». Годовой отчет – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ar2020.omk.ru/>
66. Опрос финансовых директоров ведущих компаний в России. Ключевые тенденции. Первое полугодие 2021 года. 2021 // Deloitte. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/research-center/articles/cfo-survey-russia-1h-2021.html>
67. Отчет Группы Газпром о деятельности в области устойчивого развития за 2020 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sustainability.gazpromreport.ru/fileadmin/f/2020/sustainability-report-ru-2020.pdf>
68. Отчет Группы Газпром о деятельности в области устойчивого развития за 2019 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/sustainability-report-rus-2019.pdf>
69. Отчет об устойчивом развитии Группы «ЛУКОЙЛ» за 2019 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/554309.pdf>
70. Отчет об устойчивом развитии Группы «ЛУКОЙЛ» за 2020 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/555493.pdf>
71. Официальный сайт Группы «ЛУКОЙЛ». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lukoil.ru>
72. Официальный сайт компании «Альт-Инвест». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alt-invest.ru>
73. Павлова, Ю.А. Особенности оценки экономической эффективности проектов использования информационных систем на предприятии // Ю.А. Павлова. Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т. 8, № 4.
74. ПАО «СИБУР Холдинг». Единый отчет за 2020 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.sibur.ru/sustainability/social_report/SIBUR_CR2020_RUS.pdf

75. ПАО «СИБУР Холдинг». Отчет об устойчивом развитии за 2019 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://investors.sibur.com/~media/Files/S/Sibur-IR/reports/SIBUR_SR19_RUS.pdf
76. Перспективы развития «Интернета вещей» в России // PwC. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/ru/communications/assets/the-internet-of-things/2019-internet-of-things-russian.pdf>
77. Перспективы цифровизации нефтяной отрасли в России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://realnoevremya.ru/articles/155796-perspektivy-cifrovizacii-neftyanoj-otrasli-v-rossii>
78. Петухов, А. Индустрия 4.0. Кибербезопасность: вызовы и решения. «JETINFO» // А. Петухов. №5-6 (289). 2018. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.jetinfo.ru/cybersecurity-in-industrial-automation-systems/>
79. Правление одобрило Стратегию цифровой трансформации Группы «Газпром» на 2022–2026 годы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/press/news/2021/december/article545124/>
80. «Промышленность 4.0»: создание цифрового предприятия Основные результаты исследования по металлургической отрасли // PwC. 2016. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/mining-and-metals/publications/assets/industry-4-metals-key-findings_rus.pdf
81. Промышленные роботы в России. 30.06.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8
82. 3 крупнейших финансовых пузыря в истории – [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://l-a-b-a.com/blog/2181-3-krupneyshih-finansovyh-puzyrya-v-istorii>

83. Пуха, Ю. Индустриальная революция 4.0. 2017 // Ю. Пуха. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/ru/assets/pdf/industry-4-0-pwc.pdf>

84. Развитие финансовых технологий // Банк России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.cbr.ru/fintech/#:~:text=%D0%A4%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%85%20\(%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8\)%20%E2%80%94%D1%8D%D1%82%D0%BE,%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%2C%20%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D0%B8%20%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D1%85](https://www.cbr.ru/fintech/#:~:text=%D0%A4%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%85%20(%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8)%20%E2%80%94%D1%8D%D1%82%D0%BE,%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%2C%20%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D0%B8%20%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D1%85)

85. Расчет общей эффективности оборудования (ОЕЕ). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bpi-group.com.ua/blog/raschet-obshhej-effektivnosti-oborudovaniya-oee/>

86. Scrum. Революционный метод управления проектами – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://factorica.ru/blog-scrum1>

87. «Роснефть» намерена использовать беспилотники для контроля уровня парниковых газов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://oilcapital.ru/news/companies/19-08-2021/rosneft-namerena-ispolzovat-bespilotniki-dlya-kontrolya-urovnya-parnikovyh-gazov>

88. Роснефть. Отчет в области устойчивого развития 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/Rosneft_CSR2020_RUS.pdf

89. Роснефть. Отчет в области устойчивого развития 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/Rosneft_CSR2019_RUS.pdf

90. Россети. Отчет о социальной ответственности и корпоративном устойчивом развитии 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rosseti.ru/investors/info/sotsialnyu_otchet/doc/rosseti_2020.pdf

91. Россети. Отчет о социальной ответственности и корпоративном устойчивом развитии 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rosseti.ru/investors/info/sotsialnyu_otchet/doc/rosseti_2019.pdf

