

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи



Ваулин Андрей Сергеевич

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЦИФРОВОЙ ИНТЕГРАЦИИ
НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика

(экономика промышленности)

Научный руководитель:

доктор экономических наук, профессор

Головина Алла Николаевна

Екатеринбург – 2023

Оглавление

Введение	3
1 Теоретические основы оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов	11
1.1 Содержание цифровой интеграции производственных процессов	11
1.2 Экономический эффект цифровой интеграции производственных процессов, его сущность и источники формирования	30
1.3 Виды экономических эффектов и издержек цифровой интеграции производственных процессов, их характеристика и классификация.....	48
Выводы по главе 1	58
2 Методические основы оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов	60
2.1 Существующие научные подходы к оценке экономического эффекта	60
2.2 Разработка метода оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов.....	70
2.3 Эконометрический подход к оценке эффекта цифровой интеграции производственных процессов	79
Выводы по главе 2.....	88
3 Практика оценки и повышения экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов	90
3.1 Исследование и анализ экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на примере Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова»	90
3.2 Научно-практический подход к повышению экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов	100
3.3 Экономическая политика цифровой интеграции производственных процессов	111
Выводы по главе 3.....	120
Заключение.....	122
Список литературы.....	128
Публикации автора по теме исследования	151

Введение

Актуальность темы исследования. В настоящее время в условиях развития цифровой экономики и санкционных ограничений в отношении отечественной промышленности одной из приоритетных научно-практических задач является повышение экономической эффективности деятельности крупных промышленных предприятий, выступающих драйвером экономического развития страны и регионов.

Реализация данной задачи тесно связана с соблюдением принципа цифровой интеграции, выражающегося в применении корпоративной информационной системы для объединения многочисленных научно-технических и производственно-технологических операций и работ в общую цифровую среду в целях сокращения производственного цикла изделий, снижения их себестоимости и в конечном счете достижения целевых показателей производства и продаж продукции.

При этом отмеченные результаты могут быть нивелированы ввиду наличия специфических издержек, которые по различным причинам приводят к нарушению состояния связанности производственных процессов, повышению длительности их выполнения и необходимости излишнего администрирования данных в корпоративной информационной системе. Их минимизация может дать дополнительный экономический эффект для промышленного предприятия и должна стать одним из направлений систематического мониторинга затрат в условиях цифровизации. Однако в настоящее время в науке и практике недостаточно проработаны теоретические и методические основы для проведения соответствующей оценки, что подтверждает актуальность настоящего диссертационного исследования.

Степень разработанности темы. Вопросам развития промышленных предприятий в современных условиях посвящены работы Е. Г. Анимиды, И. В. Анохова, И. В. Бабенко, Н. В. Новиковой, Н. Ю. Власовой, Н. Н. Волковой, А. Н. Волчкова, А. З. Дадашева, В. Ж. Дубровского, А. А. Зяблова, С. В. Казанцева, С. М. Кулиш, Г. С. Мерзликиной, Г. Ф. Мингалеева, А. Г. Мокроносова, Е. В. Мюллера,

С. В. Ореховой, А. Е. Плахина, Я. П. Силина, В. Ф. Скворцова, И. Н. Ткаченко, В. Н. Фуникова, Л. Ф. Шайбаковой и др.

Тематика цифровизации промышленных предприятий, цифровой экономики исследована в работах Г. И. Абдрахмановой, В. В. Акбердиной, А. М. Батьковского, Е. Ю. Виноградовой, А. Н. Головиной, С. В. Илькевич, О. Н. Мананниковой, М. В. Подшиваловой, О. А. Романовой, И. Н. Ткаченко, Т. О. Толстых, С. А. Туменовой, В. Ф. Уколова, Е. Б. Хоменко и др.

Основные положения теории организации производства представлены в трудах Е. Б. Аймагамбетова, С. В. Баушева, М. А. Бражникова, Е. А. Бурановой, Л. Н. Захаровой, И. А. Каляева, М. С. Клименковой, П. Кононкова, В. Ф. Лапо, В. В. Негреевой, А. В. Павловой, А. Б. Петрухина, П. И. Разинькова, Е. В. Русаковой, Л. К. Сиротиной, Е. Г. Смышляевой и др. Методы экономического анализа систематизированы в работах Е. А. Борисовой, С. В. Гуцыковой, И. Н. Корабейникова, Л. Г. Лабскера, Т. Ы. Саадалова, И. Ю. Чупровой, И. С. Шороховой и др.

Теоретические и методологические основы оценки экономического эффекта рассмотрены в трудах А. Г. Бадаловой, Н. В. Бекетова, С. А. Бучаевой, М. М. Гаджиева, Х. Я. Галиуллина, Л. М. Гуриевой, А. В. Гуринова, С. Н. Захарова, Т. А. Кольцовой, А. Т. Кушимова, А. И. Лапонова, Ю. А. Лимаревой, М. В. Мейера, С. Н. Нечаевой, С. В. Ореховой, А. Е. Плахина, В. В. Плащенко, П. Ю. Полухина, Ю. Б. Порошина, У. Х. де Сото, В. В. Спицына, С. В. Шамшеева, А. Д. Шафронова и др.

Понятие, теория и виды интеграции представлены в работах Р. А. Курбанова, С. В. Ореховой, А. Е. Плахина, Б. А. Райзберга, А. Н. Стерлиговой, Т. А. Темкиной, А. А. Цыганкова и др. Изучению экономической сущности цифровой интеграции производства и промышленного предприятия в целом посвящены исследования А. А. Вичуговой, А. Н. Головиной, Н. А. Куценко и др.

Объектом диссертационного исследования являются промышленные предприятия, осуществляющие цифровизацию производственных процессов.

Область исследования. Содержание диссертации соответствует п. 2.1 «Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития»;

2.2 «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности» Паспорта научной специальности 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности)».

Предметом исследования выступают экономические отношения, возникающие при оценке и реализации экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на промышленном предприятии.

Цель диссертационной работы состоит в разработке теоретических и методических положений по оценке экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на промышленном предприятии.

Для достижения цели диссертации поставлены следующие **задачи**:

1) сформировать системное представление о содержании цифровой интеграции производственных процессов; раскрыть и охарактеризовать сущность экономического эффекта и издержек, возникающих в процессе ее реализации на промышленном предприятии;

2) на основе синтеза классических методов анализа разработать и реализовать оригинальный метод оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов для выявления его фактического уровня в конкретный период времени, а также предложить научно-практический подход к его повышению на промышленном предприятии;

3) представить и апробировать на примере конкретного предприятия машиностроения эконометрический способ оценки издержек цифровой интеграции производственных процессов в целях их прогнозирования в зависимости от изменения влияющих факторов для анализа динамики экономического эффекта.

Теоретическая основа диссертации базируется на научных исследованиях отечественных и зарубежных ученых по теме работы. При выявлении сущности цифровой интеграции производственных процессов автор опирался на существующие подходы к пониманию термина «интеграция», а также учитывал содержание основных принципов организации производства в контексте цифровизации промышленных предприятий; при обосновании экономической сущности цифровой интеграции – на теорию эффективности в части трактовки классического экономи-

ческого эффекта промышленного предприятия. В целях разработки авторского метода оценки использовались базовые положения теории экономического анализа.

Методология и методы исследования. Для разработки методологических основ диссертационной работы применялись общенаучные методы, в том числе системный анализ и синтез, сравнение, группировка, обобщение. При обосновании взаимосвязанности различных видов экономического эффекта на промышленном предприятии использовался метод декомпозиции. При разработке и апробации методического подхода к оценке экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов применялся оригинальный математический инструментарий, основу которого составили способы расчета абсолютных и относительных динамических величин, средних величин и статистического анализа взаимосвязей. В значительной части эмпирических исследований применены классические методы обработки экономико-статистической информации, а также приемы построения и исследования регрессионных моделей.

Информационно-эмпирическую основу работы составили нормативно-правовые акты Российской Федерации; методические документы федеральных органов власти; статьи, опубликованные в научных изданиях; материалы, содержащиеся в монографических и эмпирических исследованиях; тезисы конференций и семинаров международного, всероссийского и регионального уровня; данные электронных ресурсов в сети Интернет; внутренняя отчетность Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова»; исследования и расчеты, выполненные лично автором диссертации и при его участии.

Научные результаты диссертационной работы, обладающие признаками научной новизны, заключаются в следующих положениях.

1. На базе синтеза существующих научных подходов в рамках теории эффективности и интеграции, а также организации производства в контексте цифровизации промышленности развиты теоретические основы оценки цифровой интеграции производственных процессов путем обоснования оригинального научного подхода к содержанию и декомпозиции экономического эффекта от реализации данной де-

тельности, где впервые сделан акцент на необходимости минимизации специфических издержек, новая классификация которых представлена автором диссертации (п. 2.1 Паспорта научной специальности 5.2.3).

2. С опорой на существующие методы экономического анализа разработан авторский методический подход к измерению фактического и потенциального экономических эффектов цифровой интеграции производственных процессов, оригинальность которого определяют состав системы показателей и алгоритм оценки специфических издержек, возникающих на этапе промышленной эксплуатации корпоративной информационной системы (п. 2.2 Паспорта научной специальности 5.2.3).

3. На базе применения эконометрического подхода доказана существенность влияния на уровень издержек цифровой интеграции производственных процессов таких факторов, как длительность административного цикла изделия, средние затраты на обучение специалистов, темп роста почасовой стоимости труда персонала промышленного предприятия, среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы, изменение которых позволяет прогнозировать экономические последствия мер, предпринимаемых промышленным предприятием при реализации цифровой интеграции производственных процессов (п. 2.1 Паспорта научной специальности 5.2.3).

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов в диссертации обеспечивается базированием на известных научно-практических исследованиях по теме данной работы; применением достоверной статистики и проверенных источников научной информации и исходных данных для расчетов; использованием общепринятых научных методов познания; достаточным анализом исходных данных; одобрением достигнутых научных результатов и выводов диссертации на научных мероприятиях разного уровня; практической применимостью предложенного автором методического подхода, что подтверждается актами о внедрении на промышленных предприятиях России.

Теоретическая значимость диссертации состоит в развитии теоретических основ исследуемой темы посредством переосмысления существующих научных подходов к сущности цифровой интеграции производственных процессов в эконо-

мике, расширения научных представлений о содержании экономического эффекта от реализации данной деятельности на промышленном предприятии, разработки классификации специфических издержек цифровой интеграции производственных процессов, а также путем предложения методического подхода к их оценке.

Практическая значимость исследования обусловлена разработкой научно-практического подхода, позволяющего измерить фактический и потенциальный экономический эффекты цифровой интеграции производственных процессов, и заключается в возможности прикладного применения полученных научных результатов на промышленных предприятиях для мониторинга динамики специфических издержек и анализа результатов внедрения мероприятий по их минимизации. Предложенный автором диссертации метод оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов может быть использован высшими учебными заведениями при подготовке образовательных программ по дисциплинам «Экономика предприятий и организаций», «Экономика и управление производством», «Экономика машиностроительного производства», «Экономический анализ на предприятии» и т. п.

Апробация результатов исследования. Основные теоретические положения и практические выводы диссертационной работы положительно оценены Министерством цифрового развития и связи Свердловской области, Технопарком в сфере высоких технологий Свердловской области «Университетский», ГК «Ростех», Холдингом «Швабе», ПАО «Красногорский завод им. С. А. Зверева», АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (в подведомственности ГК «Роскосмос») и апробированы на примере Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова», что подтверждается соответствующими документами.

Основные научные положения и разработки, сформированные в рамках данного исследования, были представлены на следующих научно-практических мероприятиях: XXXVI Международная научно-практическая конференция «Международные Плехановские чтения» (Москва, 2023); X Международная научно-практическая конференция «Современные стратегии и цифровые трансформации устой-

чивого развития общества, образования и науки» (Москва, 2023); XV Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации» (Ростов-на-Дону, 2023); X Уральские научные чтения профессоров и докторантов гуманитарных наук «Полицентричный мир: новая экономическая повестка» (Екатеринбург, 2023); IV Уральский экономический форум «Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России» (Екатеринбург, 2022).

Публикации. По результатам исследования опубликовано 11 научных работ общим объемом 9,1 п. л., в том числе авторских 5,1 п. л., включая пять статей в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК РФ («Journal of New Economy», «Russian Economic Bulletin», «Общество: политика, экономика, право», «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики», «Экономические науки»), а также один раздел в монографии.

Структура и объем диссертации. Представленная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 191 наименования. Содержание изложено на 152 страницах основного текста, включает 31 рисунок и 8 таблиц.

Во *введении* охарактеризована актуальность и установлена степень разработанности темы диссертационной работы, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, его теоретико-методическая и информационно-эмпирическая основа, представлены положения научной новизны, отражена теоретическая и практическая значимость исследования, перечислены результаты апробации полученных результатов.

В *первой главе* «Теоретические основы оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов» систематизированы научные подходы к пониманию цифровой интеграции на промышленном предприятии, определены сущность и виды экономического эффекта и издержек от реализации данной деятельности.

Во *второй главе* «Методические основы оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов» рассмотрены существующие методы экономического анализа на промышленном предприятии, на их основе раз-

работан авторский способ оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов, а также применен эконометрический подход для его прогнозирования;

В *третьей главе* «Практика оценки и повышения экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов» представлены результаты расчета на примере Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова»; по итогам апробации разработан научно-практический подход к повышению исследуемого экономического эффекта и предложена экономическая политика цифровой интеграции на промышленном предприятии.

В *заключении* представлены выводы и результаты диссертационной работы.

1 Теоретические основы оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов

1.1 Содержание цифровой интеграции производственных процессов

В настоящее время одной из актуальных научно-практических задач является повышение экономической эффективности деятельности крупных промышленных предприятий, выступающих драйвером экономического развития на национальном и региональном уровнях¹. Решение этой задачи в современных условиях становится возможным посредством активной цифровизации, роботизации процессов, что приводит к определенной трансформации производственных отношений за счет применения цифровых технологий².

Изучение данной тематики имеет мировое значение. К ряду значимых зарубежных исследований можно отнести работы X. Guo и X. Chen³, L. Haijia и Ya. Cailin⁴, J. Reis и др.⁵, D. Schallmo, C. Willams и L. Boardman⁶, P. Verhoef и др.⁷

¹ Силин Я. П., Анимица Е. Г., Новикова Н. В. Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации: монография / под науч. ред. С. Ю. Глазьева, С. Д. Бодрунова. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2019. – С. 6; Казанцев С. В. Значение оборонно-промышленного комплекса для подъема российской экономики // Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал. – 2014. – № 1 (19). – С. 46.

² Силин Я. П., Анимица Е. Г. Эволюция парадигмы региональной экономики // Journal of new economy. – 2020. – Т. 21, № 1. – С. 19; Анимица Е. Г., Рахмеева И. И. Третья институциональная революция и изменение структуры экономических отношений // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2020. – Т. 222, № 2. – С. 209.

³ Guo X., Chen X. The impact of digital transformation on manufacturing-enterprise innovation: empirical evidence from China // Sustainability. – 2023. Vol. 15, no. 4. – Art. no. 3124.

⁴ Haijia L., Cailin Ya. Digital transformation of manufacturing enterprises // Procedia computer science. – 2021. – Vol. 187. – P. 24–29.

⁵ Reis J., Amorim M., Melão N. et al. Digitalization: a literature review and research agenda // Lecture notes on multidisciplinary industrial engineering. – Cham: Springer, 2020. – P. 443–456.

⁶ Schallmo D., Willams C. A., Boardman L. Digital transformation of business models-best practice, enabler, and roadmap // International journal of innovation management. – 2018. – Vol. 21, no. 8. – Art. no. 1740014.

⁷ Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Ya. et al. Digital transformation: a multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of business research. – 2021. – Vol. 122. – P. 889–901.

Современные тенденции цифровизации учитываются и в российском секторе производства. По статистике в 2021 г. обрабатывающая промышленность России занимала 6-е место по объему внутренних затрат на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг¹. Преимущественно используются технологии сбора, обработки и анализа больших данных, а также облачные сервисы, RFID-технологии, промышленные роботы и автоматизированные системы². Среди программных средств предпочтение отдается системам электронного документооборота и программам для финансовых расчетов в электронном виде³.

По итогам 2022 г. около 26 % промышленных предприятий России увеличили уровень инвестиций в цифровизацию, 63 % сохранили его на том же уровне⁴. Наибольший приоритет отдается решениям, обеспечивающим надежную защиту ИКТ-инфраструктуры предприятий в связи с увеличением кибератак на цифровую среду. Кроме того, актуальным стал переход на отечественные программно-аппаратные продукты в рамках государственной задачи по построению технологического суверенитета страны. Это, в свою очередь, требует понимания научно-практических подходов к цифровой трансформации промышленности.

В работе В. В. Акбердиной отмечаются следующие стадии цифровизации промышленного комплекса России:

– первая стадия – *первичная информационно-коммуникационная цифровизация*, предполагающая использование привычных персональных компьютеров, электронной почты, глобальных информационных сетей (на данный момент их применяют более 90 % промышленных предприятий)⁵;

¹ Цифровая экономика: 2023: краткий стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский и др. – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – С. 14.

² Там же. – С. 52–53.

³ Там же. – С. 57.

⁴ Цифровизация промышленности в 2023 г. / Онланта. – URL: <https://onlanta.ru/press/blog/tsifrovizatsiya-promyshlennosti-v-2023-godu/> (дата обращения: 17.07.2023).

⁵ Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т. 19, № 3. – С. 91.

– вторая стадия – *электронный обмен данными с внешними партнерами* (поставщиками, подрядчиками, клиентами), а также внутри предприятия между сотрудниками на основе электронного документооборота, что позволяет осуществлять взаимодействие в реальном времени, ускоряя выполнение транзакций¹;

– третья стадия – *использование специальных программно-аппаратных комплексов* для выполнения определенного класса задач посредством их цифровизации на основе симбиоза различных программ, компьютеров, станков с числовым программным управлением и пр., что позволяет минимизировать участие человека в выполнении конкретных операций²;

– четвертая стадия – *производство информационно-коммуникационных технологий и оборудования*, переход от простого потребления продуктов ИКТ-сектора к изготовлению электронных компонентов, машин, созданию импортозамещающего программного обеспечения³;

– пятая стадия – *производство и использование роботов и датчиков* (промышленный интернет вещей), что позволяет промышленным объектам взаимодействовать между собой без участия человека, собирая и анализируя данные, принимая решения по определенным ситуациям в целях управления ими⁴.

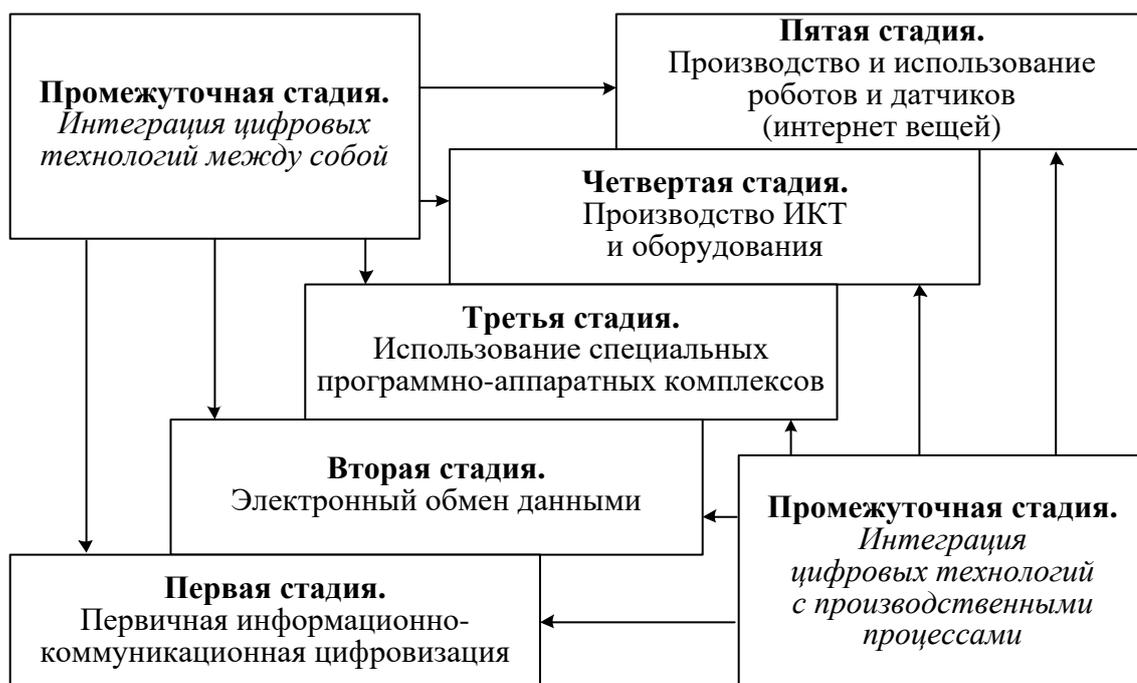
Таким образом, каждая последующая стадия предполагает переход к применению все более сложных цифровых технологий, нацеленных на усиление взаимодействия между человеком, машиной и предметами труда для наиболее быстрого выполнения операций и выпуска конечного продукта промышленного предприятия. Все это становится возможным при условии обеспечения должной интеграции цифровых технологий со всем многообразием производственных процессов организации (рисунок 1), что требует дополнительных исследований.

¹ Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т. 19, № 3. – С. 88.

² Там же. – С. 88–89.

³ Там же. – С. 89.

⁴ Там же. – С. 89–90.



Примечание – Составлено автором по: Акбердина В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т. 19, № 3. – С. 82–99.

Рисунок 1 – Стадии цифровизации промышленного комплекса России

На начальном этапе целесообразно выявить сущность термина «интеграция», который происходит от лат. «integratio» – восстановление, восполнение или «integer» – целый, что означает объединение чего-либо в одну систему¹.

В Советском энциклопедическом словаре под интеграцией понимается:

– *состояние* связанности отдельных дифференцированных частей и функций системы, организма в одно целое;

– *процесс*, ведущий к состоянию связанности отдельных дифференцированных частей и функций системы, организма в одно целое² (рисунок 2).

¹ Ваулин А. С., Головина А. Н. Понятие и экономическая сущность цифровых интеграций в деятельности крупных промышленных предприятий // Russian economic bulletin. – 2022. – Т. 5, № 5. – С. 178.

² Советский энциклопедический словарь: в 3 т. / под ред. С. М. Локшина, Ф. Н. Петрова. – М.: БСЭ, 1954. – Т. 1. – С. 276.



Примечание – Составлено автором по: Советский энциклопедический словарь: в 3 т. / под ред. С. М. Локшина, Ф. Н. Петрова. – М.: БСЭ, 1954. – Т. 1. – 584 с.