92. Российский рынок дополненной и виртуальной реальности (AR/VR). 2021 // ТМТ Консалтинг. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tmt-consulting.ru/wp-content/uploads/2021/02/%D0%A2%D0%9C%D0%A2-HW-AR-VR-2020.pdf>

93. Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://assets.fea.ru/uploads/nticenter/112019/Rukovodstvo_po_cifrovizacii_proizvodstvennyh_predpriyatij.pdf

94. «Русал». Новый ракурс. Отчет об устойчивом развитии – 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rusal.ru/upload/iblock/d3c/d3c309fbe8fa639ba074024f22abc9e4.pdf>

95. «Русал». Новый ракурс. Отчет об устойчивом развитии – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rusal.ru/upload/iblock/c90/sqwvwul2csftmf0bdss4k2kbsmvnqxtn.pdf>

96. Сабитов, О. 7 ключевых технологий Индустрии 4.0: от машинного обучения до 3D-печати // О. Сабитов. 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hightech.fm/2020/03/19/industry-4-0>

97. Савин В.А. Совместные и иностранные предприятия в Китае // Менеджмент в России и за рубежом // В.А. Савин. 2003. № 5. С. 117-123.

98. Сафронов, А. Пузырь доткомов: что это такое и почему все говорят о повторении истории // А. Сафронов. 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://quote.rbc.ru/news/article/5ce3d5c99a7947958b7062df>

99. «Северсталь». Отчет об устойчивом развитии – 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.severstal.com/files/44632/Severstal_CSR_SD_Report_2019_RU.pdf
100. «Северсталь». Отчет об устойчивом развитии – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.severstal.com/files/63899/SR_Severstal_2020_RU.pdf
101. «Северсталь»: путь к цифровизации. 17.03.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vmeste.severstal.com/expert/severstal-put-k-tsifrovizatsii/>
102. «Северсталь» стала партнером конкурса «Индустрия 4.0» Московского инновационного кластера. 15.01.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.severstal.com/rus/media/news/document54315.phtml>
103. «Сибур» одним из первых в мире внедрил систему цифрового моделирования в нефтехимическое производство. 05.11.2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/top/2020-11-05_sibur_vnedril_tsifrovое
104. Сидоров, Н.А. Модели, методы и средства оценки стоимости программного обеспечения // Н.А. Сидоров, Д.В. Баценко, Ю.Н. Василенко, Ю.В. Щebetин. УДК 004.413:338.5. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/1541/36-Sidorov.pdf>
105. Синго, С. Быстрая переналадка для рабочих. / С. Синго. Пер. с англ. Рыжков А. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2009. 112 с.
106. Системы управления закупками. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/a/156810>
107. Словарь современной экономической теории Макмиллана. М. Инфра-М 2003. Пирс Д. (ред). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vocable.ru/termin/metod-littla-mirrlisa.html>
108. Сошников, А. Мир после Pokemon Go: как технология дополненной реальности изменит нашу жизнь // А. Сошников. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/features-36898771>

109. «Татнефть». Отчет об устойчивом развитии – 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tatneft.ru/storage/block_editor/files/ff073d3c825320e4709391e336c0ec350e599b49.pdf

110. «Татнефть». Отчет об устойчивом развитии – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tatneft.ru/storage/block_editor/files/740ca8ed547060b97715e9812639fe20cddd264a.pdf

111. Технологии VR и AR на производстве. Лучше один раз увидеть. 02.02.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.henkel.ru/spotlight/2021-02-02-vr-and-ar-technologies-in-production-1147350>

112. Технологии и Инновации Интернет вещей (Internet of Things, IoT). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot>

113. «Транснефть» оптимизирует траты на ИТ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4947922>

114. «Транснефть». Отчет об устойчивом развитии – 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.transneft.ru/u/section_file/48791/verstka_our_rys_dlya_saita.pdf

115. «Транснефть». Отчет об устойчивом развитии – 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.transneft.ru/u/section_file/56661/transneft_our-2020_19.07.pdf

116. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71670570/>

117. Учет программного обеспечения в бухгалтерском учете. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spmag.ru/articles/uchet-programmnogo-obespecheniya-v-buhgalterskom-uchete>

118. Фонд «Центр стратегических разработок». Оценка крупных инфраструктурных проектов. Задачи и решения Разработки в рамках проектов ЦСР. 2013. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://rzd.ru/dbmm/download?vp=1&load=y&col_id=121&id=71716

119. Хоменко, Е. Б. Цифровая экономика: актуальные вопросы теории и практики / Е. Б. Хоменко // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2021. – Т. 31. – № 1. – С. 45-52. – DOI 10.35634/2412-9593-2021-31-1-45-52.