Рисунок 2 – Подходы к пониманию сущности термина «интеграция»

Детальное исследование понятия «интеграция» представлено в работе А. Н. Стерлиговой¹, где также приведено его соотношение с такими терминами, как «объединение», «агрегирование», «кооперация», «централизация», «координация». Соглашаемся с автором, что представленные понятия во многом синонимичны, однако «интеграция» является более широким термином и представляет системное и сложное восприятие формируемого целого с учетом взаимного глубокого влияния его частей друг на друга в отличие от приведенных синонимов. В частности, как отмечает в вышеупомянутой работе А. Н. Стерлигова:

– «объединение» и «агрегирование» хоть и подразумевают формирование нечто целого, но не обязательно предполагают сильную взаимозависимость и неотъемлемое влияние входящих элементов друг на друга. При желании любой из элементов может получить автономию без какого-либо серьезного влияния на целое;

– «кооперация» относится преимущественно к участию в некотором процессе, прежде всего труда, что затрудняет его применение для иных видов деятельности;

– «централизация» предполагает объединение частей с совместным их подчинением единому центру и является одним из механизмов проведения интеграции;

– «координация» также может реализовываться в рамках интеграции как процесс, направленный на обеспечение согласованности всех частей целого².

¹ Стерлигова А. Н. Анализ значения термина «интеграция» в контексте управления организацией // Логистика и управление цепями поставок. – 2005. – № 6 (11). – URL: <http://www.lscm.ru/index.php/ru/po-godam/item/873> (дата обращения: 02.07.2023).

² Там же.

Глубокому исследованию сущности интеграции посвящена статья С. В. Ореховой и В. С. Заруцкой, которые под ней понимают «стратегический процесс, позволяющий за счет объединения различного рода ресурсов оптимизировать издержки и выгоды всех его участников»¹. В работе также приводится эволюция подходов, определяющих различные виды интеграции бизнеса:

– в рамках неоклассической экономической теории в зависимости от вида монополий выделяются тресты, синдикаты, картели; по однородности производимой продукции – вертикальные, горизонтальные структуры, конгломераты²;

– в области теории стратегического управления отмечаются традиционные формы – слияние и поглощение; сетевые формы – стратегические альянсы, кластеры; на основе критических факторов – отраслевые ассоциации, совместные предприятия; квазиинтеграционные формы – франчайзинг; платформы – двусторонние и многосторонние³.

Те или иные формы интеграции (рисунок 3) определяются в зависимости от способов использования ресурсов и существующего технологического уклада в стране. Чем выше уровень развития технологий, тем более заметен переход от вертикально и горизонтально интегрированных способов ведения бизнеса к платформенному объединению на базе цифровых технологий и единых стандартов использования ресурсов⁴. Выбор того или иного типа интеграционных образований определяется стратегией промышленного предприятия и *обуславливается направленностью на сокращение издержек*⁵.

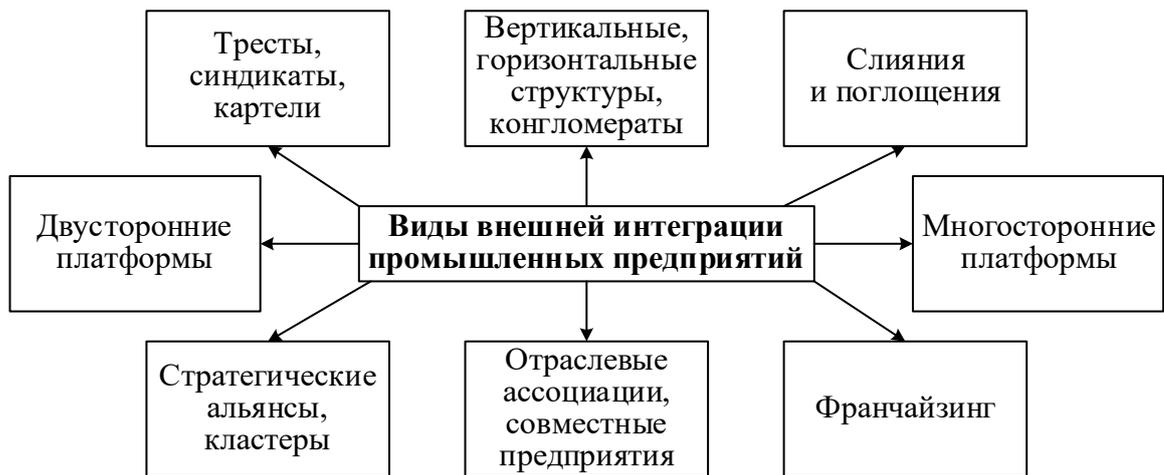
¹ Орехова С. В., Заруцкая В. С. Интеграция бизнеса: эволюция подходов и новая методология // Журнал экономической теории. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 556.

² Там же. – С. 562.

³ Там же. – С. 563–564.

⁴ Там же. – С. 567.

⁵ Плахин А. Е., Селезнева М. В. Основы стратегии бизнес-интеграции // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России: материалы III Уральского экономического форума (Екатеринбург, 21–22 октября 2021 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2021. – С. 270.



Примечание – Составлено автором по: Орехова С. В., Заруцкая В. С. Интеграция бизнеса: эволюция подходов и новая методология // Журнал экономической теории. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 567.

Рисунок 3 – Виды внешней интеграции промышленных предприятий

Кроме того, понятие «интеграция» активно используется при организации деятельности промышленных предприятий в различных сферах. Так, согласно А. А. Цыганкову¹, *экономическая интеграция* заключается в расширении и углублении производственно-технологических связей, совместном использовании ресурсов, объединении капиталов, создании благоприятных условий хозяйствования или снятии взаимных барьеров. Также автор выделяет *логистическую интеграцию* как углубление взаимодействия или объединение участников с целью организации и управления движением материального, информационного и финансового потоков в цепи поставок, приводящее к повышению эффективности их функционирования².

В работе Р. А. Курбанова³ в качестве первичной формы *финансовой интеграции* отмечается сотрудничество в финансовой сфере, в ходе которого субъекты наемны на взаимовыгодных началах развивать отдельные (или все) области финансовой сферы (налоговую, бюджетную, валютную, банковскую и т. д.).

¹ Цыганков А. А. Логистическая интеграция в условиях цифровой глобализации // Менеджмент и маркетинг: опыт и проблемы: сб. науч. тр. / под общ. ред. В. С. Голика. – Минск: А. Н. Вараксин, 2021. – С. 321–322.

² Там же. – С. 321.

³ Курбанов Р. А. Экономическая интеграция: понятие, теории и виды // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2015. – № 2. – С. 107–111.

Корпоративная интеграция, по мнению П. Ю. Полухина¹, включает процессы по объединению компаний и приобретению одним предприятием контроля над другими. В зарубежной литературе аналогом данного понятия является термин «слияния и поглощения», позволяющие увеличить масштабы бизнеса экстенсивным путем.

Кроме того, применительно к организации деятельности крупных промышленных предприятий можно выделить следующие смежные с интеграцией понятия.

Промышленная кооперация рассматривается в работе А. Н. Головиной и ее коллег² с позиции теории общественного разделения труда (трудовая кооперация как сотрудничество в условиях поступательного развития производства), неоклассической теории (с точки зрения минимизации производственных издержек в долгосрочном периоде и снижения предпринимательских рисков), общей теории систем (в постоянной взаимосвязи с идентичными по смыслу экономическими явлениями и процессами, усиление которой приводит к снижению энтропии и повышению устойчивости системы), институциональной теории (как социально-экономический феномен минимизации транзакционных издержек или регулятор равновесного состояния хозяйствующих субъектов в процессе их взаимодействия).

А. Н. Головиной и ее коллегами³ введено понятие *цифровой научно-технической кооперации*, при которой новая стоимость создается за счет использования информационных технологий, основанных на генерации, сборе и анализе больших объемов данных с помощью передовых информационно-коммуникационных технологий, в каждой сфере экономики, бизнеса, общества и жизни человека.

Здесь же следует отметить такое смежное понятие, как *информационная интеграция* – процесс установления взаимосвязей между информационными системами промышленного предприятия в целях синхронизации данных, устранения расхождений и дублирующейся информации для получения единого информаци-

¹ Полухин П. Ю. Количественные методы оценки эффективности корпоративной интеграции // Российский экономический интернет-журнал. – 2007. – № 3. – URL: <https://www.e-rej.ru/Articles/2007/Poluhin1.pdf> (дата обращения: 14.07.2023).

² Головина А. Н., Левченко Р. Ю., Юрченко К. П. Новые контуры цифровой научно-технической кооперации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. – Т. 11, № 2А. – С. 227–228.

³ Там же. – С. 229.

онного пространства и организации поддержки сквозных бизнес-процессов¹. Информация является одним из ключевых средств производства².

Все вышеперечисленные специфические виды внутренней интеграции промышленного предприятия представлены на рисунке 4.



Примечание – Систематизировано автором.

Рисунок 4 – Виды внутренней интеграции и кооперации на промышленном предприятии

Помимо перечисленных, в науке не так давно используется термин «*цифровая интеграция*». Исследование этого феномена обусловлено активным распространением цифровой экономики как новой парадигмы экономического развития. В работе И. Н. Ткаченко и Е. Н. Старикова справедливо отмечается, что результатом реализации данной парадигмы являются:

¹ Вичугова А. А., Вичугов В. Н., Дмитриева Е. А., Цапко Г. П. Методы и средства интеграции информационных систем в рамках единого информационного пространства проектирования // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 5 (6). – С. 113–117; Темкина Т. А. Эволюция технологий интеграции информационных систем // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – Т. 5, № 7. – С. 151–155.

² Шайбакова Л. Ф., Иванова Д. И. Оценка тенденций и проблем инновационного развития России // Экономика и управление народным хозяйством: генезис, современное состояние и перспективы развития: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 29 ноября 2019 г.). – Воронеж: Б. и., 2019. – С. 102.

- новое качество экономического развития посредством применения цифровых технологий и способов обработки информации (большие данные);
- новые экономические виды деятельности, которые полностью опираются на цифровые технологии;
- экономические трансформации, связанные с цифровизацией экономических процессов¹.

Указанное триединство находит отражение как на макро-, так и на микроуровне, в промышленности, выражаясь в развитии такого нового процесса или состояния, как цифровая интеграция.

Анализ литературы показывает, что данный термин может использоваться по отношению к разным объектам. В качестве таковых рассматриваются не только отдельные промышленные предприятия, производственные процессы, но и межорганизационное взаимодействие на уровне отраслей, государства. Каждый из отмеченных объектов представляет интерес в рамках настоящего исследования в связи с возможностью выявления квалифицирующих признаков цифровой интеграции.

На базе работ Н. А. Куценко², А. Aagaard и F. Rezac³ можно сделать вывод, что цифровая интеграция заключается в автоматизации процессов, сквозной цифровизации всех физических активов и их включенности в цифровую экосистему на основе цифровой платформы или комплексов цифровых платформ. Такое понимание термина, на наш взгляд, применимо и в отношении промышленных предприятий. Однако необходимо уточнить, какие конкретно процессы должны подлежать цифровизации, отражая особенности деятельности объекта исследования, ведь именно они должны служить ключевым источником экономического эффекта цифровой интеграции, что важно для последующей экономической оценки. С этой

¹ Ткаченко И. Н., Стариков Е. Н. Цифровая экономика: основные тренды и задачи развития // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 247.

² Куценко Н. А. Цифровая интеграция важный вектор развития цифровой экономики // Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности. – 2019. – № 8. – С. 169–172.

³ Aagaard A., Rezac F. Governing the interplay of inter-organizational relationship mechanisms in open innovation projects across ecosystems // Industrial marketing management. – 2022. – Vol. 105. – P. 131–146.

точки зрения интересен подход, представленный в работе А. Н. Головиной и А. А. Пешковой¹, где цифровая интеграция рассматривается как самостоятельный принцип организации производства. Для более глубокого понимания данного научного подхода и определения роли указанного принципа в общей системе целесообразно рассмотреть *классические принципы организации производственной деятельности, выделяемые в экономической науке*:

1) *дифференциация* – процессы промышленного предприятия разделяются на отдельные производственные подпроцессы, операции, задачи²;

2) *специализация*³, заключающаяся в выполнении отдельными подразделениями промышленного предприятия ограниченного количества производственных подпроцессов, операций, задач для изготовления определенных деталей, заготовок, сборочных единиц, готовых изделий;

3) *концентрация*⁴, предполагающая сосредоточение аналогичных производственных подпроцессов, операций, задач для выполнения в отдельных подразделениях промышленного предприятия;

4) *комбинирование* как объединение в рамках одного подразделения конкретных производственных подпроцессов, операций, задач, которые различаются по содержанию, но являются смежными по ходу выполнения⁵;

5) *пропорциональность*⁶ – соблюдение определенного соотношения в производственной мощности подразделений промышленного предприятия⁷;

¹ Головина А. Н., Пешкова А. А. Цифровизация как новый принцип организации производства // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2023. – № 2 (38). – С. 15–24.

² Анохов И. В. Разделение труда и эволюция фирмы // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 136.

³ Сиротина Л. К. Реализация принципов организации непрерывного производства в условиях фрагментации технологического цикла // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 2 (128). – С. 77.

⁴ Баушев С. В., Брагин А. Ю., Медведева Е. Д. Экскурс в законы организации производства и их современная интерпретация // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 8. – С. 33.

⁵ Кононков П. Комбинирование как форма организации производства естественной монополии // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2012. – № 3. – С. 72.

⁶ Мачуков М. О., Захарова Л. Н. Организация производства на предприятии // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 2-1 (53). – С. 194.

⁷ Кушимов А. Т., Сафиуллин Н. З. Показатели эффективности производства инновационной продукции машиностроения в условиях кооперации // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 346.

б) *прямоточность* – выполнение производственных подпроцессов, операций, задач осуществляется последовательно с наибольшей скоростью достижения производственного результата¹, включая организацию правильной логистики товарно-материальных ценностей², предполагая сбережение времени и экономию расстояния³;

7) *параллельность* как одновременное выполнение ряда производственных подпроцессов, операций, задач, а также формирование резервов производственных ресурсов⁴;

8) *универсализация*, заключающаяся в выполнении отдельными подразделениями промышленного предприятия широкого круга производственных подпроцессов, операций, задач для изготовления разнообразного ассортимента деталей, заготовок, сборочных единиц, готовых изделий за счет применения универсального оборудования и оснастки, привлечения рабочих-универсалов высокой квалификации⁵;

9) *непрерывность*⁶, предполагающая безостановочное выполнение производственных подпроцессов, операций, задач;

10) *ритмичность* как выполнение определенного круга производственных подпроцессов, операций, задач через равные промежутки времени с учетом производственной мощности промышленного предприятия⁷.

¹ Каляев И. А., Капустян С. Г. Принципы организации и функционирования безлюдного роботизированного производства с децентрализованным диспетчером // XII мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2019): материалы XII мультиконференции по проблемам управления (МКПУ-2019) (Дивноморское, Геленджик, 23–28 сентября 2019 г.): в 4 т. – Дивноморское, Геленджик: ЮФУ, 2019. – Т. 3. – С. 16.

² Аймагамбетов Е. Б., Гельманова З. С., Осик Ю. И. Организация производства в соответствии с логистическими принципами // Инновационное развитие территорий: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Череповец, 26 февраля 2016 г.). – Череповец: ЧГУ, 2016. – С. 112–115.

³ Русакова Е. В. Основные принципы и направления повышения производственной мощности и эффективности организации производства // Управление экономическими системами. – 2015. – № 7 (79). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24124190> (дата обращения: 14.02.2023).

⁴ Павлова А. В., Вьюков М. Г. К вопросу о трансформации структуры факторов современного производства // Вопросы отраслевого управления. – 2013. – № 1 (1). – С. 64.

⁵ Буранова Е. А., Чернышов И. Н. Планирование и организация деятельности в системе управления промышленным предприятием: монография. – Рязань: ИП Колупаева Е. В., 2021. – С. 117.

⁶ Сиротина Л. К. Реализация принципов организации непрерывного производства в условиях фрагментации технологического цикла // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 2 (128). – С. 77–78.

⁷ Бражников М. А., Хорина И. В. Потери времени в управлении ритмичностью производства // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Экономические науки. – 2013. – № 3 (9). – С. 125–131.

В дополнение к перечисленным в работе А. Н. Головиной и А. А. Пешковой¹ выделен еще один принцип – *цифровая интеграция производства* как организация единого цифрового пространства, объединяющего элементы производства в электронном виде на основе необходимого объема ресурсов определенного качества, что позволяет осуществлять эффективное управление производственной деятельностью за счет построения оптимальных цепочек производственных процессов.

В современном мире для промышленных предприятий данный принцип имеет большое значение, поскольку для организации, планирования, контроля производственной деятельности зачастую применяются такие цифровые технологии, как большие данные, упорядоченные посредством корпоративной информационной системы (далее – КИС)². В настоящей диссертации в качестве последней рассматривается такой класс автоматизированных систем, как ERP (enterprise resource planning), применяемый для планирования и оптимизации всех имеющихся на промышленном предприятии видов активов и ресурсов³, а также оперативного доступа к информации в целях принятия эффективных управленческих решений⁴. Список известных производителей и поставщиков данных систем и анализ их преимуществ и недостатков представлен в работах Е. Ю. Виноградовой, А. И. Галимовой⁵.

В целях развития принципа цифровой интеграции производства и последующей оценки экономического эффекта от его реализации, по мнению автора, следует

¹ Головина А. Н., Пешкова А. А. Цифровизация как новый принцип организации производства // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2023. – № 2 (38). – С. 15–24.

² Виноградова Е. Ю., Галимова А. И. Различие стадий жизненного цикла компании как основа создания корпоративной системы // Human progress. – 2021. – Т. 7, № 2. – URL: http://progress-human.com/images/2021/Tom7_2/Vinogradova.pdf (дата обращения: 15.05.2023).

³ Виноградова Е. Ю., Галимова А. И. Принципы формирования корпоративной информационной системы для внедрения на российских предприятиях // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2017. – № 2 (70). – С. 112.

⁴ Плахин А. Е., Максимова О. В. Совершенствование инструментария поддержки принятия управленческих решений в корпоративных информационных системах промышленных предприятий // VI-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов: материалы IV Междунар. науч.-практ. очно-заочной конф. (Екатеринбург, 1 декабря 2016 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2016. – С. 189.

⁵ Виноградова Е. Ю., Галимова А. И. Принципы формирования корпоративной информационной системы для внедрения на российских предприятиях // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2017. – № 2 (70). – С. 113; Виноградова Е. Ю., Галимова А. И. Разработка унифицированной методики создания информационной системы экономического планирования и управления на предприятии // Управленец. – 2017. – № 5 (69). – С. 90–91.

уточнить перечень производственных процессов, подлежащих исследованию в рамках настоящей диссертации, а также сформулировать индикатор, достижение которого будет свидетельствовать о выполнении принципа цифровой интеграции производственной деятельности.

На примере предприятий машиностроения, учитывая жизненный цикл изделий (машин, сборочных единиц, деталей), можно выделить следующие производственные процессы¹:

– научно-технические процессы, включающие конструкторскую и техническую подготовку производства, в том числе оснащение производственным оборудованием и оснасткой, а также календарное планирование производства;

– производственно-технологические процессы – литейные, механические, отделочные, сборочные операции, снабжение сырьем, материалами и полуфабрикатами, сборка и упаковка изделий, технический контроль качества продукции, логистика.

Еще один элемент, который подлежит уточнению в рамках настоящей диссертации, – это индикатор, достижение которого свидетельствует о выполнении принципа цифровой интеграции производственных процессов. В обобщенном смысле под ним понимается определенное состояние объекта. Например, его оптимизация² как обеспечение более эффективного состояния функционирования бизнес-процессов в рамках их взаимодействия друг с другом для достижения прогрессивного внутреннего и внешнего развития промышленного предприятия, увеличения прибыли за счет разумного уменьшения издержек.

На базе данного определения, а также общепринятой дефиниции в качестве *индикатора цифровой интеграции* автор диссертации понимает *оптимальное объединение всех информационных потоков о научно-технических и производственно-технологических операциях и работах в целях достижения состояния их взаимо-*

¹ Скворцов В. Ф. Основы технологии машиностроения. – Томск: ТПУ, 2012. – С. 17; Смышляева Е. Г. Организация производственного процесса как часть стратегии развития промышленного предприятия // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 352.

² Ткаченко И. Н., Кизиков И. В. Оптимизация бизнес-процессов интегрированных холдинговых структур // Управленец. – 2011. – № 3–4 (19–20). – С. 40–46.

связанности. Это является главной целью организации корпоративной информационной системы на промышленном предприятии, что справедливо отмечается в работе А. М. Батьковского и А. В. Фоминой¹. В случае недостижения указанного индикатора считается, что принцип цифровой интеграции производственных процессов не выполнен, в результате чего промышленное предприятие может нести дополнительные издержки.

Выявление индикатора оптимального объединения позволяет сделать вывод, что цифровая интеграция на промышленном предприятии может пониматься не только как процесс либо принцип организации производства (согласно существующим исследованиям), но и как определенное состояние объекта, с точки зрения автора диссертации (рисунок 5).



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 5 – Подходы к пониманию термина «цифровая интеграция» на промышленном предприятии

Кроме того, следует уточнить компоненты информационного потока, которые подлежат оптимальному объединению на базе КИС (рисунок 6).

По мнению автора диссертации, к ним относятся:

– *научно-технические и производственно-технологические операции и работы* в виде минимальной единицы трудовой деятельности²;

¹ Батьковский А. М., Фомина А. В. Информационное обеспечение автоматизированных систем управления на предприятиях оборонно-промышленного комплекса // Экономические исследования и разработки. – 2020. – № 6. – С. 98–99.

² Красников Г. Я., Горнев Е. С., Матюшкин И. В. Общая теория технологии и микроэлектроника: часть 3. Уровень технологической операции // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. – 2018. – № 3 (171). – С. 64.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 6 – Компоненты информационного потока в КИС, подлежащие цифровой интеграции на промышленном предприятии

– *экономические активы*¹ как имущество, задействованное при выполнении производственных процессов и принадлежащее промышленному предприятию на праве собственности, в том числе используемые цифровые технологии, основные производственные фонды, запасы и пр.;

– *прочие ресурсы промышленного предприятия*, а именно источники и средства обеспечения производственного процесса, включая трудовые, финансовые ресурсы².

Выявление компонентов информационного потока, а также индикатора оптимального объединения позволяет уточнить сущность цифровой интеграции производственных процессов (на примере машиностроительной отрасли) следующим образом: *цифровая интеграция производственных процессов заключается в обеспечении состояния связанности научно-технических и производственно-технологических операций и работ на основе оптимального объединения всех информационных потоков об их выполнении, включая сведения о задействованных экономических активах и иных видах ресурсов промышленного предприятия, посредством применения корпоративной информационной системы.*

¹ Гомбоева А. Н. Активы как объекты бухгалтерского учета: интерпретация и классификация // Управленческий учет. – 2022. – № 10-1. – С. 35–42.

² Салтанова А. Г. Понятие и состав экономических, финансовых ресурсов предприятия // Инновации в науке и практике: сб. науч. ст. по материалам III Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 14 августа 2020 г.). – Уфа: Вестник науки, 2020. – С. 56.

Для более глубокого понимания данного состояния также необходимо определить его взаимосвязь с такими устоявшимися терминами, как «цифровая экономика», «цифровая трансформация», «цифровое решение», в целях определения степени влияния каждого из них на выполнение научно-технических и производственно-технологических процессов промышленного предприятия в условиях цифровизации. Так, *термин «цифровая экономика»* понимается автором диссертации в дефиниции, предложенной коллективом НИУ ВШЭ, как «*деятельность по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг*»¹, в рамках которой цифровые технологии – это «технологии сбора, хранения, обработки, поиска, передачи и представления данных в электронном виде»², в том числе «большие данные, квантовые технологии, компоненты робототехники и сенсорики, нейротехнологии и искусственный интеллект, новые производственные технологии, промышленный Интернет, системы распределенного реестра, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальности»³. Развитие данного подхода также можно найти в работах Л. А. Ватутиной, Е. Ю. Злобина и Е. Б. Хоменко⁴, Н. В. Новиковой⁵, Е. Б. Хоменко и Е. В. Борняковой⁶.

¹ Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апрель. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 9–12 апреля 2019 г.) / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг и др. – М.: ВШЭ, 2019. – С. 13.

² Там же. – С. 13.

³ Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апрель. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 9–12 апреля 2019 г.) / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг и др. – М.: ВШЭ, 2019. – С. 14.

⁴ Ватутина, Л. А., Злобина Е. Ю., Хоменко Е. Б. Цифровизация и цифровая трансформация бизнеса: современные вызовы и тенденции // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2021. – Т. 31, № 4. – С. 545–551.

⁵ Новикова Н. В. Новая индустриализация Уральского макрорегиона в условиях цифровизации экономики // Новая индустриализация России: экономика – наука – человек – природопользование: сб. науч. тр. VII Уральских научных чтений профессоров и докторантов (Екатеринбург, 4–5 февраля 2020 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2020. – С. 49–54.

⁶ Хоменко Е. Б. Перспективы и вызовы развития цифровой экономики в России // Актуальные вопросы экономики и финансов: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. (Ижевск, 20 ноября 2020 г.). – Ижевск: УДГУ, 2020. – С. 146–151; Хоменко Е. Б. Цифровая экономика: актуальные вопросы теории и практики // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2021. – Т. 31, № 1. – С. 45–52; Хоменко Е. Б., Борнякова Е. В. Цифровая экономика: новые компетенции и актуальные для современной молодежи навыки // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2022. – Т. 32, № 1. – С. 95–101.

Базируясь на данных определениях, можно сделать вывод, что цифровая экономика для промышленного предприятия означает выполнение производственных процессов на основе всей совокупности перечисленных цифровых технологий в зависимости от того, для какой сферы деятельности они предназначены. В то же время цифровая интеграция производственных процессов предполагает приоритет больших данных, упорядоченных посредством КИС, которая с позиции реализации исследуемого принципа является наиболее значимой цифровой технологией¹, поскольку интегрирует информацию, поступающую из всех источников, включая роботов, искусственный интеллект и пр., и позволяет достичь индикатора цифровой интеграции – оптимального объединения всей совокупности научно-технических и производственно-технологических процессов промышленного предприятия.

Помимо этого, необходимо определить взаимосвязь между цифровой интеграцией производственных процессов и цифровой трансформацией, цифровым решением. Опираясь на работы А. Н. Головиной и А. А. Пешковой², а также D. Schallmo, C. A. Willams и L. Boardman³, можно отметить следующее:

– *цифровая трансформация* – процесс преобразования (реинжиниринга) научно-технических и производственно-технологических процессов промышленного предприятия за счет внедрения цифровых технологий;

– *цифровое решение* – процесс оптимизации научно-технических и производственно-технологических процессов за счет ускорения их выполнения посредством применения цифровых технологий.

В отличие от данных понятий, цифровая интеграция не предполагает акцента на каком-либо изменении процессов промышленного предприятия, а ставит целью обеспечить состояние их связанности на основе корпоративной информационной системы для повышения экономической эффективности.

¹ Ren S., Zhang Y., Liu Y. et al. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework, challenges and future research directions // Journal of cleaner production. – 2019. – Vol. 210. – P. 1343–1365.

² Головина А. Н., Пешкова А. А. Потенциал цифровых решений на промышленном предприятии: теория, методология, практика / под ред. Я. П. Силина. – Екатеринбург: ТРИКС, 2021. – 164 с.

³ Schallmo D., Willams C. A., Boardman L. Digital transformation of business models-best practice, enabler, and roadmap // International journal of innovation management. – 2018. – Vol. 21, no. 8. – Art. no. 1740014.

Таким образом, взаимосвязь всех перечисленных смежных понятий можно представить следующим образом (рисунок 7).



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 7 – Взаимосвязь цифровой интеграции производственных процессов с цифровой экономикой, цифровой трансформацией, цифровыми решениями на промышленном предприятии¹

Определив соотношение со смежными понятиями в области цифровизации, необходимо установить сущность экономического эффекта от достижения исследуемого состояния.

¹ Ваулин А. С. О взаимосвязи ключевых понятий в области цифровизации промышленных предприятий // XXXVI международные Плехановские чтения: сб. ст. аспирантов и молодых ученых (Москва, 30–31 марта 2023 г.). – М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2023. – С. 23–27.

1.2 Экономический эффект цифровой интеграции производственных процессов, его сущность и источники формирования

В науке накоплено значительное количество трудов, посвященных исследованию сущности экономического эффекта и создания добавленной стоимости в деятельности промышленного предприятия, в рамках теории эффективности, включая изучение эффектов цифровизации¹. Среди них следует отметить работы В. Ж. Дубровского и его коллег², Ю. А. Лимаревой и П. В. Лимарева³, М. В. Мейера⁴, С. Н. Нечаевой и В. Б. Малицкой⁵, А. Г. Мокроносова и Е. М. Зайцевой⁶, А. Е. Плахина и И. О. Блинкова⁷, М. В. Подшиваловой и И. С. Пылаевой⁸, Х. У. де Сото⁹,

¹ Bhatia M. S., S. Kumar Critical success factors of industry in automotive manufacturing industry // IEEE transactions on engineering management. – 2022. – Vol. 69, no. 5. – P. 2439–2453.

² Дубровский В. Ж., Иванова Е. М., Чупракова Н. В. Проблемы оценки эффективности деятельности предприятий ОПК // Journal of new economy. – 2019. – Т. 20, № 5. – С. 92–107; Мионов Д. С., Дубровский В. Ж. Сетевые промышленные структуры: от институциональных барьеров к эффективному управлению инновационным развитием: монография. – Казань: Бук, 2018. – 302 с.

³ Лимарева Ю. А., Лимарев П. В. Эволюция категории «эффективность» в экономической науке // Universum: экономика и юриспруденция. – 2014. – № 4 (5). – URL: <https://7universum.com/ru/economy/archive/item/1169> (дата обращения: 15.07.2023).

⁴ Мейер М. В. Оценка эффективности бизнеса: что будет после Balanced Scorecard? / пер. с англ. А. О. Корсунского. – М.: Вершина, 2004. – 269 с.

⁵ Нечаева С. Н., Малицкая В. Б. Оценка факторов экономической эффективности на микроуровне // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2010. – № 3. – С. 83–88.

⁶ Мокроносов А. Г., Зайцева Е. М. Предлагаемые пути усовершенствования системы сбалансированных показателей применительно к оценке эффективности управления сферой малого и среднего предпринимательства // Вопросы управления. – 2021. – № 4 (71). – С. 62–77.

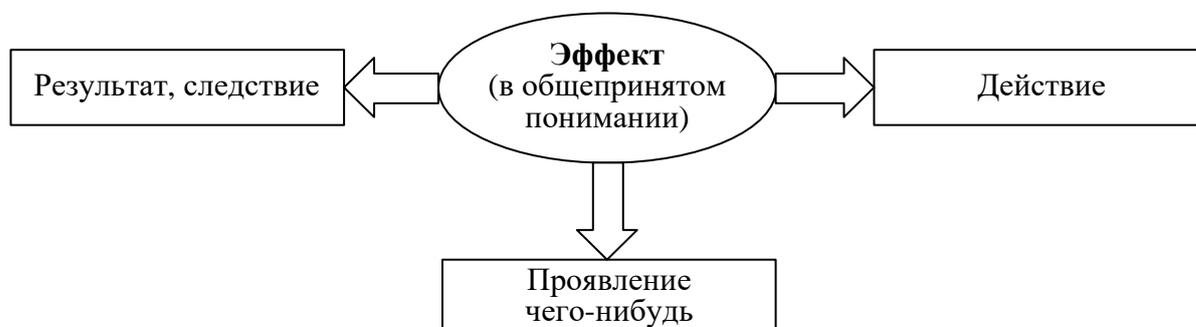
⁷ Плахин А. Е., Блинков И. О. Эффекты межсубъектного взаимодействия участников промышленной экосистемы // Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 12 мая 2022 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2022. – С. 140–142.

⁸ Подшивалова М. В., Пылаева И. С. Бизнес-модели фабрик будущего: идентификация и экономико-математическое описание // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 106–114.

⁹ Сото У. Х. де. Социально-экономическая теория динамической эффективности / пер. с англ. В. Кошкина. – Челябинск: Социум, 2011. – 407 с.

В. В. Спицына¹, А. Д. Шафронова², S. Kalogiannidis и др.³, V. Fremont⁴, S. Phuyal и др.⁵, F. T. Piller, K. Moeslein, C. M. Stotko⁶, K. Śledziwska и R. Włoch⁷.

Анализ трудов перечисленных ученых показывает, что нет единого подхода к пониманию сущности экономического эффекта (рисунок 8).



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 8 – Общепринятые подходы к пониманию сущности эффекта

В трудах Х. Я. Галлиулина и Г. П. Ермакова отмечается, что в обобщенном смысле эффект происходит от латинского слова «effectus» или «efficio», буквально означающего «исполнение, действие» или «исполняю, действую»⁸. В Словаре рус-

¹ Спицын В. В. Методологический подход к оценке эффективности развития сложных социально-экономических систем // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2017. – Т. 7, № 4А. – С. 25–32.

² Шафронов А. Д. Экономический рост и эффективность производства // Вестник Брянского государственного университета. – 2015. – № 1. – С. 336–340.

³ Kalogiannidis S., Kalfas D., Chatzitheodoridis F., Kontsas S. The impact of digitalization in supporting the performance of circular economy: a case study of Greece // Journal of risk and financial management. – 2022. – Vol. 15, no. 8. – URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/15/8/349> (дата обращения: 14.04.2023).

⁴ Fremont V. The digital transformation of the manufacturing industry: metamorphic changes and value creation in the industrial network: digital comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology. – Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis, 2021. – 124 p.

⁵ Phuyal S., Bista D., Izykowski Ja., Bista R. Design and implementation of cost-efficient SCADA system for industrial automation // International journal of engineering and manufacturing. – 2020. – Vol. 10, no. 2. – P. 15–28.

⁶ Piller F. T., Moeslein K., Stotko C. M. Does mass customization pay? An economic approach to evaluate customer integration // Production planning & control. 2004. – Vol. 15, no. 4. – P. 435–444.

⁷ Śledziwska K., Włoch R. The economics of digital transformation: the disruption of markets, production, consumption, and work. – London: Imprint Routledge, 2021. – 304 p.

⁸ Галиуллин Х. Я., Ермаков Г. П. Эффект как категория теории эффективности // Проблемы современной экономики. – 2013. – № 4 (48). – С. 121.

ского языка С. И. Ожегова эффект трактуется как результат или следствие чего-либо¹.

В Современном экономическом словаре под эффектом понимается «достигаемый результат в его материальном, денежном, социальном (социальный эффект) выражении»². Однако данное определение не полностью раскрывает сущность исследуемого понятия по следующим причинам³.

Во-первых, не ясно, в чем выражается результат эффекта, а следовательно, что подлежит дальнейшему измерению. Это может быть результат какой-то деятельности (например, натуральный объем производства в результате действий рабочих и машин, или выручка от продажи продукции, или затраты как результат оплаты товаров, работ, услуг) либо приращение или снижение в результате каких-либо действий. Например, в качестве эффекта может рассматриваться изменение объема прибыли вследствие технического перевооружения, внедрения цифровых технологий и т. д. Иными словами, эффект будет выражаться не в отдельном результате, а в разности результатов (между выручкой и затратами).

Во-вторых, не понятно, что означает «достигаемый» результат, т. е. имеется в виду законченный, осуществленный или запланированный к получению.

В связи с этим в трудах Х. Я. Галиулина и Г. П. Ермакова дается следующее уточнение понятия «эффект» – «это проявление чего-нибудь, что при определенных условиях приводит к формированию нового объекта или изменению характеристик (свойств) старого объекта в конкретных границах пространства и времени»⁴; «например, сырье в виде хлопка (старый объект) под воздействием человека (применяемая организация производства и труда) превращается (формируется) в ткань (новый объект). Модернизация оборудования приводит к изменению его характеристик (свойств), в частности, его производительности»⁵.

¹ Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка: 100 000 слов, терминов и выражений / под общ. ред. Л. И. Скворцова. – 28-е изд., перераб. – М.: Мир и образование, 2015. – 1375 с.

² Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. – 2-е изд., испр. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.

³ Галиуллин Х. Я., Ермаков Г. П. Эффект как категория теории эффективности // Проблемы современной экономики. – 2013. – № 4 (48). – С. 121.

⁴ Там же. – С. 122.

⁵ Там же.

Согласно представленному определению, справедливо отмечается следующее¹:

1) любой полученный результат является эффектом. Его сущность проявляется в создании чего-то нового (например, явления, процесса) или изменении характеристик чего-либо. Иначе говоря, должно быть начальное состояние, определенные условия и действия для его изменения и последующее новое состояние;

2) осуществление действий всегда сопровождается затратами, использованием ресурсов;

3) эффект может быть качественным, т. е. не поддающимся исчислению (например, изменение внешнего облика изделия), или количественным, измеряемым в определенных единицах (повышение прибыли, натурального объема и пр.);

4) эффект может иметь положительное или отрицательное значение, т. е. иметь позитивные либо негативные последствия.

Принимая во внимание перечисленные свойства эффекта, можно дать обобщенное определение экономического эффекта (рисунок 9): *экономический эффект* – конкретный положительный либо отрицательный стоимостной результат экономической деятельности, возникающий от использования ресурсов и вложения затрат в осуществление деятельности промышленного предприятия.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 9 – Сущность экономического эффекта

¹ Галиуллин Х. Я., Ермаков Г. П. Эффект как категория теории эффективности // Проблемы современной экономики. – 2013. – № 4 (48). – С. 123.

Получение данного эффекта может сопровождаться смежными результатами:

– социальный¹ или организационный эффект² как результат экономической деятельности, оказывающий непосредственное влияние на жизнедеятельность сотрудников промышленного предприятия. Например, изменение качества жизни – рост заработной платы, содействие в обеспечении жильем, предоставление медицинских услуг, санаторно-курортное лечение, организация досуга; доступность образования – повышение квалификации, освоение смежных профессий, индивидуализация траекторий обучения³; улучшение условий труда – повышение пожарной, экологической и производственной безопасности, организация рабочих мест в соответствии с современными требованиями;

– производственный эффект как результат экономической деятельности, проявляемый в изменении средств производства и предметов труда. Например, техническое перевооружение⁴, организация высокопроизводительных рабочих мест⁵, изменение пространственной концентрации производства⁶ и пр.

Традиционные источники положительного экономического эффекта на промышленном предприятии согласно исследованию А. Т. Кушимова и Н. З. Сафиуллина⁷ представлены на рисунке 10:

¹ Мананникова О. Н., Потокина С. А., Климова Д. Н. Развитие социальной сферы в условиях цифровизации экономики // Глобальные проблемы модернизации национальной экономики: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Тамбов, 13 апреля 2020 г.). – Тамбов: Державинский, 2020. – С. 175–180.

² Kuusisto M. Organizational effects of digitalization: a literature review // International journal of organization theory and behavior. – 2017. – Vol. 20, no. 3. – P. 341–362.

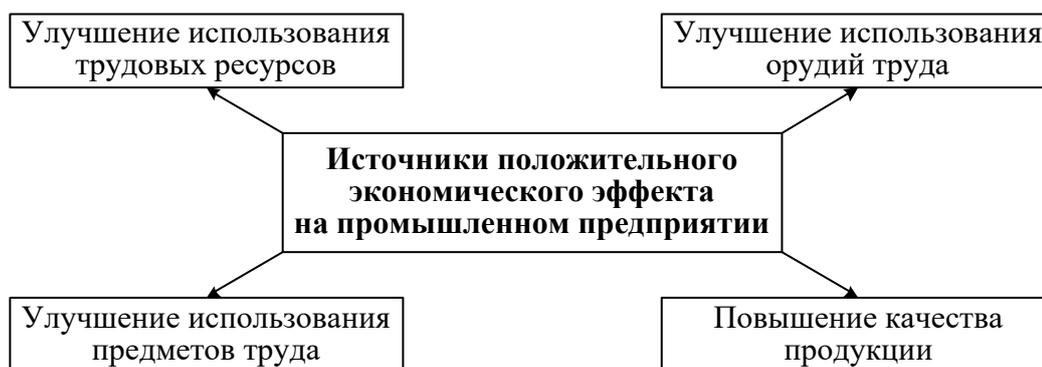
³ Зяблов А. А. Цифровизация социально-экономических процессов в контексте перехода к постиндустриальной экономике // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 10 июня 2022 г.). – М.: Ирок, Алеф, 2022. – С. 393.

⁴ Гуринов А. В., Рощин В. Н., Суслов В. Г., Наумов В. В. Расчет экономического эффекта от проведения технического перевооружения литейного производства // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № S11. – С. 91–106.

⁵ Волкова Н. Н., Романюк Э. И. Сравнение методик определения высокопроизводительных рабочих мест // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2015. – № 5. – С. 89–97. – EDN UMLXFN.

⁶ Лапо В. Ф. Моделирование эффектов пространственной концентрации производства: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13. – Новосибирск, 2006. – 37 с.

⁷ Кушимов А. Т., Сафиуллин Н. З. Показатели эффективности производства инновационной продукции машиностроения в условиях кооперации // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 346–349.



Примечание – Составлено автором по: Кушимов А. Т., Сафиуллин Н. З. Показатели эффективности производства инновационной продукции машиностроения в условиях кооперации // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 346–349.

Рисунок 10 – Традиционные источники положительного экономического эффекта на промышленном предприятии

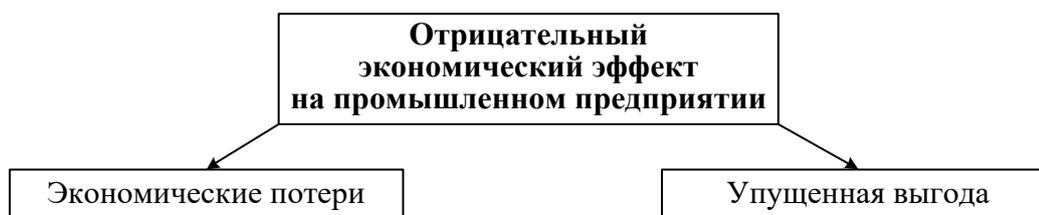
– *улучшение использования трудовых ресурсов* (снижение потерь рабочего времени, сокращение длительности выполнения подпроцессов, задач, операций, повышение уровня квалификации работников, пропорциональный состав персонала, снижение коэффициента текучести кадров);

– *улучшение использования орудий труда* (повышение загрузки оборудования, снижение длительности пребывания оборудования в ремонте без снижения качества труда, уменьшение времени простоев оборудования по непредвиденным обстоятельствам);

– *улучшение использования предметов труда* (снижение длительности производственного цикла, уменьшение периода освоения производства новых видов продукции, снижение объема запасов и заделов, сокращение затрат и времени на транспортировку);

– *повышение качества продукции* (снижение экономических потерь в результате производственного брака, снижение времени переналадки оборудования).

Однако достижение положительного экономического эффекта может быть нивелировано наличием ряда рисков, что приводит к дополнительным издержкам или упущенной выгоде (рисунок 11).



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 11 – Виды отрицательного экономического эффекта на промышленном предприятии

Анализ научной литературы позволяет выделить шесть основных этапов в мировой эволюции подходов к оценке возможных экономических потерь¹:

1) пророческий (Древний Рим, Древний Китай). Первое подобие анализа экономических потерь заключалось в подготовке гадальных прогнозов и практических советов для великих правителей тех времен;

2) эмпирический (XV–XVII вв.). Экономические потери рассматривались с точки зрения вероятности их наступления в результате исхода азартных игр, а также связывались с развитием страхового бизнеса в связи с активным становлением мировой торговли, банковского дела;

3) статистический (XVIII в.). Разработаны методы выявления и прогнозирования экономических потерь (закон больших чисел и процедуры статистики, стандартное отклонение, ожидаемая полезность и пр.);

4) научный (XVIII–XX вв.). Всестороннее научное исследование экономических потерь, становление теории принятия решений в условиях неопределенности, теории ожиданий, теории общественного выбора;

5) технологический (XX в.). В условиях гонки вооружений, усиления глобальных экологических проблем получили развитие способы минимизации и предотвращения экономических потерь;

¹ Ваулин А. С. Эволюция научно-практических подходов к анализу экономических потерь цифровых интеграций на промышленных предприятиях // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России: материалы IV Уральского экономического форума (Екатеринбург, 20–21 октября 2022 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2022. – С. 154–157.

б) прикладной (с конца XX в. по настоящее время). Практическое применение теории анализа экономических потерь на основе синтеза актуальных направлений и школ, моделей и методов их выявления, оценки, прогнозирования и минимизации.

Эволюция данных подходов тесно связана с теорией экономических рисков, основоположниками которой считаются Дж. С. Милль, А. Смит, Н. Сениор и Ф. Найт. Классическая школа, базирующаяся на их трудах, занималась исследованием потерь в результате экономического действия, осуществления выбранного решения¹. Неоклассическая теория (А. Маршалл, А. Пигу и Я. Магнуссен) обращает внимание на взаимосвязь колебаний прибыли и величины риска. Предельно полезным считалось максимально точно определить прогнозируемую прибыль, нежели ее ожидаемую величину, подверженную серьезным колебаниям². Дж. М. Кейнс дополнил теорию экономических рисков фактором азарта, объясняющим готовность предпринимателя идти на больший риск ради прибыли и удовольствия³. Дж. фон Нейман в рамках теории игр отметил, что экономические потери связаны с неопределенностью, выраженной в неясности намерений других игроков. Поэтому условием снижения потерь является познание стратегии противника посредством переговоров и некоторого торга⁴.

Современная теория экономического риска представлена такими учеными, как Г. Марковитц, П. Бернштейн, Р. Верстерфилд, Дж. Джаффе, Д. Канеман, С. Росс, Э. Тверски. Так, Гарри Марковитц обратил внимание на методы снижения экономических потерь за счет диверсификации инвестиционного портфеля, оценки соотношения уровня риска и доходности на вложенный капитал⁵. Р. Верстерфилд, Дж. Джаффе, С. Росс рассматривали риск экономических потерь как неопределенность в отношении перспективных результатов и оценивали величиной отклонения

¹ Баранников А. Л., Данилина М. В. Риск-менеджмент. – М.: Русайнс, 2017. – С. 8.

² Там же. – С. 9.

³ Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег: пер. с англ. – М.: Прогресс, 1978. – 494 с.

⁴ Нейман Д. фон. Теория игр и экономическое поведение: пер. с англ. – М.: Наука, 1970. – 707 с.

⁵ Markowitz H. The utility of wealth // Journal of political economy. – 1952. – Vol. 60. – P. 151–162.

фактического уровня показателей доходности от среднего значения¹. Д. Канеман, Э. Тверски отметили, что предприниматели отвергают не сам риск, а вероятные экономические потери, связанные с ним².