120. Цифровая Россия: новая реальность. Июль 2017 г. // McKinsey. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.mckinsey.com/ru/~/_/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/digital%20russia/digital-russia-report.pdf

121. Цифровая трансформация «Россетей» за 1,3 трлн рублей. Разбор основных положений программы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8:_%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_2030_%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B8_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8B

122. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. Доклад НИУ ВШЭ // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». 2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf>

123. Цифровая экономика. Интеграция населения в цифровое пространство. 06.12.2018 // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/228917063.html>

124. Цифровизация производства: зачем VR/AR технологии нужны промышленности? 23.07.2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://modumlab.com/blog/industry>

125. Цифровизация угля и металла. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4103010>

126. Цифровой город. Проект цифровизации городов России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4_\(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4_(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8))

127. Цифровой сервис для завода: Ульяновский автомобильный завод использует PROF IT Service Management для послепродажного обслуживания продуктов – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.comnews.ru/digital-economy/case-study/201568/prof-it-groupcifrovoy-servis-dlya-zavoda-ulyanovskiy-avtomobilnyy-zavod-ispolzuet-prof-it-service-management-dlya-posleprodazhnogo-obsluzhivaniya-produktov>

128. Цифровые платформы. Подходы к определению и типизации: приложение к протоколу заседания подкомиссии по цифровой экономике Правительственной комиссии по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 25.04.2018. № 6. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2018/04/digital_platforms.pdf

129. Цифровые технологии в российских компаниях // KPMG. Январь 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf>

130. Череповецкий металлургический комбинат запустил в работу новый 3D принтер. 20.07.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.metalinfo.ru/ru/news/127946>

131. Черноусов, И. Объем рынка интернета вещей в России вырос на 18,3% // И. Черноусов. 28.07.2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rg.ru/2021/07/28/obem-rynka-interneta-veshchej-v-rossii-vyros-na-183.html>

132. Четвертая промышленная революция. Популярно о главном технологическом тренде XXI века. 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F_\(Industry_%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F_4.0\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F_(Industry_%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F_4.0))

133. Что такое Agile и подойдет ли он вашей компании // РБК. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/education/6023fc369a79476e47b19ef0>

134. Что такое Big Data? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5d6c020b9a7947a740fea65c>

135. Что такое канбан и как не «похоронить» проект в Trello – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/education/603c9ec19a794750e347e6bc>

136. Что такое технология блокчейна? – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ibm.com/ru-ru/topics/what-is-blockchain>

137. Шагеев, Д. А. Методика оценки премии за риск и поправки на риск с учетом влияния факторов среды / Д. А. Шагеев // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2019. – № 1. – С. 139-156.

138. Шопин, А.Г. ОЕЕ/DTM – Золушка в семействе MES-решений // А.Г. Шопин, И.В. Занин, С.В. Спиридонов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/2491358/oee-dtm-%E2%80%93-zolushka-v-semejstve-mes-reshenij>

139. Шу, Г. Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний // Г. Шу, Р. Андерл, Ю. Гауземайер, М. тен Хомпель, В. Вальстер и др. Munich: Herbert Utz Verlag. 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf

140. Al Sacco. Google Glass takes flight at Boeing. 13.07.2016. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cio.com/article/3095132/google-glass-takes-flight-at-boeing.html>
141. Behrens, W. Manual for the preparation of industrial feasibility studies // W. Behrens, P.M. Nawranek. 1991. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://digitallibrary.un.org/record/137202>
142. Cardin O. Classification of cyber-physical production systems applications: proposition of an analysis framework // O. Cardin. 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1811/1811.03122.pdf>
143. Cyber-Physical System. Driving force for innovation in mobility, healthy, energy and production. Acatech 2011.
144. Digital review // The Boston Consulting Group. 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://image-src.bcg.com/Images/Digital_Review_40_web_tcm27-158419.pdf
145. Grebe, M. Digital Maturity Is Paying Off // M. Grebe, M. Rübmann, M. Leyh, M.R. Franke. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bcg.com/ru-ru/publications/2018/digital-maturity-is-paying-off>
146. King, H. What is digital transformation? // H. King. 2013. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.theguardian.com/media-network/media-network-blog/2013/nov/21/digital-transformation>
147. Kling, R. & Lamb, R. 2000. IT and organizational change in digital economies, in Understanding the Digital Economy, E. Brynjolfsson & B. Kahin (eds), MIT Press, Cambridge, MA, 295-324.
148. Lee, E.A. Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach // E.A. Lee, S.A. Seshia. London: MIT Press. 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/releases/LeeSeshia_DigitalV2_2.pdf
149. Manufacturing Execution System, MES – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/manufacturing-execution-system-mes>