Значительные исследования в области развития теории экономического риска проведены и отечественными учеными. А. Л. Баранников и М. В. Данилина отмечают, что содержание экономических потерь отличается от других видов тем, что они проявляются только при принятии хозяйственных решений в условиях неопределенности³. По их мнению, в упрощенном смысле под экономическим риском необходимо понимать «вероятность отклонения прибыли от ожидаемого значения в силу действия различных объективных и субъективных факторов неопределенности»⁴.

Таким образом, в целях проведения дальнейших исследований, принимая во внимание обобщенное определение экономического эффекта и источники его формирования либо нивелирования, необходимо систематизировать основные этапы эволюции научных подходов к пониманию сущности экономического эффекта для промышленного предприятия (таблица 1).

Таблица 1 позволяет отметить, что существует два основных подхода к пониманию сущности экономического эффекта – экстенсивный и интенсивный. Последний является актуальным в настоящее время. Его активное применение началось с переходом к рыночной экономике, а также в условиях обострения экологических проблем, подчеркивающих необходимость рационального использования ресурсов⁵.

¹ Росс С., Вестерфилд Р., Джордан Б. Основы корпоративных финансов: ключ к успеху коммерческих организаций – финансовое планирование и управление: пер. с англ. – М.: Лаб. баз. знаний, 2000. – 718 с.

² Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: an analysis of decision under risk // *Econometrica*. – 1979. – Vol. XLVII. – P. 263–291.

³ Баранников А. Л., Данилина М. В. Риск-менеджмент. – М.: Русайнс, 2017. – С. 11.

⁴ Там же.

⁵ Орехова С. В., Завьялова М. Ю. Устойчивое развитие промышленного предприятия в условиях глобальных изменений // Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития = Management and Entrepreneurship in the Sustainable Development Paradigm (MESDP-2021): материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 27 мая 2021 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2021. – С. 157–158.

Таблица 1 – Эволюция подходов к пониманию сущности экономического эффекта для промышленных предприятий в отечественной науке

Этап	Наименование подхода и период	Суть подхода
1	Экстенсивный подход (XX в.)	В советский период в качестве факторов роста промышленного предприятия применялись экстенсивные методы экономического развития (за счет количественного расширения производственной деятельности ¹), в связи с этим в качестве экономического эффекта рассматривался рост объемов производства, основных производственных фондов, материально-производственных запасов, численности персонала
2	Интенсивный подход (с конца XX в. по настоящее время)	С переходом к рыночной экономике, а также в условиях повышенного внимания к экологическим проблемам, связанным с необходимостью рационального использования ресурсов, основным фактором роста становится применение интенсивных методов (за счет повышения прогрессивности техники и технологий, квалификации персонала ²), в связи с чем получает развитие теория эффективности, где в качестве экономического эффекта традиционно рассматривается прибыль от использования ресурсов промышленного предприятия. Получают развитие рыночный подход и его модификации
2.1	Рыночный подход	Нацеленность на достижение запланированного положительного экономического эффекта (прибыли) от вложения затрат в базовые виды ресурсов промышленного предприятия, включая основные производственные фонды, материально-производственные запасы, трудовые и иные ресурсы, с учетом нивелирования возможных экономических потерь от разных рискованных ситуаций
2.2	Рыночный подход в сочетании с цифровой экономикой	Стремление к получению дополнительного положительного экономического эффекта за счет увеличения производительности труда и снижения затрат в базовые виды ресурсов промышленного предприятия в результате ускорения процессов обработки информации и выполнения операций, активного внедрения цифровых технологий в различные сферы деятельности предприятия ³

¹ Петрухин А. Б., Филимонова Н. М., Капустина Н. В. Принципы организации производственных процессов в целях повышения экономической безопасности предприятия // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 6 (378). – С. 286.

² Там же.

³ Туменова С. А., Мамбетова Ф. А. Управление цифровой трансформацией экономики: максимизация эффектов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 3 (95). – С. 92–97; Уколов В. Ф., Афанасьев В. Я., Черкасов В. В. Ключевые эффекты цифровизации и возможные потери // Вестник университета. – 2019. – № 8. – С. 55–58.

Продолжение таблицы 1

Этап	Наименование подхода и период	Суть подхода
2.3	Рыночный подход в сочетании с цифровой экономикой и цифровой интеграцией производственных процессов	Получение дополнительного положительного экономического эффекта (прибыли) за счет минимизации издержек цифровой интеграции посредством обеспечения взаимосвязанности научно-технических и производственно-технологических процессов на основе оптимального объединения всех информационных потоков об их выполнении с помощью корпоративной информационной системы на промышленном предприятии
Примечание – Систематизировано автором.		

Конкурентоспособным становится то промышленное предприятие, которое обеспечивает наибольший экономический эффект при ограниченном объеме ресурсов. С течением времени различаются лишь инструменты достижения данного соотношения.

На начальном этапе внимание ученых и практиков сосредоточено на поиске способов повышения эффективности использования базовых ресурсов промышленного предприятия – основных производственных фондов (А. И. Лапонов¹, В. Н. Фуников², А. Н. Волчков³), материально-технических запасов (И. В. Бабенко⁴, Т. А. Кольцова⁵, П. И. Разиньков и О. П. Разинькова⁶), трудовых ресурсов

¹ Лапонов А. И. Повышение эффективности использования основных производственных фондов – необходимое условие дальнейшего роста эффективности общественного производства: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.01. – М., 1983. – 156 с.

² Фуников В. Н. Управление экономической эффективностью обновления основных производственных фондов в условиях ускорения НТП: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – М., 1984. – 219 с.

³ Волчков А. Н. Повышение эффективности управления инвестированием обновления основных производственных фондов предприятия: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Орел, 2006. – 154 с.

⁴ Бабенко И. В. Управление запасами как основа повышения эффективности системы материально-технического обеспечения предприятия // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-1 (80). – С. 643–648.

⁵ Кольцова Т. А. Оценка эффективности использования оборотных средств организации // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 8 (56). – С. 58–61.

⁶ Разиньков П. И., Разинькова О. П. Основные приоритеты планирования использования ресурсов предприятия // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. – 2018. – № 3. – С. 149–157.

(А. З. Дадашев и Г. В. Рябушкин¹, Е. В. Мюллер², А. А. Трутнева, В. В. Трутнев, Г. Ф. Мингалеев, В. М. Бабушкин³) за счет традиционных инструментов: внедрение объемно-календарного планирования, различных систем мотивации персонала, применения ресурсо- и энергоэффективных технологий⁴ и пр.

В условиях активного развития цифровой экономики акцент сместился на применение цифровых технологий при организации производственной деятельности промышленного предприятия, включая внедрение «умных» производств, что позволяет получить дополнительный экономический эффект за счет ускорения отдельных производственных процессов, технологических операций, повышения производительности труда, снижения операционных затрат (Е. Г. Анимица и Н. В. Новикова⁵, Т. О. Толстых, Л. А. Гамидуллаева и Е. В. Шкарупета⁶, С. В. Илькевич⁷).

Несмотря на наличие перечисленных положительных эффектов, формируется высокая зависимость от зарубежных технологий, что приводит к некоторому кризису⁸ для промышленных предприятий в условиях текущих санкционных ограничений. По состоянию на 2022 г. доля зарубежных ИТ-решений в российской промыш-

¹ Дадашев А. З., Рябушкин Г. В. Трудовые ресурсы и эффективность производства. – М.: Знание, 1990. – 128 с.

² Мюллер Е. В. Организационно-экономический механизм мотивации повышения использования трудового потенциала промышленных предприятий: монография. – Самара: СамГТУ, 2008. – 164 с.

³ Трутнева А. А., Трутнев В. В., Мингалеев Г. Ф., Бабушкин В. М. Эффективность использования трудовых ресурсов на промышленном предприятии // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2017. – Т. 73, № 4. – С. 96–101.

⁴ Кулиш С. М. Роль инновационных технологий в развитии российской промышленности // Вестник экономики, права и социологии. – 2016. – № 2. – С. 60–63.

⁵ Анимица Е. Г., Новикова Н. В. Стратегические ориентиры развития Уральского макрорегиона в условиях цифровизации экономики // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докл. XIV Междунар. конф. (Екатеринбург, 14–16 ноября 2019 г.). – Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2020. – С. 700–703.

⁶ Толстых Т. О., Гамидуллаева Л. А., Шкарупета Е. В. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях цифрового производства и Индустрии 4.0 // Экономика промышленности. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 11–19.

⁷ Илькевич С. В. Стратегия цифровой трансформации промышленных предприятий: эффекты внедрения технологий умного производства // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 210–225.

⁸ Gkeredakis M., Lifshitz-Assaf H., Barrett M. Crisis as opportunity, disruption and exposure: exploring emergent responses to crisis through digital technology // Information and organization. – 2021. – Vol. 31, iss. 1. – Art. no. 100344.

ленности составляла около 75 %¹. Актуализировалась проблема недоступности технического обслуживания применяемых цифровых технологий иностранного происхождения и зачастую невозможности их дальнейшей эксплуатации. Возникла необходимость в цифровом перевооружении промышленности (импортозамещении²), а также цифровой трансформации процессов, что является непростой задачей и сопровождается рядом проблем³, характерных не только для инвестиционной стадии (в виде значительных капитальных вложений⁴), но и операционной фазы.

Так, на этапе промышленной эксплуатации может потребоваться увеличение штата сотрудников, задействованных в заведении многочисленных производственных данных в корпоративную информационную систему в целях оптимального объединения научно-технических и производственно-технологических процессов, либо отвлечение действующего персонала для выполнения данных работ. Это, в свою очередь, приводит к росту операционных затрат, связанных с обеспечением цифровой интеграции.

Кроме того, ряд проблем может быть связан с наличием барьеров цифровой трансформации⁵.

Согласно комплексному исследованию «Тренды и технологии 2030»⁶, к ним относятся (рисунок 12):

¹ Ваулин А. С., Головина А. Н. Сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии // *Экономические науки*. – 2022. – № 216. – С. 204.

² Анимица Е. Г., Анимица П. Е., Глумов А. А. Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты // *Экономика региона*. – 2015. – № 3 (43). – С. 160–172.

³ Brink H., Packmohr S. Analyzing barriers to digital transformation in the German engineering industry – a comparison of digitalized and non-digitalized enterprises // *Hawaii international conference on system sciences*. – 2022. – P. 4849–4858; Vogelsang K., Brink H., Packmohr S. Measuring the barriers to the digital transformation in management courses – a mixed methods study // *Lecture notes in business information processing this*. – 2020. – Vol. 398. – P. 19–34.

⁴ Schönfuß B., McFarlane D., Hawkrigde G. at el. A catalogue of digital solution areas for prioritising the needs of manufacturing SMEs // *Computers in industry*. – 2021. – Vol. 133. – Art. no. 103532.

⁵ Perno M., Hvam L., Haug A. Implementation of digital twins in the process industry: a systematic literature review of enablers and barriers // *Computers in industry*. – 2022. – Vol. 134. – Art. no. 103558; Романова О. А., Сиротин Д. В. Проблемы цифровизации отечественной металлургии в условиях санкционного давления // *Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сб. науч. ст.* – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2022. – С. 185–205.

⁶ Технологии & тренды 2030 / *Digital Leader*. – URL: https://research.digitalleader.org/ru/trendstechnologies?utm_source=report&utm_medium=email&utm_campaign=marina&utm_content=1906 (дата обращения: 20.07.2023).

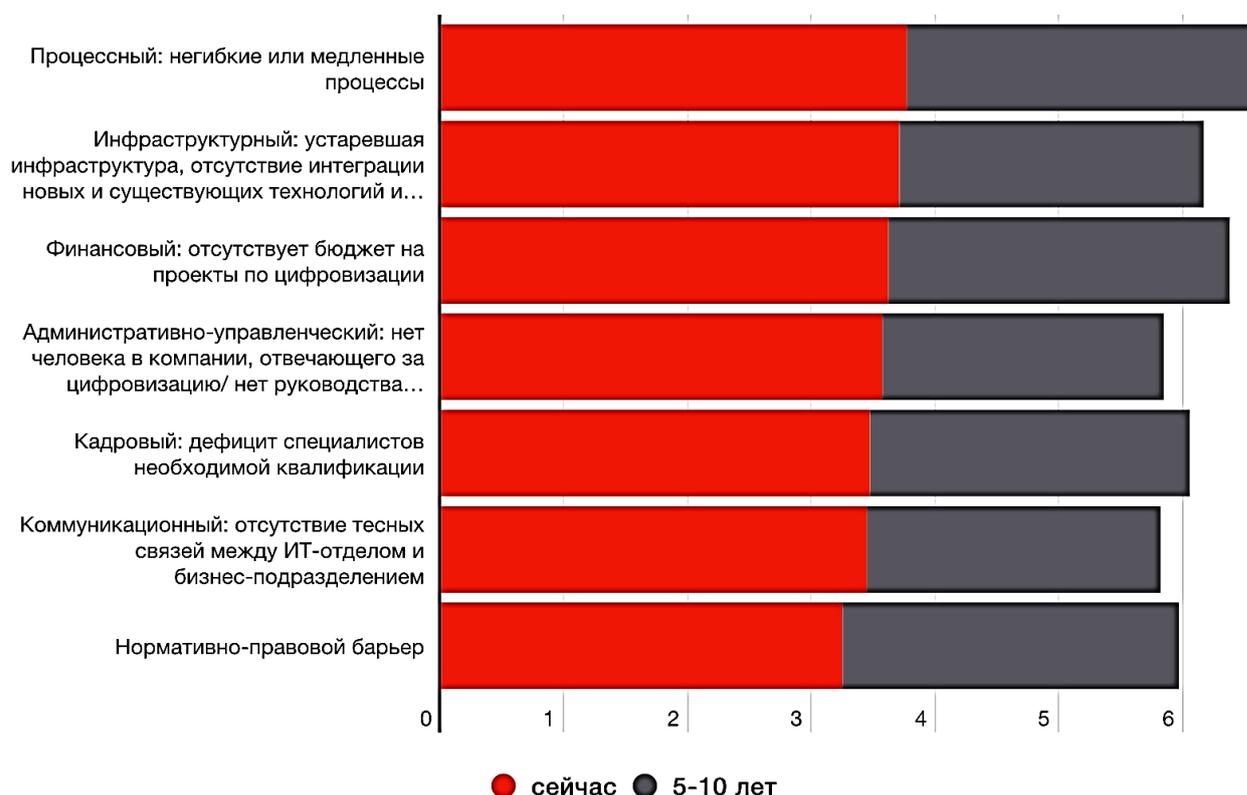


Рисунок 12 – Средний балл оценки влияния барьеров на развитие цифровой трансформации в России (по шкале от 0 до 5)¹

– *процессный барьер*, заключающийся в недостаточной скорости и гибкости научно-технических и производственно-технологических процессов;

– *инфраструктурный барьер*, затрудняющий синхронизацию данных между существующими и вновь внедряемыми цифровыми технологиями на промышленном предприятии;

– *финансовый барьер* в виде дефицита ресурсов на реализацию проектов цифровой трансформации;

– *административно-управленческий барьер*, заключающийся в отсутствии эффективного распределения полномочий и ответственности за проведение циф-

¹ Технологии & тренды 2030 / Digital Leader. – URL: https://research.digitalleader.org/ru/trendstechnologies?utm_source=report&utm_medium=email&utm_campaign=marina&utm_content=1906 (дата обращения: 20.07.2023).

ровизации, а также недостаточное развитие способностей менеджеров по цифровому преобразованию бизнес-моделей¹;

– *кадровый барьер* как недостаточная обеспеченность высококвалифицированными кадрами по направлению разработки, внедрения и сопровождения корпоративной информационной системы для промышленных предприятий;

– *коммуникационный барьер* в виде отсутствия отлаженного взаимодействия специалистов отдела информационных технологий с иными подразделениями промышленного предприятия, отвечающих за непосредственное выполнение бизнес-процессов с использованием конкретных цифровых инструментов;

– *нормативно-правовой барьер*, сопровождающийся недостаточной проработкой стандартов и регламентов применения корпоративной информационной системы.

Наличие данных барьеров на этапе промышленной эксплуатации корпоративной информационной системы может сопровождаться нарушением связанности научно-технических и производственно-технологических процессов², что в терминах настоящей диссертации можно назвать «цифровой дезинтеграцией», приводящей к дополнительным издержкам в производственной деятельности.

Таким образом, по итогам проведенного анализа можно выделить новый вид издержек промышленного предприятия³.

Издержки цифровой интеграции – дополнительные операционные затраты, возникающие на этапе промышленной эксплуатации корпоративной информационной системы в результате неоптимального объединения информационных потоков о выполнении научно-технических и производственно-технологических операций и работ, включая сведения о задействованных экономических активах и ресурсах промышленного предприятия.

¹ Heubeck T. Managerial capabilities as facilitators of digital transformation? Dynamic managerial capabilities as antecedents to digital business model transformation and firm performance // Digital Business. – 2023. – Vol. 3, iss. 1. -- Art. no. 100053.

² Акбердина В. В. Затраты на цифровизацию: кросс-индустриальный анализ в промышленности России // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сб. науч. ст. – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2022. – С. 6.

³ Ваулин А. С., Головина А. Н. Сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии // Экономические науки. – 2022. – № 216. – С. 205.

Одной из основных причин неоптимального объединения информационных потоков может быть ненадлежащая передача данных в КИС в связи с недостаточной взаимосвязанностью цифровых технологий между собой либо их недостаточным взаимодействием с иными ресурсами промышленного предприятия.

Графическое представление издержек цифровой интеграции производственных процессов приведено на рисунке 13.



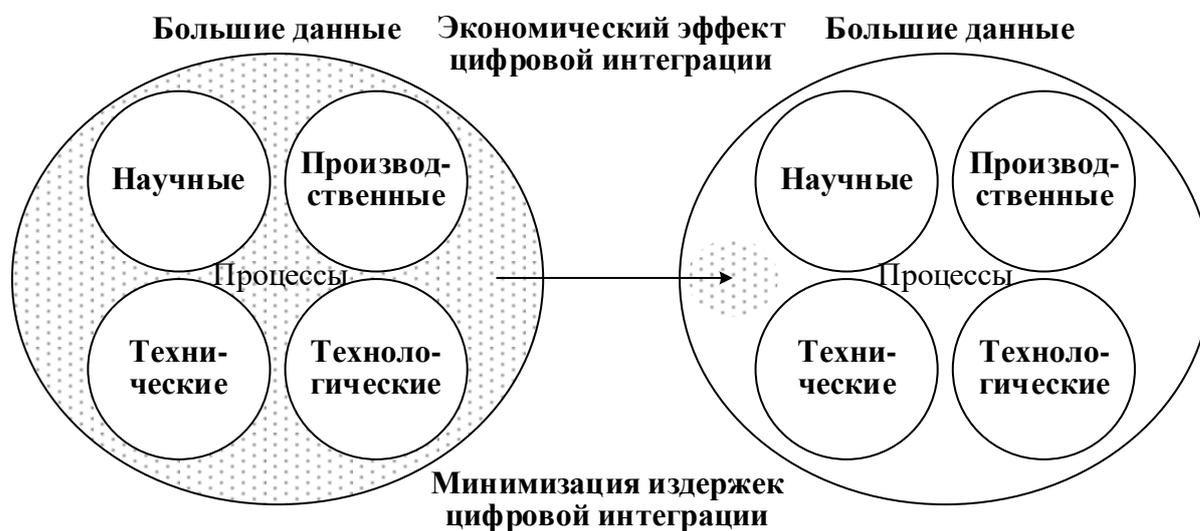
Примечание – Составлено автором.

Рисунок 13 – Издержки цифровой интеграции производственных процессов

Тогда, по мнению автора диссертации, сущность *экономического эффекта* будет выражаться в *минимизации издержек цифровой интеграции посредством оптимального объединения информационных потоков в КИС за счет повышения взаимосвязанности цифровых технологий между собой либо их надлежащего взаимодействия с иными ресурсами промышленного предприятия в целях обеспечения*

состояния связанности научно-технических и производственно-технологических процессов¹.

Графическое представление сущности экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов приведено на рисунке 14.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 14 – Сущность экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов

Предпосылками для оценки издержек цифровой интеграции производственных процессов и, как следствие, рассматриваемого вида экономического эффекта являются²:

- неопределенность условий (неполная ясность факторов, необходимых для обеспечения эффективной цифровой интеграции производственных процессов);
- изменчивость среды (зависимость от изменения социальных, политических, правовых и иных внешних факторов цифровой интеграции производственных процессов);

¹ Ваулин А. С., Головина А. Н. Сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии // Экономические науки. – 2022. – № 216. – С. 205.

² Там же.

- неверность фактических данных (неполнота и недостоверность информации о текущем состоянии объекта исследования и его окружающей среде);
- ошибки в прогнозе (отклонение параметров развития цифровой интеграции производственных процессов от предполагаемого уровня).

Оценка экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов выполняет следующие функции¹:

- инновационная (стимулирование разработки и внедрения новых экономических решений в целях минимизации издержек цифровой интеграции производственных процессов);
- регулятивная (стимул к реализации разумных и взвешенных экономических решений);
- защитная (отказ от реализации экономических решений, когда велика вероятность роста издержек цифровой интеграции производственных процессов);
- аналитическая (анализ альтернативных вариантов экономических решений и выбор наиболее выгодного из них).

В обобщенном виде можно выделить несколько стадий оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов².

Стадия 1 – возникновение предпосылок. На данной стадии проводится оценка вероятных обстоятельств, которые способны привести к росту издержек цифровой интеграции производственных процессов, и разрабатываются превентивные мероприятия для их минимизации в целях обеспечения планового уровня экономического эффекта.

Стадия 2 – наступление обстоятельств. Осуществляется оценка фактической ситуации, и при реальном наступлении событий реализуется запланированная со-

¹ Ваулин А. С., Головина А. Н. Сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии // Экономические науки. – 2022. – № 216. – С. 205.

² Ваулин А. С., Головина А. Н. Сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии // Экономические науки. – 2022. – № 216. – С. 202–207; Ваулин А. С., Головина А. Н. Экономические риски цифровой интеграции для крупных промышленных предприятий: дефиниция и эволюция подходов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 8. – С. 64–67.

вокупность мероприятий при определенной их корректировке в случае возникновения непредвиденных отклонений.

Стадия 3 – прекращение обстоятельств. По итогам проведения мероприятий осуществляется оценка степени предотвращения обстоятельств и достижения планового уровня экономического эффекта с последующим накоплением знаний о превентивных действиях в случае наступления аналогичных событий.

В целях проведения более глубокой оценки на промышленном предприятии необходимо представить декомпозицию экономических эффектов цифровой интеграции производственных процессов.

1.3 Виды экономических эффектов и издержек цифровой интеграции производственных процессов, их характеристика и классификация

Согласно предыдущему параграфу, сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии выражается в минимизации выявленных специфических издержек посредством оптимального объединения информационных потоков в КИС за счет повышения взаимосвязанности цифровых технологий между собой либо их надлежащего взаимодействия с иными ресурсами промышленного предприятия в целях обеспечения состояния связанности научно-технических и производственно-технологических процессов. Однако остается неясным место данного вида экономического эффекта в общей системе экономических эффектов промышленного предприятия, а также состав возможных издержек цифровой интеграции производственных процессов, что затрудняет дальнейшую оценку.

Рассмотрим существующие научные подходы.

Изучение различных видов экономических эффектов и издержек в деятельности промышленных предприятия рассматриваются в трудах таких ученых, как

А. Г. Бадалова, В. Г. Ларионов, Л. И. Ушмодина и О. Б. Иванова¹, С. А. Бучаева и М. М. Гаджиев², Г. С. Мерзликина и Ю. В. Качапкина³, А. Г. Мокроносов и Е. В. Долженкова⁴, С. В. Орехова, А. В. Мисюра и Е. В. Кислицын⁵, В. В. Плашенков⁶, М. В. Подшивалова и Д. В. Подшивалов⁷, Е. В. Попов и В. В. Лесных⁸, Ю. Б. Порошин, В. И. Долгий и М. А. Матушкин⁹, А. О. Темников и М. В. Подшивалова¹⁰, С. В. Шамшеев и В. А. Гирник¹¹, В. Ф. Уколов, В. Я. Афанасьев, В. В. Черкасов¹², С. Н. Захаров¹³.

¹ Бадалова А. Г., Ларионов В. Г., Ушмодина Л. И., Иванова О. Б. Методологический подход к определению экономического эффекта от управления рисками на промышленных предприятиях // Финансовые исследования. – 2017. – № 3 (56). – С. 106–114.

² Бучаева С. А., Гаджиев М. М. Виды экономических эффектов и особенности их оценки для инноваций // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2012. – № 4 (151). – С. 225–229.

³ Мерзликина Г. С., Качапкина Ю. В. Метод определения синергетического эффекта различных видов интегрированных формирований в промышленности // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2011. – № 10. – С. 16–20.

⁴ Мокроносов А. Г., Долженкова Е. В. Методические аспекты управления материальными потоками промышленных предприятий в условиях неопределенности // Вестник УГТУ-УПИ. Серия: Экономика и управление. – 2010. – № 4. – С. 37–43.

⁵ Орехова С. В., Мисюра А. В., Кислицын Е. В. Управление возрастающей отдачей высокотехнологичной бизнес-модели в промышленности: классические и экосистемные эффекты // Управленец. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 43–58.

⁶ Плашенков В. В. Метод оценки экономического эффекта внедрения инновационных проектов в производство промышленных предприятий // Научные технологии. – 2012. – Т. 13, № 8. – С. 91–95.

⁷ Подшивалова М. В., Подшивалов Д. В. Оценка некоторых видов транзакционных издержек малых промышленных предприятий // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2017. – № 5. – С. 40–60.

⁸ Попов Е. В., Лесных В. В. Дихотомия «общие издержки – специфические издержки» // Вестник УГТУ-УПИ. Серия: Экономика и управление. – 2007. – № 3. – С. 12–23.

⁹ Порошин Ю. Б., Долгий В. И., Матушкин М. А. О направлениях повышения эффективности деятельности промышленного предприятия в условиях модернизации экономики // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2014. – № 1 (50). – С. 77–81.

¹⁰ Темников А. О., Подшивалова М. В. Цифровая трансформация промышленности: выгоды, затраты и риски // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 122–131.

¹¹ Шамшеев С. В., Гирник В. А. Определение эффективности инновационной деятельности промышленного предприятия при проведении аудиторской проверки. – М.: ДПО АПКИП-ПРО, 2009. – 24 с.

¹² Уколов В. Ф., Афанасьев В. Я., Черкасов В. В. Ключевые эффекты цифровизации и возможные потери // Вестник университета. – 2019. – № 8. – С. 55–58.

¹³ Захаров С. Н. Эффективность производства и внешнеэкономической деятельности: теория, методы и практика расчетов: монография. – М.: МИСиС, 2011. – 611 с.

Обобщение результатов исследований применительно к деятельности промышленных предприятий позволяет выделить следующие виды экономических эффектов¹:

1) *по степени прогнозируемости:*

- прогнозируемые (их возможно предвидеть, но сложно учесть все воздействующие факторы);
- непрогнозируемые (полная непредсказуемость содержания и периода наступления);

2) *по длительности во времени:*

- постоянные (действуют в течение всего периода реализации деятельности);
- краткосрочные (ограничены непродолжительными промежутками времени);

3) *по обуславливающим факторам:*

- внутренние (в связи с изменениями во внутренней институциональной среде промышленного предприятия);
- внешние (в результате трансформации окружающей среды);

4) *по природе процессов:*

- субъективные (обусловлены действиями человека, его психологическими, нравственными, идеологическими убеждениями и особенностями, в результате которых могут возникать те или иные непредвиденные обстоятельства);
- объективные (обусловлены факторами окружающей среды – неточность информации, изменения рыночной конъюнктуры и т.п.);
- объективно-субъективные (порождаются как объективными, так и субъективными процессами);

5) *в зависимости от причины возникновения:*

- эпидемиологические (например, в связи с пандемией новой коронавирусной инфекции);

¹ Головина А. Н., Третьяков К. А., Ваулин А. С. Экономические эффекты и издержки цифровизации на промышленном предприятии // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 7 (120). – С. 50–56.

- политические (из-за изменений в государственной политике, налоговом и валютном законодательстве, введения санкционных ограничений);
- экологические (ввиду антропогенного воздействия);
- транспортные (по причине изменения логистики);
- коммерческие (в результате финансово-экономических решений);
- информационные (в связи с корректировкой фактической информации и, как следствие, изменением выводов о ситуации);
- организационные (из-за изменения организационной структуры, стратегии развития промышленного предприятия, квалификации персонала);
- локальные (в связи со специфичными изменениями на территории локализации промышленного предприятия);
- природные (вследствие трансформации геологического, гидрологического или метеорологического состояния окружающей среды);

б) по систематичности:

- систематические (возникают постоянно, характерны для всех промышленных предприятий или процессов);
- специфические (возникают в частных случаях и свойственны отдельным промышленным предприятиям или процессам);

7) по области возникновения:

- имущественные (изменения в экономических активах промышленного предприятия);
- производственные (возникают в производственной деятельности промышленного предприятия);
- коммерческие (при выполнении обязательств по сделкам, включая изменение порядка расчетов, сроки передачи товарно-материальных ценностей);
- финансовые (корректировка платежных обязательств, стоимости займов и пр.);

8) по характеру проявления:

- позитивные (получение положительного результата экономической деятельности), в том числе:

– рост доходов, получение дополнительной прибыли (за счет увеличения производительности труда, ускорения выполнения процессов, снижения издержек);

– негативные (получение отрицательного или недополучение положительного результата экономической деятельности), в том числе:

– упущенная выгода (недополученные доходы, которые промышленное предприятие могло бы получить при обычных условиях деятельности);

– снижение доходов (отсутствие либо сокращение объема выручки и прибыли в результате непредвиденного увеличения затрат; уменьшение суммы дивидендов по портфельным инвестициям);

– убыток (отрицательный результат по итогам проведения конкретной коммерческой операции);

9) по формам возрастающей и убывающей отдачи бизнес-модели промышленного предприятия:

– классические (эффект экономии от масштаба как снижение средних издержек; эффект разнообразия в виде экономии ресурсов ввиду увеличения ассортимента продукции; эффект от внедрения инноваций как рост рентабельности продаж посредством распространения технологий);

– экосистемные¹, сетевые (прямые эффекты в виде роста предельной ценности продукта наряду с увеличением числа покупателей; косвенные эффекты, выражаемые в увеличении предельной ценности продукта посредством роста объема продаж комплементарных продуктов).

Рассматривая экономический эффект промышленного предприятия с позиции оптимизации издержек, следует также выделить их возможные виды:

10) по отношению к объему производства:

– переменные (зависят от объема производств: сырье и материалы, покупные комплектующие изделия, сдельная заработная плата и пр.);

¹ Shahatha Al-Mashhadani A. F., Qureshi M. I., Hishan S. S. et al. Towards the development of digital manufacturing ecosystems for sustainable performance: learning from the past two decades of research // *Energies*. – 2021. – Vol. 14, no. 10. – Art. no. 2945.

– постоянные (не зависят от объема производства: общепроизводственные, коммерческие, управленческие и иные расходы);

11) *по способу отнесения к конкретному продукту:*

– прямые (относимые к изготовлению конкретного вида продукции или единицы изделия);

– косвенные (относимые одновременно к нескольким видам продукции);

12) *по цели деятельности:*

– операционные (для поддержания текущей деятельности промышленного предприятия);

– инвестиционные (для осуществления проектной деятельности промышленного предприятия);

13) *по характеру проявления:*

– явные (подлежат бухгалтерскому учету в виде фактических расходов на оплату ресурсов, используемых промышленным предприятием);

– скрытые (не учитываются в бухгалтерском учете и возникают в результате неоптимальных управленческих решений).

На основе выявленных видов экономического эффекта на промышленном предприятии становится необходимым дополнить их с учетом реализации цифровой интеграции производственных процессов.

На основе анализа существующих подходов представим авторский подход.

К настоящему моменту накоплено достаточно исследований, посвященных разработке различных классификаций экономических эффектов. По мнению автора, более полезным является их декомпозиция, которая позволяет не только выявить состав всевозможных экономических эффектов, но и установить их взаимосвязь в общей системе¹.

При построении декомпозиции автором диссертации учитывалось несколько принципов:

¹ Головина А. Н., Третьяков К. А., Ваулин А. С. Экономические эффекты и издержки цифровизации на промышленном предприятии // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 7 (120). – С. 50–56.

- *принцип системности* (целостное представление состава и структуры экономических эффектов цифровой интеграции);
- *принцип значимости* (ценность данного вида экономического эффекта для промышленного предприятия в целом);
- *принцип достаточности* (полнота состава и структуры экономических эффектов цифровой интеграции);
- *принцип релевантности* (актуальность для промышленных предприятий в целях последующей оценки).

Таким образом, автор настоящей работы не претендует на создание исчерпывающей декомпозиции экономических эффектов цифровой интеграции производственных процессов, однако ставит целью представить максимально значимую, достаточную и релевантную их систему в свете активного развития в деятельности крупных промышленных предприятий.

Поскольку экономический эффект цифровой интеграции заключается в минимизации специфических для данной деятельности издержек, то на начальном этапе следует дать их классификацию в целях дальнейшего встраивания в общую декомпозицию.

С учетом барьеров и проблем цифровой трансформации, выявленных автором в параграфе 1.2 диссертации, можно выделить следующие сопутствующие для них затраты:

- *явные издержки цифровой интеграции производственных процессов* – дополнительные затраты времени персонала на заведение данных в КИС, включая сведения о выполнении научно-технических и производственно-технологических операций и работ, задействованных экономических активах и ресурсах промышленного предприятия;
- *скрытые издержки цифровой интеграции производственных процессов* – дополнительные операционные затраты в результате ненадлежащей передачи данных в КИС в связи с недостаточной взаимосвязанностью цифровых технологий между собой либо их неотлаженным взаимодействием с иными ресурсами промышленного предприятия.

Каждый из данных видов специфических затрат может быть детализирован следующим образом (таблица 2).

Таблица 2 – Авторская классификация издержек цифровой интеграции производственных процессов

Виды издержек цифровой интеграции производственных процессов	Содержание издержек цифровой интеграции производственных процессов
Явные издержки цифровой интеграции производственных процессов	
Издержки администрирования	Дополнительные операционные затраты на заведение данных в КИС, поскольку автоматизация процессов требует постоянной и своевременной актуализации значительно детализированной информации по сравнению с состоянием до внедрения цифровых технологий (включая сведения о движении товарно-материальных ценностей, конструкторско-технологической информации, различных нормативах, трудоемкости операций, видах применяемых инструментов и оснастки, основных фондах и пр.). Это требует наличия дополнительного администрирующего персонала, зачастую обладающего узкой специализацией, во избежание возможных ошибок ввода данных; либо необходимости привлечения текущего основного персонала для заведения и актуализации данных в КИС, что требует высвобождения значительного времени для сопровождения сложного состава высокотехнологичных изделий, отличающихся сложными процессами изготовления ¹
Скрытые издержки цифровой интеграции производственных процессов	
<i>В результате ненадлежащего взаимодействия цифровых технологий с производственными процессами, экономическими активами и иными ресурсами промышленного предприятия</i>	
Издержки производственной асимметрии	Дополнительные операционные затраты, возникающие в связи с несвоевременной актуализацией производственных данных в КИС (например, в части нормативов трудоемкости, сделанных расценок, операций технологического процесса, материального состава изделий, норм упаковки, стандартных партий закупки товарно-материальных ценностей, потребности в изготовлении полуфабрикатов и пр.), а также в результате неоперативного обновления данных о циклах производства и материально-технического снабжения высокотехнологичных изделий, отличающихся многочисленными деталями и сборочными единицами
Издержки реинжиниринга	Дополнительные операционные затраты на выполнение внутренних процессов промышленного предприятия в связи с их трансформацией в результате внедрения штатного функционала программного обеспечения, не адаптированного для многочисленных и разнообразных операций промышленного предприятия

¹ Клименкова М. С. Особенности организации и управления предприятий наукоемких производств // Modern economy success. – 2022. – № 4. – С. 7.

Продолжение таблицы 2

Виды издержек цифровой интеграции производственных процессов	Содержание издержек цифровой интеграции производственных процессов
Издержки квалификации	Дополнительные операционные затраты в результате неэффективного использования рабочего времени по причине отсутствия достаточной квалификации ¹ у персонала по выполнению текущих задач с применением цифровых технологий, включая автоматизацию процессов (например, неумение осуществлять обработку больших данных с применением функционала программных продуктов, аналогичных MS Excel)
Издержки инфраструктуры	Дополнительные операционные затраты в результате вынужденных простоев рабочего времени по причине отказа функционирования цифровых технологий ввиду ненадлежащего их сопровождения в связи с дефицитом финансирования, неверным подбором мощности эксплуатируемого оборудования и пр.
<i>В результате недостаточной взаимосвязанности цифровых технологий между собой</i>	
Издержки несогласованности	Дополнительные операционные затраты на материалы и заработную плату, обусловленные отсутствием должной взаимосвязанности информационных потоков между многочисленными цифровыми технологиями, применяемыми в деятельности промышленных предприятий. Например, состав деталей и сборочных единиц изделий, представленный в программном обеспечении для инженеров-конструкторов, может отличаться от программного обеспечения, применяемого инженерами-технологами. Также могут присутствовать различные единицы измерения в информационных системах конструкторских, производственных и снабженческих подразделений, приводящие как к затовариванию, так и локальному дефициту сырья и покупных комплектующих изделий
Примечание – Составлено автором.	

На втором этапе в результате обобщения всех перечисленные классификаций, включая авторскую, становится возможным разработать декомпозицию экономического эффекта на промышленном предприятии с учетом минимизации издержек цифровой интеграции производственных процессов (рисунок 15).

¹ Подшивалова М. В., Подшивалов Д. В. Развитие малых предприятий промышленности России в условиях Индустрии 4.0 // Вестник Челябинского государственного университета. – 2020. – № 11 (445). – С. 185.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 15 – Декомпозиция экономического эффекта на промышленном предприятии

Выводы по главе 1

По итогам настоящей главы получены следующие научные результаты.

1. Проведен анализ существующих научных подходов к определению интеграции применительно к деятельности промышленного предприятия. Выявлено, что в рамках теории организации производственных процессов получил развитие новый принцип – цифровая интеграция производства. Установлено, что для практического применения данного принципа в рамках настоящей работы необходимо уточнить ряд его специфических характеристик, в том числе перечень производственных процессов, подлежащих исследованию, а также сформулировать индикатор, достижение которого будет свидетельствовать о выполнении принципа цифровой интеграции производства. Кроме того, представлено соотношение рассматриваемого вида интеграции с такими общепринятыми понятиями, как цифровая экономика, цифровая трансформация, цифровое решение на промышленном предприятии, что позволяет более четко определить содержание цифровой интеграции производственных процессов в целях дальнейшей оценки экономического эффекта.

2. Представлена эволюция научных подходов к пониманию экономического эффекта на промышленном предприятии. Выделен современный этап его развития – рыночный подход в сочетании с цифровой экономикой и цифровой интеграцией производственных процессов. Это позволило определить сущность экономического эффекта от реализации принципа цифровой интеграции производственных процессов, заключающегося в минимизации специфических издержек, авторское понимание которых сформулировано в настоящей диссертации.

3. Рассмотрены существующие научные подходы к классификации экономических эффектов промышленного предприятия. На этой основе представлена их декомпозиция с учетом цифровой интеграции производственных процессов, определено место экономического эффекта от реализации данного принципа в общей системе. Кроме того, выявлена сущность экономического эффекта цифровой интеграции, заключающаяся в минимизации специфических для данного состояния из-

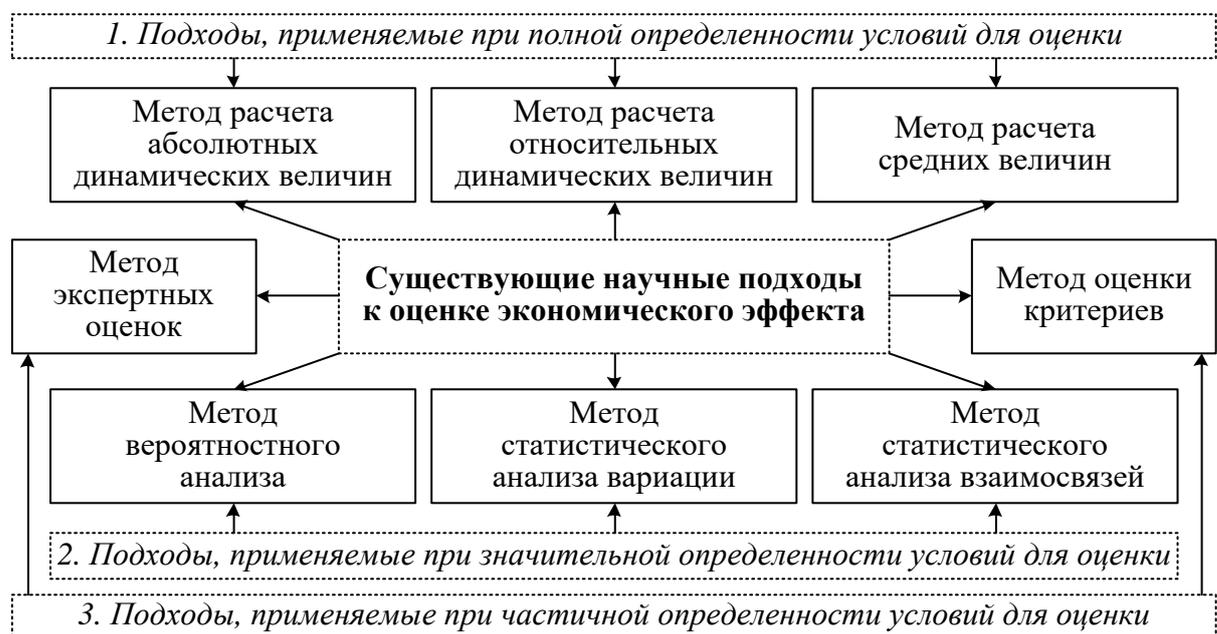
держек посредством оптимального объединения информационных потоков в КИС за счет повышения взаимосвязанности цифровых технологий между собой либо их надлежащего взаимодействия с иными ресурсами промышленного предприятия в целях обеспечения состояния связанности научно-технических и производственно-технологических процессов.

Полученные научные результаты формируют теоретическую основу для последующей оценки экономических эффектов цифровой интеграции на промышленном предприятии.

2 Методические основы оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов

2.1 Существующие научные подходы к оценке экономического эффекта

Целью оценки экономических эффектов на промышленном предприятии является измерение величины стоимостного результата экономической деятельности, возникающего от использования ресурсов и вложения затрат в осуществление деятельности. Следует выделить несколько подходов, используемых в научно-практической среде, которые условно можно разделить на три основные группы¹ (рисунок 16).



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 16 – Существующие научные подходы к оценке экономического эффекта

¹ Головина А. Н., Ваулин А. С. Научные подходы к оценке экономического эффекта в условиях цифровизации промышленности // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (Ростов-на-Дону, 10 июня 2023 г.). – Махачкала: Алеф, 2023. – С. 314–319.

1. Научные подходы к оценке экономических эффектов, применяемые в условиях полной определенности. Позволяют на основе фактических данных провести оценку эффекта и эффективности финансово-экономической деятельности промышленного предприятия и сделать заключение о его устойчивости. Анализ проводится на базе анализа показателей официальной бухгалтерской отчетности, включая бухгалтерский баланс, отражающий имущественное и финансовое положение промышленного предприятия на отчетную дату; отчет о финансовых результатах, представляющий показатели доходов, расходов и прибыли за отчетный период. В том числе применяются следующие методы:

1.1. *Метод расчета абсолютных динамических величин*¹. Данные величины измеряются в натуральном или стоимостном выражении. Среди них можно выделить:

– *моментные абсолютные величины*, показывающие фактическое значение показателей на определенную дату (например, объем внеоборотных и оборотных активов, долгосрочных и краткосрочных обязательств, выручки, чистой прибыли и т. д.);

– *интервальные абсолютные величины* отражают совокупный накопительный итог за период (объем выручки, прибыли или себестоимости за квартал или год, и т. п.);

– *абсолютное изменение величин* путем анализа прироста показателей на основе предшествующей статистики, показывающее, на сколько в абсолютном выражении фактическое значение показателя больше или меньше уровня принятого для сравнения базового показателя. Различают:

а) *базисный абсолютный прирост*:

$$\Delta = y_i - y_0, \quad (1)$$

где y_i – фактический уровень показателя; y_0 – базовый уровень показателя.

¹ Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – С. 50–59.

б) *цепной абсолютный прирост:*

$$\Delta' = y_i - y_{i-1}, \quad (2)$$

где y_{i-1} – уровень показателя в периоде, предшествующем фактическому.

1.2. *Метод расчета относительных динамических величин.* В отличие от абсолютных динамических величин, метод позволяет показать структуру имущественного и финансово-экономического состояния промышленного предприятия, а именно соотношение между отдельными сопоставимыми показателями. Относительные динамические величины быть выражены в коэффициентах либо в процентах. Различают следующие показатели:

– *относительная величина выполнения плана* – отношение фактического уровня показателя к плановому значению:

$$\text{ОВВП} = \frac{y_i}{y_{\text{п}}} \times 100 \%, \quad (3)$$

где ОВВП – относительная величина выполнения плана; $y_{\text{п}}$ – плановый уровень показателя.

– *относительная величина динамики* (темп роста или темп прироста) – отношение фактического уровня показателя к значению, выбранному в качестве базы для сравнения:

а) темп роста:

$$\text{ОВД} = \frac{y_i}{y_b} \times 100 \%; \quad (4)$$

б) *темп прироста:*

$$\text{ОВД} = \frac{y_i}{y_b} \times 100 \% - 100 \%, \quad (5)$$

где ОВД – относительная величина динамики; y_b – уровень базы для сравнения.