150. Negroponte Nicholas. Being Digital. New York: Alfred A. Knopf; 1995. 243 p.
151. Product Lifecycle Management, PLM – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/product-lifecycle-management-plm>
152. Six big losses – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.oee.com/oee-six-big-losses/>
153. Tapscott D. The Digital Economy: Promise and Peril In The Age of Networked Intelligence. McGrawHill; 1995. 342 p.
154. Vaisman, E. D. Methods of a weak market signals for evaluation the economic efficiency of digital investment projects / Vaisman E. D., Lyubimenko 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
155. What are cyber-physical systems? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rmit.edu.au/news/c4de/what-are-cyber-physical-systems>
156. What is Digital Economy? // Deloitte, New York, NY. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/mt/en/pages/technology/articles/mt-what-is-digitaleconomy.html>
157. Zegzhda, D.P. Systematization and security assessment of cyber-physical systems. Automatic control and computer sciences // D.P. Zegzhda, M.A. Poltavtseva, D.S. Lavrova 2017. vol. 51. no. 8. pp. 835–843

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1 – Исходные данные для анализа эффективности цифровых проектов промышленных предприятий, 2019 г.
(авт. на осн. [20, 24, 59, 64, 68, 69, 75, 89, 91, 94, 99, 109, 114])

№	Наименование организации	Отрасль	Выручка, млрд. руб.	Расходы на цифровизацию и НИОКР, млрд. руб.	ЕВИТДА, млрд. руб.	Производительность труда, млрд. руб./чел.
1	Группа компаний «Лукойл»	Нефть и газ	7 841,00	0,06	1 236,00	0,077
2	Группа компаний «Норильский никель»	Цветная металлургия	877,80	6,73	513,70	0,012
3	Группа компаний «Татнефть»	Нефть и газ	932,30	2,50	328,40	0,016
4	РУСАЛ	Цветная металлургия	628,98	1,17	62,57	0,011
5	ПАО «СИБУР Холдинг»	Нефтехимия	531,30	1,06	170,00	0,023
6	ПАО «Северсталь»	Черная металлургия	528,33	0,07	181,68	0,010
7	ПАО ММК	Черная металлургия	490,05	0,30	116,39	0,009
8	АО «Объединенная металлургическая компания»	Черная металлургия	168,00	0,14	39,30	0,007
9	Группа ЧТПЗ	Черная металлургия	192,00	2,48	31,80	0,011
10	Группа компаний «Газпром»	Нефть и газ	7 659,62	12,10	1 859,68	0,016
11	ПАО «НК «Роснефть»	Нефть и газ	8 676,00	30,05	2 105,00	0,028
12	Группа компаний «Россети»	Электроэнергетика	1 029,70	2,99	315,60	0,005
13	ПАО «Транснефть»	Нефть и газ	1 063,80	9,77	486,30	0,009

Таблица А.2 – Исходные данные для анализа эффективности цифровых проектов промышленных предприятий, 2020 г.
(авт. на осн. [21, 25, 60, 65, 67, 70, 74, 88, 90, 95, 100, 110, 115])

№	Наименование организации	Отрасль	Выручка, млрд. руб.	Расходы на цифровизацию и НИОКР, млрд. руб.	ЕВИТДА, млрд. руб.	Производительность труда, млрд. руб./чел.
1	Группа компаний «Лукойл»	Нефть и газ	5 639,00	0,03	687,00	0,054
2	Группа компаний «Норильский никель»	Цветная металлургия	1 116,90	7,20	552,40	0,015
3	Группа компаний «Татнефть»	Нефть и газ	720,70	2,40	187,30	0,012
4	РУСАЛ	Цветная металлургия	619,45	1,18	63,06	0,011
5	ПАО «СИБУР Холдинг»	Нефтехимия	523,00	1,50	179,00	0,023
6	ПАО «Северсталь»	Черная металлургия	497,39	0,15	0,00	0,010
7	ПАО ММК	Черная металлургия	463,00	0,30	108,02	0,008
8	АО «Объединенная металлургическая компания»	Черная металлургия	169,70	0,11	39,30	0,005
9	Группа ЧТПЗ	Черная металлургия	138,00	2,72	28,50	0,008
10	Группа компаний «Газпром»	Нефть и газ	6 321,56	21,40	1 466,54	0,065
11	ПАО «НК «Роснефть»	Нефть и газ	5 757,00	26,80	1 209,00	0,017
12	Группа компаний «Россети»	Электроэнергетика	1 001,50	3,20	288,50	0,005
13	ПАО «Транснефть»	Нефть и газ	962,40	10,32	442,60	0,008