В зависимости от выбора конкретной базы можно выделить базисные и цепные величины динамики, где сравнение осуществляется соответственно с одним и тем же уровнем показателя, принятым за базу для сравнения (например, конкретный год), либо с предыдущим фактическим уровнем показателя;

– *относительная величина структуры* – доля конкретной части в общем итоге:

$$\text{ОВС} = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^m y_m} \times 100 \%, \quad (6)$$

где ОВС – относительная величина структуры; y_i – значение конкретного показателя, являющегося частью совокупности; y_m – значение совокупности показателей;

– *относительные величины координации или сравнения*, показывающие, во сколько раз одна часть совокупности превосходит другую:

$$\text{ОВК} = \frac{y_i}{y_z}, \quad (7)$$

где ОВК – относительная величина координации или сравнения; y_i – фактический уровень одной части совокупности; y_z – фактический уровень другой части совокупности;

– *относительные величины интенсивности*, показывающие, сколько единиц одного показателя приходится на единицу другого показателя (например, издержки на единицу продукции, трудоемкость, материалоемкость изготовления единицы изделия и т. п.).

1.3. *Метод расчета средних величин*¹. Средние величины отражают общую характеристику показателя и рассчитываются на единицу конкретной совокупности (производительность труда, средняя величина заработной платы на одного сотрудника промышленного предприятия, средний рост издержек на единицу продукции и т. п.). Существуют арифметическая, гармоническая геометрическая, хронологическая, квадратическая, кубическая средние величины.

Большинство средних величин относятся к степенным (кроме хронологической средней) и могут быть простыми или взвешенными. Тогда будут справедливы следующие формулы:

– для простой степенной средней:

$$\bar{y} = \sqrt[m]{\frac{\sum y^m}{n}}; \quad (8)$$

– для взвешенной степенной средней:

$$\bar{y} = \sqrt[m]{\frac{\sum y^m \times f_i}{\sum f_i}}. \quad (9)$$

В зависимости от того, какие значения принимает m , будут применяться те или иные виды средних величин: если $m = -1$, то средняя гармоническая; если $m = 0$, то средняя геометрическая; если $m = 1$, то средняя арифметическая; если $m = 2$, то средняя квадратическая; если $m = 3$, то средняя кубическая.

Расчетные значения представленных средних величин будут различаться в следующем соотношении:

¹ Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – С. 59–69.

$$\bar{y}_{\text{гарм}} < \bar{y}_{\text{геом}} < \bar{y}_{\text{арифм}} < \bar{y}_{\text{квадр}} < \bar{y}_{\text{куб}}. \quad (10)$$

Таким образом, в совокупности все вышеперечисленные методы расчета величин (абсолютных и относительных динамических, а также средних) позволяют определить фактическое финансово-экономическое положение промышленного предприятия в перспективе (при прочих равных условиях). В случае, если наблюдается благоприятная динамика показателей, то экономический эффект от деятельности считается положительным.

2. Научные подходы к оценке экономического эффекта, применяемые в условиях значительной определенности. Используются в случае, когда возможно спрогнозировать экономический эффект на основе предшествующих событий.

2.1. *Метод вероятностного анализа*¹. Позволяет оценить, насколько часто в рамках определенной совокупности или для конкретного события встречаются те или иные значения результата. В этом случае частотность получения конкретного экономического эффекта будет рассчитываться по формуле:

$$P = \frac{n_i}{N} \times 100 \%, \quad (11)$$

где n_i – количество случаев наступления i -го результата; i – порядковый номер результата; N – совокупность всех результатов.

2.2. *Метод статистического анализа вариации*². Позволяет определить среднее значение результата для конкретного события и размер его колеблемости. При этом чем выше колеблемость, тем больше вероятность получения неблагоприятного результата. Наиболее распространенными являются следующие формулы:

¹ Коробейников И. Н., Смотрина О. С., Бережная Л. Ю. Риск-менеджмент. – Оренбург: ОГУ, 2019. – С. 75.

² Там же. – С. 76–78.

– для расчета среднего ожидаемого значения:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^z p_i \times x_i, \quad (12)$$

где \bar{x} – среднее ожидаемое значение; p_i – вероятность наступления i -го события; x_i – значение i -го результата; z – число вариантов исхода событий;

– для анализа размаха вариации:

а) рассчитывается отклонение крайних значений совокупности:

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (13)$$

где X_{\max} , X_{\min} – наибольшее и наименьшее значение результата в совокупности;

б) используется формула среднеквадратического стандартного отклонения, показывающая среднее отклонение i -го результата от среднего значения¹:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}; \quad (14)$$

– для оценки степени вариации (коэффициент вариации)²:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \%. \quad (15)$$

Если коэффициент вариации меньше 33 %, то полученное среднее отклонение является типичным для совокупности.

¹ Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – С. 72–75.

² Там же.

2.3. *Метод статистического анализа взаимосвязей (корреляционно-регрессионный анализ)*¹. Выражается в определении наличия связи между результатом (y) и факторами (x_i), которые могут оказывать влияние на него. Выделяются парная корреляция (результат и один фактор) и множественная (результат и несколько факторов). Реализация метода включает несколько этапов²:

- выявить наличие взаимосвязи;
- измерить тесноту связи;
- определить математическую модель взаимосвязи.

Подробное изложение метода представлено в работе И. С. Шороховой, Н. В. Кисляк, О. С. Мариева³.

3. Научные подходы к оценке экономического эффекта, применяемые в условиях частичной определенности. Используются в ситуации, когда отсутствует статистика для оценки экономического эффекта, поскольку необходимые для расчета данные не подлежали фиксации либо не имели место быть. В связи с этим становится актуальным применение субъективного мнения экспертов, способных на базе своих компетенций дать оценку возможных сценариев развития экономического эффекта либо вероятности его получения.

3.1. *Метод экспертных оценок*⁴. Как правило, составляется опросный лист (анкета), где каждый эксперт должен количественно оценить ту или иную величину экономического эффекта (выручку, прибыль и т. п.). Затем проводится анализ полученных результатов путем их ранжирования (рейтингования, сортировки), попарного сравнения, группировки, расчета среднего значения и т. д. Общее количество экспертов составляет от 5 до 12 чел., что обусловлено возможностью усредне-

¹ Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – С. 72–75.

² Борисова Е. А., Землякова И. В., Чебункина Т. А. О некоторых аспектах корреляционно-регрессионного анализа // Актуальные проблемы преподавания информационных и естественно-научных дисциплин: материалы XIII Всерос. науч.-метод. конф. (Кострома, 22–23 апреля 2019 г.) / сост. А. В. Жиров. – Кострома: КГУ, 2019. – С. 75.

³ Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – 300 с.

⁴ Гуцыкова С. В. Метод экспертных оценок: теория и практика. – М.: Ин-т психологии РАН, 2011. – 140 с.

ния общей оценки для нивелирования излишнего субъективизма, а также минимизации экспертной несогласованности.

3.2. *Метод оценки критериев*¹. Предполагает подготовку матрицы решений (рисунок 17), состоящей из возможных альтернатив (например, проектов, предприятий или программ развития, и пр.) и каких-то состояний (например, их влияние на природу, развитие региона) или свойств (надежность, эффективность и т. п.).

	Свойство S_1	Свойство S_j	Свойство S_m
Альтернатива A_1	Значение a_{11}	Значение a_{1j}	Значение a_{1m}
Альтернатива A_i	Значение a_{i1}	Значение a_{ij}	Значение a_{im}
Альтернатива A_n	Значение a_{n1}	Значение a_{nj}	Значение a_{nm}

Примечание – Составлено автором.

Рисунок 17 – Пример матрицы решений

Анализ матрицы и выбор альтернативы для реализации производится на основе следующих критериев²:

– критерий Вальда (критерий максимина, критерий пессимизма), предполагающий выбор той альтернативы, которая обладает максимальным значением a_{nm} среди минимальных значений по всем альтернативам:

$$A = \max(\min(a_{nm})). \quad (16)$$

Данный метод применяется, как правило, субъектами, не склонными к риску;

¹ Гуриева Л. М., Хутинаева М. И. Критерий эффективности в условиях полной неопределенности. Критерий обобщенного максимина (пессимизма-оптимизма) Гурвица // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. докл. I Всерос. науч.-практ. конф. (Владикавказ, 3–5 июня 2019 г.). – Владикавказ: СКГМИ (ГТУ), 2019. – С. 332–334; Бекетов Н. В., Федоров В. Г. Традиционные методы оценки эффективности инвестиционных проектов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2008. – № 3 (3). – С. 75–83.

² Чупрова И. Ю. Правила и критерии принятия решений в условиях неопределенности // Естественно-гуманитарные исследования. – 2016. – № 1 (11). – С. 46–49.

– критерий максимакса (критерий оптимизма), когда выбирается та альтернатива, у которой отмечается максимальное значение a_{nm} среди максимальных значений по всем альтернативам:

$$A = \max(\max(a_{nm})). \quad (17)$$

Указанный подход в наибольшей степени подходит лицам, склонным к риску;

– критерий Гурвица¹ (критерий оптимизма-пессимизма), когда выбирается альтернатива, обладающая максимальным средним значением между максимином и максимаксом:

$$A = \max(\alpha \times \max(a_{nm}) + (1 - \alpha) \times \min(a_{nm})), \quad (18)$$

где α – коэффициент, принимаемый экспертом в диапазоне от 0 до 1, где 0 означает наименьшую склонность к риску, 0,5 – нейтральность к риску, 1 – наибольшую склонность к риску;

– критерий Сэвиджа² (критерий минимакса, критерий потерь), предполагающий выбор той альтернативы, которая приносит наименьшие среди максимальных потерь по всем альтернативам:

$$A = \min(\max(\max a_{nm} - a_{nm})). \quad (19)$$

Данный метод применяется, как правило, субъектами, в наименьшей степени склонными к риску.

¹ Лабскер Л. Г. Критерий Гурвица: свойство сглаживания, алгоритмы, экономическое приложение // Микроэкономика. – 2010. – № 5. – С. 181–194.

² Чупрова И. Ю. Правила и критерии принятия решений в условиях неопределенности // Естественно-гуманитарные исследования. – 2016. – № 1 (11). – С. 46–49.

Таким образом, систематизация вышеперечисленных методов анализа экономических эффектов позволяет выбрать наиболее подходящие из них в целях оценки результатов цифровой интеграции на промышленном предприятии.

2.2 Разработка метода оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов

Активная цифровизация производственных процессов делает актуальным поиск экономических способов ее анализа¹, особенно в части эффективности промышленной эксплуатации корпоративной информационной системы, что в настоящее время в науке не до конца исследовано. В связи с этим задачей настоящего раздела диссертации стала разработка метода оценки экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии.

Согласно авторскому определению экономического эффекта, представленному в параграфе 1.2, ключевым показателем его оценки является изменение различных видов издержек цифровой интеграции, в том числе издержек администрирования, производственной асимметрии, квалификации, инфраструктуры, реинжиниринга и рассогласованности. Каждый из них требует выявления конкретного способа расчета на базе вариантов, перечисленных в параграфе 2.1.

В зависимости от степени определенности условий для оценки автор диссертации классифицировал рассматриваемые издержки следующим образом² (таблица 3):

¹ Мокронос А. Г., Огородникова Е. С. Факторы развития цифровых технологий обрабатывающих производств // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 11 октября 2019 г.). – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2019. – С. 405–411.

² Ваулин А. С. Экономический эффект цифровой интеграции: кейс предприятия машиностроения // Journal of new economy. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 88–104.

Таблица 3 – Виды и методы расчета экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов в зависимости от степени определенности условий оценки

Степень определенности условий оценки	Экономический эффект цифровой интеграции на промышленном предприятии	Метод оценки экономических эффектов цифровой интеграции на промышленном предприятии
Полная либо значительная	Минимизация издержек администрирования	Авторский метод оценки издержек цифровой интеграции производственных процессов (на базе расчета абсолютных и относительных динамических величин, средних значений) в сочетании с их прогнозированием посредством эконометрического подхода
	Минимизация издержек производственной асимметрии	
	Минимизация издержек квалификации	
	Минимизация издержек инфраструктуры	
Частичная	Минимизация издержек реинжиниринга	Существующие способы анализа, включая метод экспертных оценок
	Минимизация издержек рассогласованности	
Примечание – Составлено автором.		

– *издержки цифровой интеграции, оцениваемые в рамках полной либо значительной определенности условий для расчета.* К ним относятся издержки администрирования, инфраструктуры, квалификации и производственной асимметрии, которые носят систематический характер, что подтверждается полученными в рамках исследования ретроспективными данными на примере конкретного предприятия машиностроения (глава 3 диссертации). Поэтому данные издержки подлежат обязательной оценке и прогнозированию с высокой степенью точности. Для их расчета автор предлагает применять комплекс методов экономического анализа (в том числе расчет абсолютных, относительных и средних величин, статистическую оценку взаимосвязей), который стал основой для разработки авторского метода оценки издержек цифровой интеграции производственных процессов в сочетании с их прогнозированием на базе эконометрического подхода;

– *издержки цифровой интеграции, анализ которых возможен в рамках частичной определенности условий для расчета.* Данный вид затрат имеет единичные случаи проявления. В их число входят издержки реинжиниринга и рассогласо-

ванности. Они носят несистематический характер, в связи с чем отсутствует статистика, достаточная для их прогнозирования. Поэтому указанные издержки не подлежат исследованию в рамках настоящей диссертационной работы и могут быть оценены в частном порядке с применением общепринятых аналитических методов.

Для практического применения подхода, изложенного в таблице 3, предлагается использовать следующую классификацию (рисунок 18):



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 18 – Виды издержек цифровой интеграции производственных процессов для практической оценки

– *минимальные издержки цифровой интеграции производственных процессов*, подлежащие исследованию в настоящей работе и предполагающие фактическую оценку и прогнозирование экономических эффектов в рамках полной либо значительной определенности условий;

– *максимальные издержки цифровой интеграции производственных процессов*, предполагающие фактическую оценку и прогнозирование по всей совокупности экономических эффектов, включая существующие в рамках частичной определенности условий.

Поскольку минимальные издержки цифровой интеграции производственных процессов подлежат обязательному анализу, предлагается использовать следующий алгоритм их исследования (рисунок 19).



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 19 – Алгоритм оценки издержек цифровой интеграции на промышленном предприятии

На *первом этапе* предлагается рассчитать значения каждого вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов. В целях последующего динамического анализа их измерение проводилось в натуральном выражении (часы) для исключения инфляционных факторов. Применялись следующие формулы¹.

¹ Ваулин А. С. Экономический эффект цифровой интеграции: кейс предприятия машиностроения// Journal of new economy. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 88–104.

1.1. Расчет издержек администрирования:

$$\text{МИИ}(p_1) = \text{СЧ} \times K_a \times \text{ФРВ}_i, \quad (20)$$

где $\text{МИИ}(p_1)$ – издержки администрирования за период, ч; СЧ – средняя численность персонала промышленного предприятия за период, чел.; K_a – коэффициент администрирования; ФРВ_i – фактический фонд рабочего времени на одного человека за период, ч.

Здесь и далее средняя численность персонала и средний фактический фонд рабочего времени определяются общепринятыми методами и поэтому не подлежат представлению в настоящей работе. Однако отдельного рассмотрения заслуживает упомянутый коэффициент:

$$K_a = \frac{\text{ВЗ}_{i(\text{дн})}}{\text{ФРВ}_{i(\text{дн})}}, \quad (21)$$

где K_a – коэффициент администрирования; $\text{ВЗ}_{i(\text{дн})}$ – фактическое время заведения данных в КИС на одного человека в день, ч; $\text{ФРВ}_{i(\text{дн})}$ – фактический фонд рабочего времени на одного человека в день, ч.

Коэффициент K_a отражает долю фактического рабочего времени сотрудников на ввод рабочих данных в КИС. Чем меньше величина данного коэффициента, тем эффективнее процесс, поскольку короче длительность администрирования системы.

Обоснованность выбранного метода расчета подтверждается существующей проблемой трудоемкого заведения и актуализации данных в КИС, свойственной крупным предприятиям машиностроения, являющимся производителями высокотехнологичной продукции, которая отличается сложными технологическими процессами изготовления и составом изделий.

1.2. Расчет издержек производственной асимметрии:

$$\text{МИИ}(p_2) = \text{СЧ}_{\text{пр}} \times K_{\text{па}} \times \text{ФРВ}_i, \quad (22)$$

где $\text{МИИ}(p_2)$ – издержки производственной асимметрии за период, ч; $\text{СЧ}_{\text{пр}}$ – средняя численность основных производственных рабочих за период, чел.; $K_{\text{па}}$ – коэффициент производственной асимметрии; ФРВ_i – фактический фонд рабочего времени на одного человека за период, ч.

Коэффициент производственной асимметрии $K_{\text{па}}$ определяется по формуле

$$\begin{cases} K_{\text{па}} = \frac{\text{ТР}_{i(\text{мес})} - \text{ФРВ}_{i(\text{мес})}}{\text{ФРВ}_{i(\text{дн})}}, \text{ если } K_{\text{па}} \geq 0; \\ K_{\text{па}} = 0, \text{ если } K_{\text{па}} < 0, \end{cases} \quad (23)$$

где $\text{ТР}_{i(\text{мес})}$ – фактическая трудоемкость выполненных операций на одного производственного рабочего в месяц, ч; $\text{ФРВ}_{i(\text{мес})}$ – фактический фонд рабочего времени на одного производственного рабочего в месяц, ч.

Коэффициент $K_{\text{ас}}$ показывает, во сколько фактическая трудоемкость выполненных операций согласно КИС превосходит фактический фонд рабочего времени на одного производственного рабочего по табельному учету за месяц. Чем ближе значение данного коэффициента к нулю, тем меньше отклонение, поскольку ниже степень производственной асимметрии в КИС. Если значение коэффициента отрицательно, то фактический фонд рабочего времени согласно табельному учету превышает трудоемкость выполненных операций в КИС, тогда издержки производственной асимметрии отсутствуют, соответственно коэффициент приравнивается нулю.

1.3. Расчет издержек квалификации:

$$\text{МИИ}(p_3) = \text{СЧ}_{\text{ир}} \times K_{\text{дк}} \times \text{ФРВ}_i, \quad (24)$$

где $МИИ(p_3)$ – издержки квалификации за период, ч; $СЧ_{ир}$ – фактическая средняя численность сотрудников интеллектуального труда за период, чел.; $К_{дк}$ – коэффициент дефицита квалификации; $ФРВ_i$ – фактический фонд рабочего времени на одного человека за период, ч.

Коэффициент дефицита квалификации $К_{дк}$ рассчитывается по формуле

$$K_{дк} = \left(1 - \frac{СЧ_{оир}}{СЧ_{ир}} \right) \times Н, \quad (25)$$

где $СЧ_{оир}$ – фактическая средняя численность сотрудников интеллектуального труда за период, прошедших обучение по анализу больших данных, чел.; $СЧ_{ир}$ – фактическая средняя численность сотрудников интеллектуального труда за период, чел.; $Н$ – норматив времени, излишне потраченного на выполнение трудовых задач в связи с недостатком знаний по обработке больших данных (определяется экспертным путем, в рамках настоящей работы принят в размере 30 %).

Коэффициент дефицита квалификации отражает долю непродуктивного времени работы сотрудников интеллектуального труда в связи недостатком знаний по обработке больших данных. Чем меньше значение данного коэффициента, тем меньше потери рабочего времени, что является благоприятным фактором.

1.4. Расчет издержек инфраструктуры:

$$МИИ(p_4) = СЧ_{рпк} \times K_{и} \times ФРВ_i, \quad (26)$$

где $МИИ(p_4)$ – издержки инфраструктуры за период, ч; $СЧ_{рпк}$ – фактическая средняя численность сотрудников, задействованных в работе с персональным компьютером, за период, чел.; $К_{и}$ – коэффициент инфраструктуры.

Коэффициент инфраструктуры $К_{и}$ рассчитывается по формуле

$$K_{\text{и}} = \frac{\text{ФРВ}_{\text{ип(мес)}} - \text{ФРВ}_{\text{иф(мес)}}}{\text{ФРВ}_{\text{ип(мес)}}}, \quad (27)$$

где $\text{ФРВ}_{\text{ип(мес)}}$ – плановый фонд рабочего времени за месяц на одного сотрудника, задействованного в работе с персональным компьютером, ч; $\text{ФРВ}_{\text{иф(мес)}}$ – фактический фонд рабочего времени за месяц на одного сотрудника, задействованного в работе с персональным компьютером, за вычетом длительности простоев по причине отказа функционирования КИС, ч.

Чем ниже значение данного коэффициента, тем меньше доля потерь рабочего времени, что расценивается как благоприятный фактор.

На *втором этапе* предлагается рассчитать суммарные издержки цифровой интеграции производственных процессов.

2.1. Оценка суммы издержек цифровой интеграции:

$$\text{МИИ} = \text{МИИ}(p_1) + \text{МИИ}(p_2) + \text{МИИ}(p_3) + \text{МИИ}(p_4), \quad (28)$$

где МИИ – издержки цифровой интеграции производственных процессов за период, ч; $\text{МИИ}(p_1)$ – издержки администрирования за период, ч; $\text{МИИ}(p_2)$ – издержки производственной асимметрии за период, ч; $\text{МИИ}(p_3)$ – издержки квалификации за период, ч; $\text{МИИ}(p_4)$ – издержки инфраструктуры за период, ч.

В целях последующего динамического анализа и исключения зависимости показателя от изменений в численности персонала требуется расчет среднего значения. Для этого предлагается осуществить следующие шаги:

2.2. Расчет средней численности персонала промышленного предприятия.

Производится согласно общепринятым методам расчета, установленным Росстатом.

2.3. Оценка средних издержек цифровой интеграции:

$$\overline{\text{МИИ}} = \frac{\text{МИИ}}{\text{СЧ}}, \quad (29)$$

где $\overline{\text{МИИ}}$ – среднее значение издержек цифровой интеграции производственных процессов за период, ч/чел.; МИИ – издержки цифровой интеграции производственных процессов за период, ч; СЧ – средняя численность персонала промышленного предприятия за период, чел.

На *третьем этапе* рассчитывается экономический эффект цифровой интеграции, что предполагает осуществление следующих шагов:

3.1. *Оценка экономического эффекта в натуральном выражении* по формуле

$$\text{ЭЦИ}_n = \overline{\text{МИИ}}_1 - \overline{\text{МИИ}}_0, \quad (30)$$

где ЭЦИ_n – натуральный экономический эффект цифровой интеграции производственных процессов, ч/чел.; $\overline{\text{МИИ}}_1$ – издержки цифровой интеграции производственных процессов за отчетный период, ч/чел.; $\overline{\text{МИИ}}_0$ – издержки цифровой интеграции производственных процессов за предшествующий аналогичный период, ч/чел.

3.2. *Расчет средней часовой тарифной ставки труда персонала на промышленном предприятии.* Производится согласно общепринятым методам расчета на базе установленных Росстатом¹:

$$\text{ЧТС}_1 = \frac{\text{ФОТ}}{\text{ФРВ}}, \quad (31)$$

где ЧТС_1 – часовая тарифная ставка труда персонала на промышленном предприятии за отчетный период, р./ч; ФОТ – фактический фонд начисленной заработной платы работникам, входящим в среднюю численность персонала, за отчетный пе-

¹ Методика расчета среднемесячной начисленной заработной платы наемных работников в организациях, у индивидуальных предпринимателей и физических лиц (среднемесячного дохода от трудовой деятельности) / Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/rosstat/NMS/met-zarova.pdf (дата обращения: 31.07.2023).

риод, р.; ФРВ – фактический фонд отработанных человеко-часов работниками, входящими в среднюю численность персонала, за отчетный период, ч.

3.3. Оценка экономического эффекта в стоимостном выражении по формуле

$$\text{ЭЦИ}_c = \text{ЭЦИ}_н \times \text{ЧТС}_1, \quad (32)$$

где ЭЦИ_c – стоимостной экономический эффект цифровой интеграции производственных процессов, р./чел.; ЧТС_1 – часовая тарифная ставка труда персонала на промышленном предприятии за отчетный период, р.

На четвертом этапе проводится анализ и интерпретация полученных данных:

– отрицательное значение экономического эффекта цифровой интеграции в стоимостном выражении свидетельствует о его присутствии и рассматривается как благоприятный фактор;

– положительное значение экономического эффекта говорит о росте специфических издержек цифровой интеграции и необходимости разработки мероприятий по их минимизации.

Далее необходимо провести оценку рассматриваемого экономического эффекта в динамике за несколько сопоставимых периодов, что является основой для прогнозирования показателя посредством эконометрического анализа.

2.3 Эконометрический подход к оценке эффекта цифровой интеграции производственных процессов

В условиях постоянно меняющегося внешнего бизнес-ландшафта, агрессивного влияния внешних факторов на функционирование промышленных предприятий велика вероятность нарушения внутренней связанности производственных

процессов ввиду их трансформации. Это обуславливает не только актуальность выявления текущих результатов их цифровой интеграции, но и необходимость предугадывания их будущего развития¹. В связи с этим задачей настоящего раздела диссертации является конкретизация эконометрического способа оценки эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии в целях прогнозирования его объема в динамике в зависимости от изменения влияющих факторов.

Согласно параграфу 2.2 выявлены минимальные издержки цифровой интеграции, которые наступают систематически и имеют статистическую основу для дальнейшего исследования. В том числе:

– *издержки администрирования* как дополнительные затраты времени персонала на заведение, актуализацию и контроль правильности данных в корпоративной информационной системе;

– *издержки производственной асимметрии*, возникающие в связи с несвоевременной актуализацией данных в КИС (например, в части норм и нормативов трудоемкости, сделанных расценок, операций технологического процесса и пр.);

– *издержки квалификации*, связанные с дополнительными затратами времени персонала на выполнение производственных задач ввиду недостатка знаний о способах обработки больших данных;

– *издержки инфраструктуры*, возникающие в результате непредвиденных простоев рабочего времени в связи с приостановкой функционирования КИС по различным причинам.

Их перспективный анализ предлагается дополнить методом статистической оценки взаимосвязей на базе измерения парной корреляции и построения регрессии, что позволит установить факторы, влияющие на размер интеграционных издержек, и определить математическую модель их взаимосвязи. Алгоритм исследования представлен на рисунке 20.

¹ Ткаченко И. Н. Переосмысление корпоративной системы управления рисками в условиях COVID-19: ориентация на долгосрочную устойчивость // Трансформация моделей корпоративного управления в новых экономических реалиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 20 ноября 2020 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2020. – С. 7.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 20 – Алгоритм применения эконометрического подхода к оценке эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии

Конкретизация эконометрического способа оценки эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии включает следующие этапы¹.

1. *Определение результирующих параметров эконометрической модели.*

В качестве результирующего параметра y_i выступает среднее значение i -го вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов, определяемое по формуле

$$y_i = \overline{\text{МИИ}}_i = \frac{\text{МИИ}_i}{\text{СЧ}}, \quad (33)$$

где y_i – результирующий параметр эконометрической модели; $\overline{\text{МИИ}}_i$ – среднее значение i -го вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов за период, ч/чел.; МИИ_i – общий объем i -го вида минимальных издержек

¹ Ваулин А. С. Экономический эффект цифровой интеграции: кейс предприятия машиностроения// Journal of new economy. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 88–104.

цифровой интеграции производственных процессов за период, ч; СЧ – средняя численность персонала промышленного предприятия за период, чел.

С учетом ранее рассмотренных вариантов минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов следует отметить следующие виды результирующих параметров:

- среднее значение минимальных издержек администрирования за период, ч (y_1);
- среднее значение минимальных издержек производственной асимметрии за период, ч (y_2);
- среднее значение минимальных издержек квалификации за период, ч (y_3);
- среднее значение минимальных издержек инфраструктуры за период, ч (y_4).

2. *Отбор факторов, влияющих на результирующие параметры эконометрической модели.*

Поскольку выбран метод парной корреляции, каждому i -му виду минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов будет соответствовать свой влияющий фактор x_i (таблица 4).

Таблица 4 – Факторы, влияющие на результирующие параметры эконометрической модели

Результирующий параметр y_i	Влияющий фактор x_i
Среднее значение минимальных издержек администрирования за период (y_1)	Величина административного цикла изделия за период (x_1)
Среднее значение минимальных издержек производственной асимметрии за период (y_2)	Темп роста фактической стоимости часа труда персонала промышленного предприятия за период (x_2)
Среднее значение минимальных издержек квалификации за период (y_3)	Средний объем обучения персонала по применению цифровых технологий анализа больших данных за период (x_3)
Среднее значение минимальных издержек инфраструктуры за период (y_4)	Среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы (x_4)
Примечание – Составлено автором.	

Выбор данных факторов обусловлен следующим.

Во-первых, в качестве влияющего фактора для y_1 (среднее значение минимальных издержек администрирования) установлена величина административного цикла изделия (x_1). Она определяется по формуле

$$x_1 = \text{АЦИ} = \frac{\text{ФРВ}_{\text{общ}}}{\text{ОП}}, \quad (34)$$

где x_1 – влияющий фактор эконометрической модели; АЦИ – величина административного цикла изделия за период, ч/шт.; $\text{ФРВ}_{\text{общ}}$ – общий фактический фонд рабочего времени по промышленному предприятию за период, ч; ОП – фактический объем производства условных изделий за период, шт.

Данный показатель отражает, сколько совокупного рабочего времени в среднем приходится на администрирование одного условного изделия. Под последним понимается базовый продукт, в единицах которого измеряется каждое изделие промышленного предприятия, в целях сопоставимого анализа изменения производительности труда.

Чем ниже значение показателя, тем меньше требуется совокупного времени на администрирование одного условного изделия, что напрямую влияет на снижение издержек цифровой интеграции.

Во-вторых, для y_2 (среднее значение минимальных издержек производственной асимметрии) в качестве влияющего фактора определен темп роста фактической стоимости часа труда персонала промышленного предприятия за период (x_2). Данный показатель определяется по формуле

$$x_2 = \text{ТР}_{\text{сч}} = \frac{\text{СЧ}_{\text{ф}}}{\text{СЧ}_{\text{р}}}, \quad (35)$$

где x_2 – влияющий фактор эконометрической модели; $\text{ТР}_{\text{сч}}$ – темп роста фактической стоимости часа труда персонала промышленного предприятия за период, доли ед.; $\text{СЧ}_{\text{ф}}$ – фактическая стоимость часа труда персонала промышленного предприятия за

период, р.; $СЧ_p$ – рыночный уровень стоимости часа труда промышленного персонала за период, р.

Стоимость часа определяется с учетом страховых взносов, районного коэффициента, стимулирующих выплат и прочих надбавок.

Данный показатель отражает, во сколько раз фактическая стоимость часа труда персонала промышленного предприятия превосходит рыночный уровень. Чем ниже фактическая стоимость часа (при полной загрузке) относительно рыночного уровня заработной платы промышленного персонала, тем меньше заинтересованность в своевременной актуализации производственных данных в КИС и, соответственно, выше издержки цифровой интеграции.

В-третьих, для $у_3$ (среднее значение минимальных издержек квалификации) в качестве влияющего фактора предлагается использовать средние затраты времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных (x_3). Указанный показатель определяется по формуле

$$x_3 = ОП = \frac{СЧ_{оир} \times В_о}{СЧ_{ир}}, \quad (36)$$

где x_3 – влияющий фактор эконометрической модели; ОП – средние затраты времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных за период, ч/чел.; $СЧ_{оир}$ – фактическая средняя численность сотрудников интеллектуального труда за период, прошедших обучение по анализу больших данных, чел.; $В_о$ – средняя длительность одного курса обучения, ч/чел.; $СЧ_{ир}$ – фактическая средняя численность сотрудников интеллектуального труда за период, чел.

Представленный показатель отражает, какова средняя длительность обучения сотрудников, занятых интеллектуальным трудом, применению цифровых технологий анализа больших данных. Чем объемнее обучающий курс, тем более глубокие знания и компетенции приобретут сотрудники, что, в свою очередь, будет способствовать ускорению процесса выполнения трудовых задач и снижению издержек цифровой интеграции производственных процессов.

Наконец, для y_4 (среднее значение минимальных издержек инфраструктуры) влияющим фактором является среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы (x_4). Данный показатель определяется по формуле

$$x_4 = \text{ВВ} = \frac{\text{ФРВ}_{\text{ип(мес)}} - \text{ФРВ}_{\text{иф(мес)}}}{\text{КО}}, \quad (37)$$

где x_4 – влияющий фактор эконометрической модели; ВВ – среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы, ч/шт.; $\text{ФРВ}_{\text{ип(мес)}}$ – плановый фонд рабочего времени за месяц на одного сотрудника, задействованного в работе с персональным компьютером, ч; $\text{ФРВ}_{\text{иф(мес)}}$ – фактический фонд рабочего времени за месяц на одного сотрудника, задействованного в работе с персональным компьютером, за вычетом простоев по причине отказа функционирования КИС, ч; КО – среднее количество отказов в работоспособности корпоративной информационной системы, шт.

Представленный показатель отражает, какова средняя длительность восстановления работоспособности корпоративной информационной системы в случае ее отказа по различным причинам. Чем меньше требуется времени, тем ниже объем простоев персонала, что означает более эффективное использование рабочего времени и более высокую степень качества цифровой инфраструктуры.

3. Анализ наличия и тесноты взаимосвязи.

Предполагается расчет коэффициента парной корреляции и его статистическая проверка. В качестве аналитического приема используется формула

$$r = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{S_x \times S_y}, \quad (38)$$

где r – коэффициент парной корреляции; n – число измерений в каждой совокупности; x_i, y_i – текущие значения единиц обеих совокупностей; \bar{x}, \bar{y} – средние значения

единиц обеих совокупностей; S_x, S_y – среднее квадратичное отклонение для каждого рассматриваемого массива чисел.

Качественная оценка тесноты связи основана на шкале Чеддока (таблица 5).

Таблица 5 – Качественная оценка тесноты связи по шкале Чеддока¹

Величина коэффициента парной корреляции	Качественная оценка тесноты связи
До 0,3	Практически отсутствует
0,3–0,5	Слабая
0,5–0,7	Заметная
0,7–0,9	Сильная
0,9–0,99	Очень сильная

4. Определение математической модели взаимосвязи.

Значения результирующей переменной y выступают в роли функции, которая определяется с некоторой погрешностью значением объясняющей переменной x , выступающей в роли аргумента данной функции. Математически это выражается уравнением регрессионной связи:

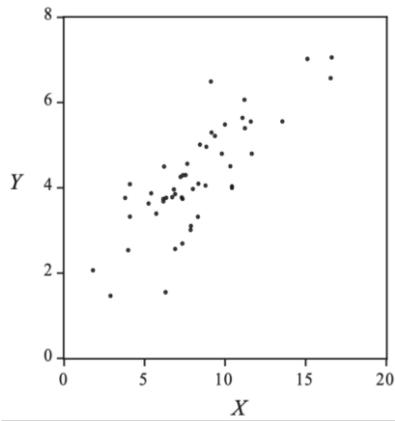
$$\begin{cases} y(x) = f(x) + \varepsilon(x); \\ E[\varepsilon(x)|x] = 0, \end{cases} \quad (39)$$

где $f(x) = E[\varepsilon(x)|x]$, $\varepsilon(x) = y(x) - f(x)$.

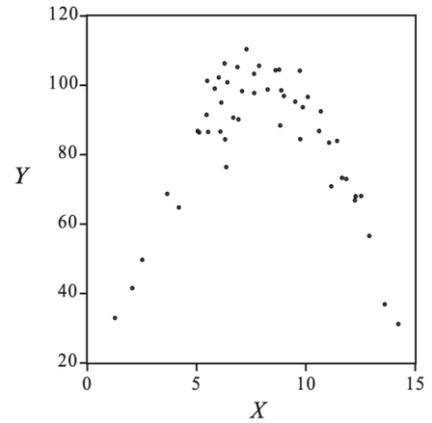
Для практических целей выбор конкретного вида зависимости осуществляется посредством графического анализа материала наблюдений, который представлен в работе И. С. Шороховой, Н. В. Кисляка и О. С. Мариева следующим образом² (рисунок 21).

¹ Саадалов Т., Мырзаibraимов Р., Абдуллаева Ж. Д. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, и их области применения // Бюллетень науки и практики. – 2021. – Т. 7, № 10. – С. 275.

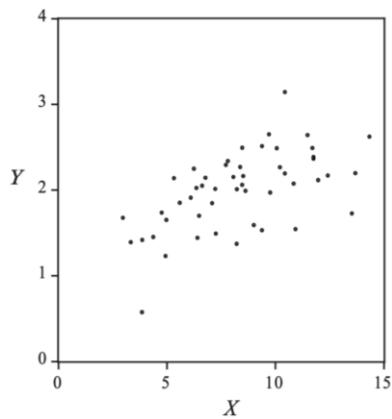
² Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – С. 189–192.



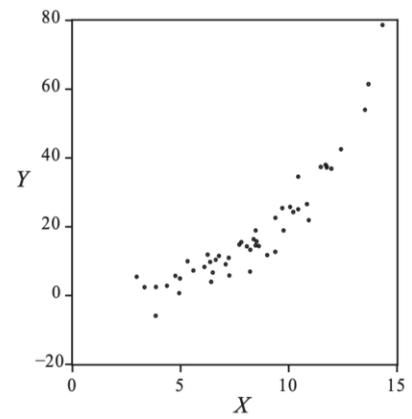
a – линейная регрессия
 $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$



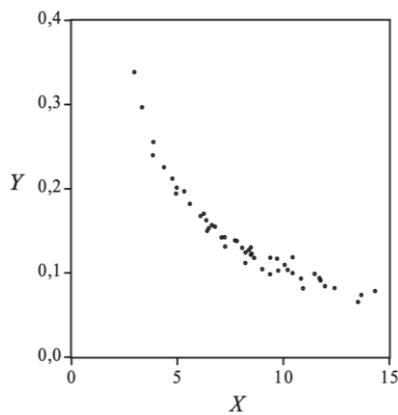
б – квадратичная зависимость
 $y = \alpha + \beta x + \gamma x^2 + \varepsilon$



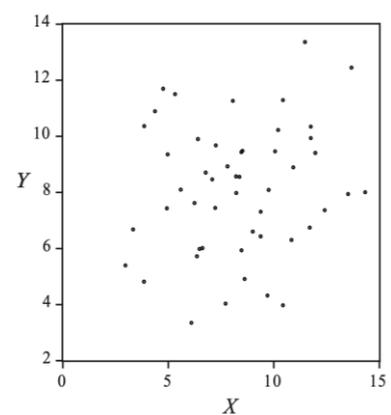
в – показательная зависимость
 $y = ax^{\alpha}\varepsilon$



г – степенная зависимость
 $y = ae^{\beta x}\varepsilon$



д – гиперболическая зависимость
 $y = a + \frac{\beta}{x} + \varepsilon$



е – независимые x и y

Примечание – Составлено автором по: Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – 300 с.

Рисунок 21 – Области наблюдений, соответствующие разным видам зависимости

Оценка значимости уравнения и коэффициентов регрессии осуществляется известными статистическими методами¹.

Выводы по главе 2

По итогам настоящей главы получены следующие научные результаты.

1. Систематизированы существующие научные подходы к анализу экономических эффектов в деятельности крупных промышленных предприятий. Выявлено, что они могут быть классифицированы в зависимости от степени определенности условий для оценки. Это позволило автору выделить издержки цифровой интеграции производственных процессов, оценка и прогнозирование которых возможна ввиду полной либо значительной определенности, поскольку они имеют систематический характер. Поскольку данная категория отражает лишь часть всей совокупности издержек, они получили название «минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов». К ним относятся издержки администрирования и производственной асимметрии, а также издержки квалификации и инфраструктуры.

2. Установлено, что для каждой категории существующих научных подходов к оценке, классифицируемых в зависимости от степени определенности условий для расчета, свойственна своя совокупность методов анализа экономического эффекта на промышленном предприятии. В целях оценки минимальных издержек цифровой интеграции обоснована необходимость применения следующих способов расчета: абсолютные и относительные динамические величины, средние значения и статистический анализ взаимосвязей. Их применение легло в основу авторского методического подхода к анализу исследуемого экономического эффекта.

¹ Шорохова И. С., Кисляк Н. В., Мариев О. С. Статистические методы анализа. – Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – С. 189–192.

3. Уточнен эконометрический способ оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов. В рамках него определены результирующие параметры эконометрической модели, в качестве которых установлены средние значения минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов; отобраны и предложены методы расчетов влияющих факторов, в том числе величина административного цикла изделия, темп роста фактической стоимости часа труда персонала промышленного предприятия, средние затраты времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных, среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы; предложено опираться на расчет коэффициента парной корреляции и метод линейного регрессионного анализа.

Все представленные выше научные результаты создают методическую основу оценки экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии для последующей практической реализации.

3 Практика оценки и повышения экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов

3.1 Исследование и анализ экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на примере Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова»

Апробация предложенного автором методического подхода к оценке экономических эффектов цифровой интеграции производственных процессов проводилась на примере Акционерного общества «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э. С. Яламова» (АО «ПО «УОМЗ», г. Екатеринбург), которое входит в число крупнейших машиностроительных предприятий оборонной отрасли Уральского макрорегиона и выбрано в качестве объекта исследования по следующим причинам:

– Уральский макрорегион является «центром силы» российской промышленности¹, сосредоточивая более десятка видов производств не только общероссийского, но и мирового уровня²; может стать катализатором для обновления всей экономики страны и выхода на новую спираль развития³; именно на его территории

¹ Власова Н. Ю. Перспективы реиндустриализации в стратегиях социально-экономического развития крупнейших городов Урала // Новая индустриализация России: экономика – наука – человек – природопользование : сб. науч. тр. VII Уральских научных чтений профессором и докторантов (Екатеринбург, 4–5 февраля 2020 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2020. – С. 34.

² Новикова Н. В. Структурные трансформации в экономическом пространстве Уральского макрорегиона // Урал – XXI век: макрорегион неоиндустриального и инновационного развития: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 15–16 октября 2018 г.): в 2 т. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2018. – Т. 1. – С. 90.

³ Силин Я. П., Анимица Е. Г., Новикова Н. В. Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации: монография / под науч. ред. С. Ю. Глазьева, С. Д. Бодрунова. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2019. – С. 6.

сконцентрирован уникальный драйвер – военно-промышленный комплекс¹, создающий высокотехнологичную продукцию специального назначения;

– интенсивное развитие промышленности на Урале возможно благодаря базовым отраслям региональной экономики, а именно отрасли машиностроения. Данное развитие находит свое проявление в создании новых высокотехнологичных производств², реализации инновационного потенциала³, активном применении цифровых технологий⁴;

– цифровизация Свердловской области по большинству показателей превышает общероссийский уровень, что особенно заметно в 2019 г. (индекс цифровизации Свердловской области – 32, индекс цифровизации РФ – 29)⁵. Отмечается рост степени использования цифровых технологий на предприятиях Свердловской области, что свидетельствует о повышении доступности соответствующей инфраструктуры, а также готовности предприятий осуществлять предпринимательскую деятельность в условиях цифровой экономики. Так, доля предприятий, использующих серверное оборудование, выросла с 10 % в 2005 г. до 60 % в 2019 г.; доля организаций, эксплуатирующих облачные серверы, увеличилась за тот же период

¹ Силин Я. П. Урал на пути к новой технологической индустриализации // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России: материалы I Уральского экономического форума (Екатеринбург, 24–25 октября 2019 г.): в 2 т. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2019. – Т. 1. – С. 18; Новикова Н. В. Новая индустриализация: региональная парадигма: монография / под ред. Е. Г. Анимыцы. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2018. – С. 137.

² Шайбакова Л. Ф., Лубина Д. С. Выполнение государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» как институциональный инструмент формирования высокотехнологичных производств // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 3 (105). – С. 85.

³ Шайбакова Л. Ф. Оценка тенденций развития инновационной деятельности в Свердловской области // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России: материалы I Уральского экономического форума (Екатеринбург, 24–25 октября 2019 г.): в 2 т. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2019. – Т. 2. – С. 186–191.

⁴ Силин Я. П., Анимыца Е. Г., Новикова Н. В. Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации: монография / под науч. ред. С. Ю. Глазьева, С. Д. Бодрунова. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2019. – С. 9.

⁵ Силин Я. П., Коковихин А. Ю. Развитие цифровых компетенций трудовых ресурсов в рамках концепции «умной специализации» региона // Human progress. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 1–10.

в два раза (с 14 % до 30 %)¹. Также следует отметить высокий уровень инновационности региона²;

– АО «ПО «УОМЗ» обладает колоссальным опытом промышленной эксплуатации современных корпоративных информационных систем (начиная с 2004 г.), интегрирующих все многообразие научно-технических и производственно-технологических процессов, что выгодно отличает предприятие от аналогичных в отрасли. Цифровое пространство охватывает все этапы жизненного цикла изделий, от конструкторской и технической подготовки производства, материально-технического снабжения, литейного, механического, отделочного производства, сборки и упаковки изделий до технического контроля качества продукции, логистики, которые в дальнейшем подлежали исследованию в рамках настоящей работы.

Предприятие производит широкую номенклатуру высокотехнологичных изделий, отличающихся сложным составом и многоступенчатым процессом изготовления. В том числе ведется разработка и производство опико-электронных систем различного назначения, а также медицинского, светотехнического, геодезического и измерительного оборудования. Одна из новейших разработок предприятия – уникальный лазерный измерительно-информационный комплекс МИМ-340, базирующийся на технологии модуляционной интерференционной микроскопии. Среди инновационных медицинских изделий можно отметить систему видеонаблюдения со встроенной камерой для инкубатора ИДН-03, позволяющую наблюдать за ребенком не только с диспетчерского пункта, но и удаленно через сеть Интернет; высокоэффективный аппарат поддержки дыхания новорожденных, не требующий электропитания; универсальный аппарат искусственной вентиляции легких АИВЛ-1, работающий в стационарном и переносном режимах. В АО «ПО «УОМЗ» также ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию сверх-

¹ Силин Я. П., Коковихин А. Ю. Развитие цифровых компетенций трудовых ресурсов в рамках концепции «умной специализации» региона // Human progress. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 1–10.

² Подшивалова М. В., Алмршед С. К. Тренды инновационной активности промышленных предприятия в РФ и мире // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 89.

тонкого уличного светильника с эффективным теплоотводом. Перспективным направлением является создание приборов, работающих на солнечной энергии¹.

По итогам реализации авторского методического подхода, предложенного в настоящей диссертации, получен ряд научных и практических результатов, изложенных ниже.

Следует отметить, что в рамках настоящей работы не могут быть представлены исходные данные для расчетов ввиду высоких требований к экономической и информационной безопасности оборонных предприятий в современных условиях. По той же причине приведенные расчеты частично скорректированы, что, в свою очередь, не повлияло на итоговые выводы в рамках исследования.

Получены следующие основные результаты².

1. *Экономический эффект от снижения издержек цифровой интеграции производственных процессов* (таблица 6).

Таблица 6 – Экономический эффект от снижения издержек цифровой интеграции на АО «ПО „УОМЗ“» за 2020–2022 гг.

Период	Значение, р./чел. (ориентировочные данные)
II квартал 2020 г.	–2 522
III квартал 2020 г.	–5 862
IV квартал 2020 г.	–14 257
<i>Итого за 2020 г.</i>	<i>–22 642</i>
I квартал 2021 г.	–3 563
II квартал 2021 г.	–6 093
III квартал 2021 г.	–7 066
IV квартал 2021 г.	–3 817
<i>Итого за 2021 г.</i>	<i>–20 538</i>

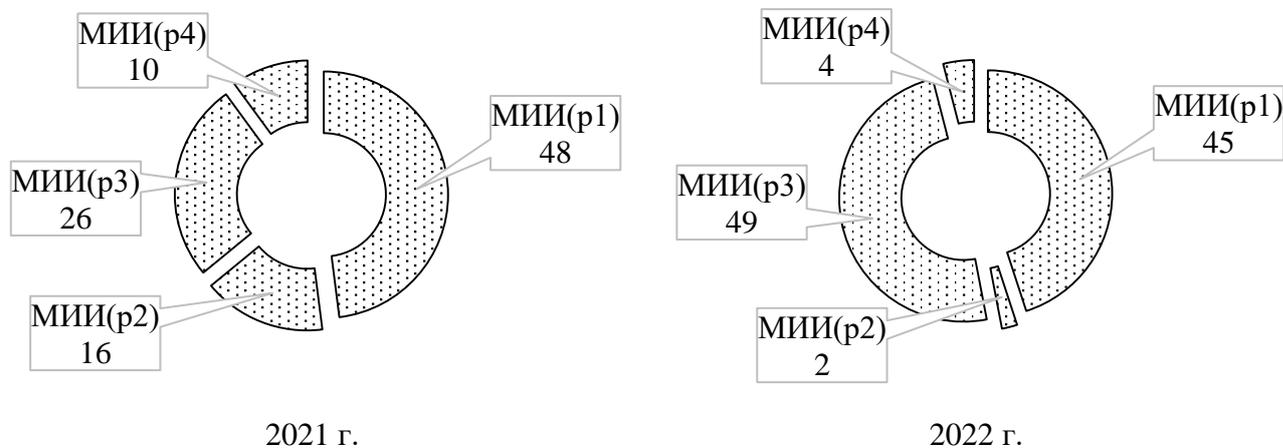
¹ Все сведения о продукции взяты с официального сайта Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова» в сети Интернет. – URL: <https://uomz.rf/gu> (по состоянию на 1 июля 2023 г.).

² Ваулин А. С. Экономический эффект цифровой интеграции: кейс предприятия машиностроения// Journal of new economy. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 88–104.

Продолжение таблицы 6

Период	Значение, р./чел. (ориентировочные данные)
I квартал 2022 г.	–1 282
II квартал 2022 г.	–16 158
III квартал 2022 г.	–4 100
IV квартал 2022 г.	–5 993
<i>Итого за 2022 г.</i>	–27 532

Таблица 6 показывает стабильное снижение издержек в каждом квартале 2020–2022 гг., что говорит о достижении экономического эффекта цифровой интеграции на рассматриваемом предприятии. Совокупный объем снижения средних затрат составил 20 538 р./чел. в 2021 г. относительно 2020 г., а также 27 532 р./чел. в 2022 г. к 2021 г.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 22 – Структура издержек цифровой интеграции производственных процессов на АО «ПО „УОМЗ“» за 2021–2022 гг., % (ориентировочные данные):

$\overline{\text{МИИ}(p_1)}$ – средние минимальные издержки администрирования;

$\overline{\text{МИИ}(p_2)}$ – средние минимальные издержки производственной асимметрии;

$\overline{\text{МИИ}(p_3)}$ – средние минимальные издержки квалификации;

$\overline{\text{МИИ}(p_4)}$ – средние минимальные издержки инфраструктуры

На рисунке 22 отмечается доминирование издержек администрирования и квалификации – 45–8 % и 26–49 % соответственно, что подтверждает необходимость поиска и реализации способов, позволяющих снизить длительность заведения данных в КИС, а также актуальность повышения квалификации сотрудников в области обработки больших данных. Кроме того, имеется значительное снижение доли издержек производственной асимметрии и инфраструктуры, что говорит о своевременной актуализации данных в КИС (в части норм и нормативов трудоемкости, сделных расценок, операций технологического процесса и пр.), а также бесперебойном функционировании системы.

Дальнейший анализ был дополнен поиском факторов, влияющих на величину издержек цифровой интеграции производственных процессов, с помощью расчета коэффициента парной корреляции.

2. Коэффициент парной корреляции (таблица 7).

Таблица 7 – Коэффициент парной корреляции между параметрами эконометрической модели в рамках оценки минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов на АО «ПО „УОМЗ“»

Результирующий параметр эконометрической модели y_i	Влияющий фактор эконометрической модели x_i	Коэффициент парной корреляции r
Среднее значение минимальных издержек администрирования за период (y_1)	Величина административного цикла изделия за период (x_1)	0,948
Среднее значение минимальных издержек производственной асимметрии за период (y_2)	Темп роста фактической стоимости часа труда персонала промышленного предприятия за период (x_2)	-0,917
Среднее значение минимальных издержек квалификации за период (y_3)	Средние затраты времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных за период (x_3)	-0,935
Среднее значение минимальных издержек инфраструктуры за период (y_4)	Среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы (x_4)	0,844
Примечание – Составлено автором.		

По шкале Чеддока отмечается очень сильное влияние на уровень издержек цифровой интеграции производственных процессов АО «ПО „УОМЗ“» таких факторов, как длительность административного цикла изделия, степень относительного отклонения фактической часовой тарифной ставки персонала от рыночного уровня, средние затраты времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных (коэффициент парной корреляции в диапазоне 0,9–0,99). Также сильное влияние оказывает время восстановления КИС (коэффициент парной корреляции в диапазоне 0,7–0,9).

В соответствии с таблицей 7 первый и четвертый коэффициенты корреляции имеют положительные значения. Это говорит о том, что чем выше длительность административного цикла изделия либо среднего времени восстановления КИС, тем больше издержек цифровой интеграции производственных процессов несет предприятие. В то же время второй и третий коэффициенты имеют отрицательные значения, поэтому можно утверждать, что чем выше темп роста фактической стоимости часа труда персонала и средние затраты времени на обучение сотрудников, тем меньше уровень издержек цифровой интеграции производственных процессов.

По итогам выявления корреляции между результирующими параметрами и влияющими факторами можно перейти к следующему этапу – построению эконометрических моделей.

3. Эконометрические модели взаимосвязи.

С учетом прямого влияния факторов на результирующие параметры применялся метод линейного регрессионного анализа по следующей формуле:

$$y = b_0 + b_1x, \quad (40)$$

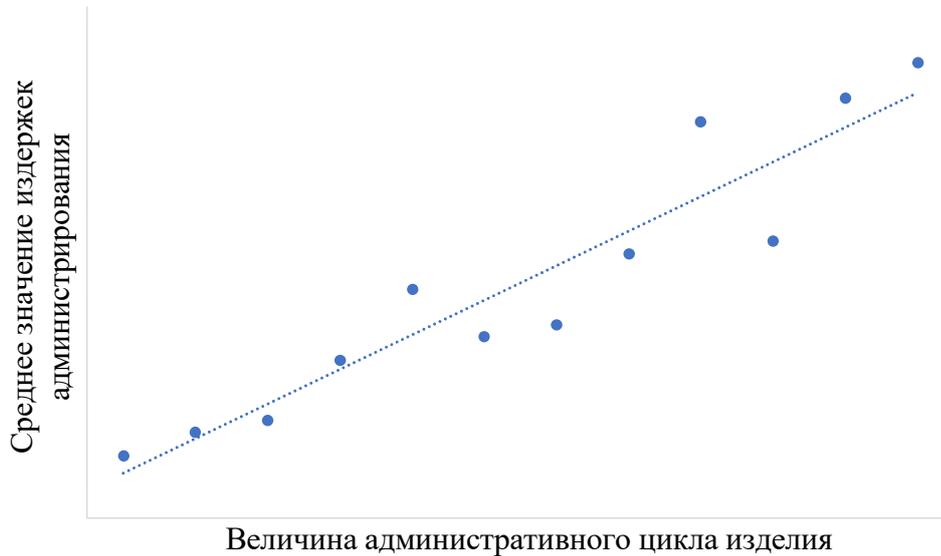
где y – результирующий параметр; x – влияющий фактор; b_0 – свободный член; b_1 – коэффициент регрессии.

В результате получены следующие математические уравнения.

3.1. Между величиной административного цикла изделия (x_1) и средним значением издержек администрирования (y_1):

$$y_1 = 0,02x_1 - 332,9.$$

Графическое изображение данной зависимости представлено на рисунке 24.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 23 – Графическое изображение зависимости между величиной административного цикла изделия и средним значением издержек администрирования для АО «ПО „УОМЗ“» за период с I квартала 2020 г. по IV квартал 2022 г.¹

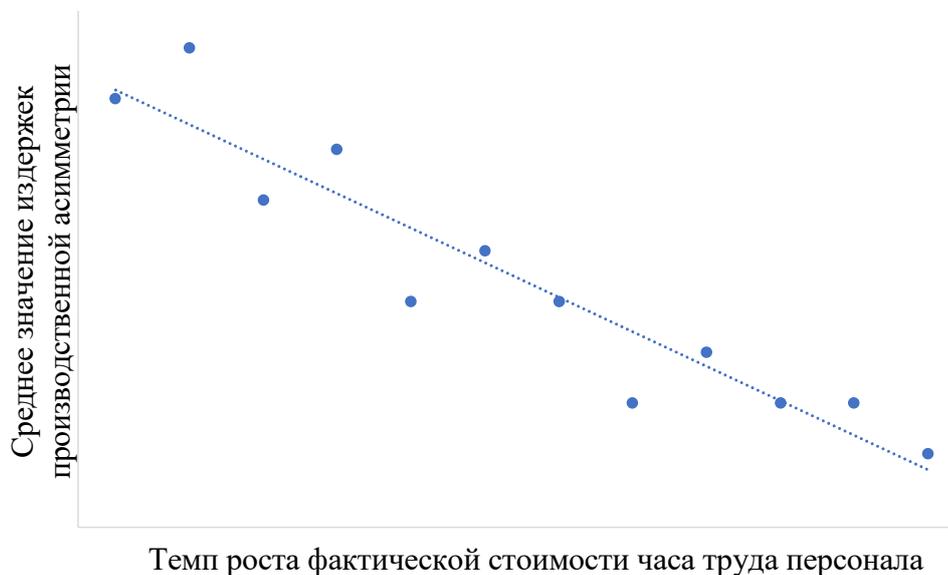
Полученная зависимость свидетельствует, что для объекта исследования чем короче административный цикл изделия, тем меньше значение издержек администрирования.

3.2. Между темпом роста фактической стоимости часа труда персонала (x_2) и средним значением издержек производственной асимметрии (y_2):

$$y_2 = 251,1 - 241,92x_2.$$

¹ Здесь и далее на графиках не представлены фактические значения показателей ввиду повышенных требований к экономической и информационной безопасности предприятий оборонной отрасли.

Графическое изображение данной зависимости представлено на рисунке 24.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 24 – Графическое изображение зависимости между темпом роста фактической стоимости часа труда персонала и средним значением издержек производственной асимметрии для АО «ПО „УОМЗ“» за период с I квартала 2020 г. по IV квартал 2022 г.

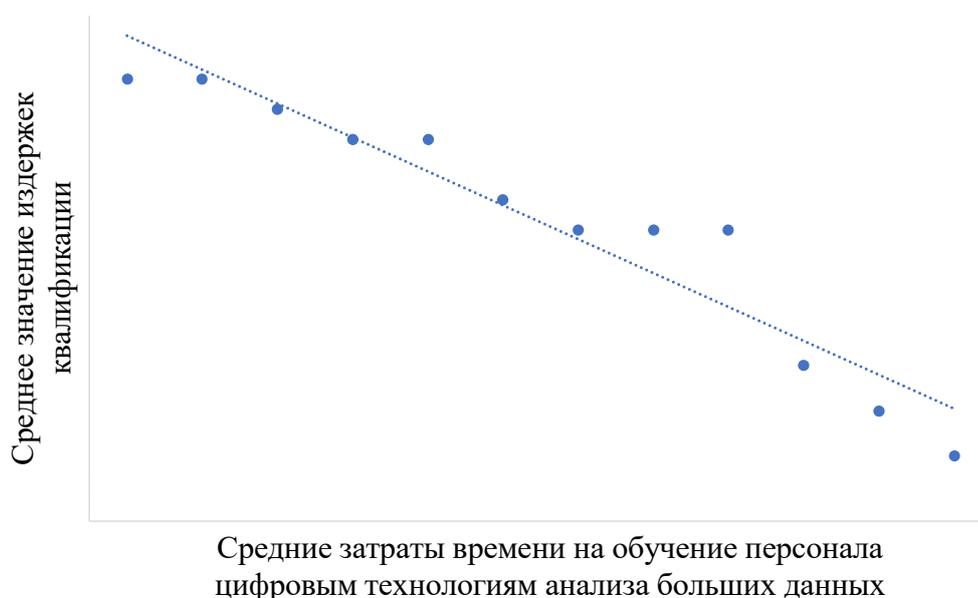
Полученная зависимость показывает, чем выше темп роста фактической стоимости часа труда персонала, тем ниже среднее значение издержек производственной асимметрии.

3.3. Между средними затратами времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных (x_3) и средним значением издержек квалификации (y_3):

$$y_3 = 210,74 - 1,95x_3.$$

Графическое изображение данной зависимости представлено на рисунке 25.

Представленная зависимость свидетельствует, что чем больше курс обучения персонала, тем меньше издержки квалификации.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 25 – Графическое изображение зависимости между средними затратами времени на обучение персонала цифровым технологиям анализа больших данных и средним значением издержек квалификации для АО «ПО „УОМЗ“» за период с I квартала 2020 г. по IV квартал 2022 г.

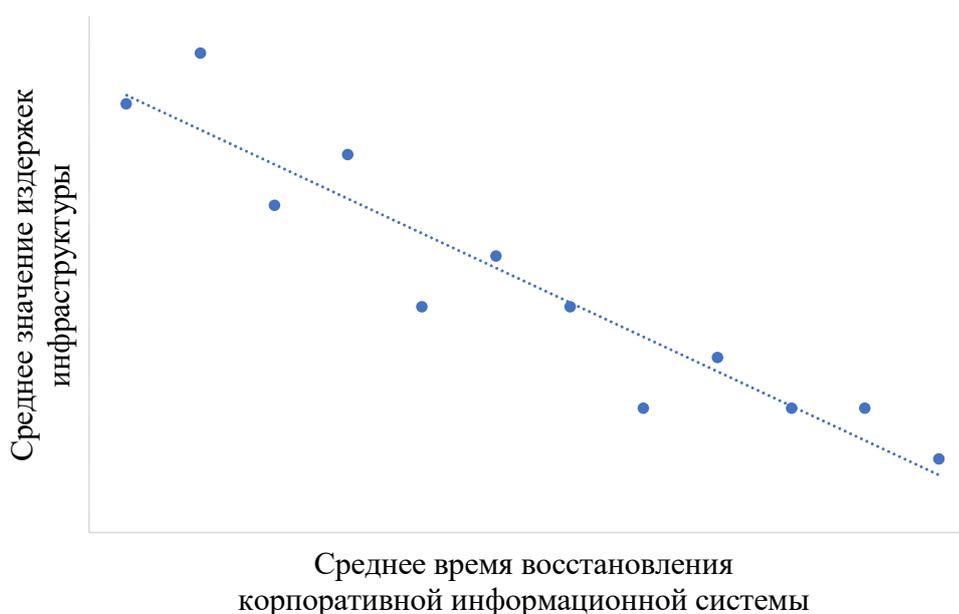
3.4. Между средним временем восстановления корпоративной информационной системы (x_4) и средним значением издержек инфраструктуры (y_4):

$$y_4 = 4,81 + 30,28x_4.$$

Графическое изображение данной зависимости представлено на рисунке 26. Данная зависимость показывает, что чем выше среднее время восстановления КИС, тем больше издержки инфраструктуры.

Все перечисленные уравнения и коэффициенты в их составе прошли общую проверку на значимость, что подчеркивает их пригодность для применения.

Таким образом, представленная практическая реализация авторского подхода позволила провести оценку экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов для АО «ПО «УОМЗ» и выявить факторы, влияющие на его величину.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 26 – Графическое изображение зависимости между средним временем восстановления корпоративной информационной системы и средним значением издержек инфраструктуры для АО «ПО „УОМЗ“» за период с I квартала 2020 г. по IV квартал 2022 г.

В целях дальнейшего увеличения объема экономического эффекта и транслирования опыта АО «ПО «УОМЗ» на остальные предприятия ВПК требуется реализация универсального научно-практического подхода.

3.2 Научно-практический подход к повышению экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов

По итогам практической оценки фактической и прогнозной величин минимальных издержек цифровой интеграции на примере АО «ПО „УОМЗ“» появляется необходимость их сравнения с эталонными значениями (целью). В связи с этим задачей настоящего параграфа стало определение неких оптимальных значений для каждого вида издержек, а также разработка рекомендаций по их достижению.

Результаты параграфа 2.2 показывают, что при расчете издержек цифровой интеграции используется три показателя:

- средняя численность персонала;
- специализированный коэффициент для того или иного вида издержек цифровой интеграции;
- фонд рабочего времени.

Среди перечисленных показателей лишь один оказывает прямое влияние на уровень рассматриваемых издержек – это специализированный коэффициент цифровой интеграции. Именно он, по мнению автора диссертации, должен подлежать нормированию. Остальные показатели зависят от факторов, не связанных с процессами цифровой интеграции (допустим, рост объемов производства, техническое перевооружение, инновационная активность), что приводит к изменению численности персонала и, соответственно, фонда рабочего времени. В связи с этим данные показатели исключаются из анализа.

Среди исследуемых коэффициентов цифровой интеграции следует отметить:

- *коэффициент администрирования*, отражающий долю фактического фонда рабочего времени каждого сотрудников на заведение рабочих данных в КИС;
- *коэффициент производственной асимметрии*, показывающий, насколько в относительном выражении фактическая трудоемкость выполненных операций по данным КИС превосходит фактический фонд рабочего времени персонала согласно табельному учету за месяц;
- *коэффициент дефицита квалификации*, отражающий непродуктивную долю фактического фонда рабочего времени сотрудников интеллектуального труда, вызванную недостатком знаний по выполнению задач с применением анализа больших данных.
- *коэффициент инфраструктуры*, показывающий долю простоев рабочего времени сотрудников, задействованных в работе с персональным компьютером, по причине нестабильного функционирования корпоративной информационной системы.

Для выявления оптимальных значений данных коэффициентов был применен метод экспертных оценок. В опросе принимали участие 15 экспертов из числа представителей информационных, производственных и экономических служб. В том числе руководители высшего звена – 5 чел., среднего звена – 5 чел., начального звена – 5 чел. Каждому из них был выдан опросный лист, где нужно было оценить оптимальный уровень коэффициентов цифровой интеграции с обоснованием своей позиции. В результате получены следующие значения (таблица 8).

Таблица 8 – Оптимальные значения коэффициентов цифровой интеграции производственных процессов

Коэффициент цифровой интеграции производственных процессов	Оптимальное значение, %
Коэффициент администрирования	6,25
Коэффициент производственной асимметрии	1,00
Коэффициент дефицита квалификации	1,50
Коэффициент инфраструктуры	0,01
Примечание – Составлено автором.	

Можно дать следующую интерпретацию приведенных оптимальных значений:

- не больше получаса своего дневного рабочего времени каждый сотрудник промышленного предприятия должен тратить на заведение рабочих данных в КИС;
- допускается превышение фактической трудоемкости выполненных операций по данным КИС на 1 % относительно фактического фонда рабочего времени на одного сотрудника согласно табельному учету за месяц, что объясняется нормальной погрешностью и возможным влиянием человеческого фактора;
- не меньше 95 % сотрудников интеллектуального труда должны пройти обучение на курсах анализа больших данных; оставшиеся 5 % объясняются естественным обновлением персонала и необходимостью его обучения, причем 30 % фонда рабочего времени данных сотрудников будут, скорее, непродуктивны ввиду недостатка знаний и навыков по применению цифровых технологий;

– время простоя рабочего времени для сотрудников, задействованных в работе с персональным компьютером, может составлять не более одной минуты в день на человека.

Далее становится возможным рассчитать оптимальный уровень того или иного вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов на одного человека.

В качестве примера обобщенная формула будет выглядеть следующим образом:

$$\overline{\text{МИИ}(p_i)^{\text{опт}}} = \frac{\text{СЧ}_i^{\text{факт}} \times K_i^{\text{опт}} \times \text{ФРВ}_i^{\text{факт}}}{\text{СЧ}}, \quad (41)$$

где $\overline{\text{МИИ}(p_i)^{\text{опт}}}$ – оптимальный уровень i -го вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов на одного человека за период, ч/чел.; $\text{СЧ}_i^{\text{факт}}$ – средняя фактическая численность того или иного вида персонала промышленного предприятия в зависимости от i -го вида издержек цифровой интеграции производственных процессов за период, чел.; $K_i^{\text{опт}}$ – оптимальный уровень коэффициента для i -го вида издержек цифровой интеграции производственных процессов; $\text{ФРВ}_i^{\text{факт}}$ – фактический фонд рабочего времени на одного человека за период, ч; СЧ – средняя численность персонала промышленного предприятия за период, чел.

В случае, если имеется следующее соотношение:

$$\overline{\text{МИИ}(p_i)^{\text{факт}}} \leq \overline{\text{МИИ}(p_i)^{\text{опт}}}, \quad (42)$$

где $\overline{\text{МИИ}(p_i)^{\text{факт}}}$ – фактический уровень i -го вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов на одного человека за период, ч/чел.; $\overline{\text{МИИ}(p_i)^{\text{опт}}}$ – оптимальный уровень i -го вида минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов на одного человека за период, ч/чел.,

то считается, что достигнуты оптимальные издержки цифровой интеграции производственных процессов, имеется предельный уровень экономического эффекта.

В противном случае существует потенциал к возникновению экономического эффекта цифровой интеграции в натуральном выражении:

$$\begin{cases} \overline{\text{ЭЦИ}}_i^{\text{потенц}} = \overline{\text{МИИ}}(p_i)^{\text{факт}} - \overline{\text{МИИ}}(p_i)^{\text{опт}}, \\ \text{если } \overline{\text{МИИ}}(p_i)^{\text{факт}} > \overline{\text{МИИ}}(p_i)^{\text{опт}}, \end{cases} \quad (43)$$

где $\overline{\text{ЭЦИ}}_i^{\text{потенц}}$ – потенциальный экономический эффект цифровой интеграции производственных процессов в натуральном выражении за период, ч/чел.

Либо в стоимостном выражении:

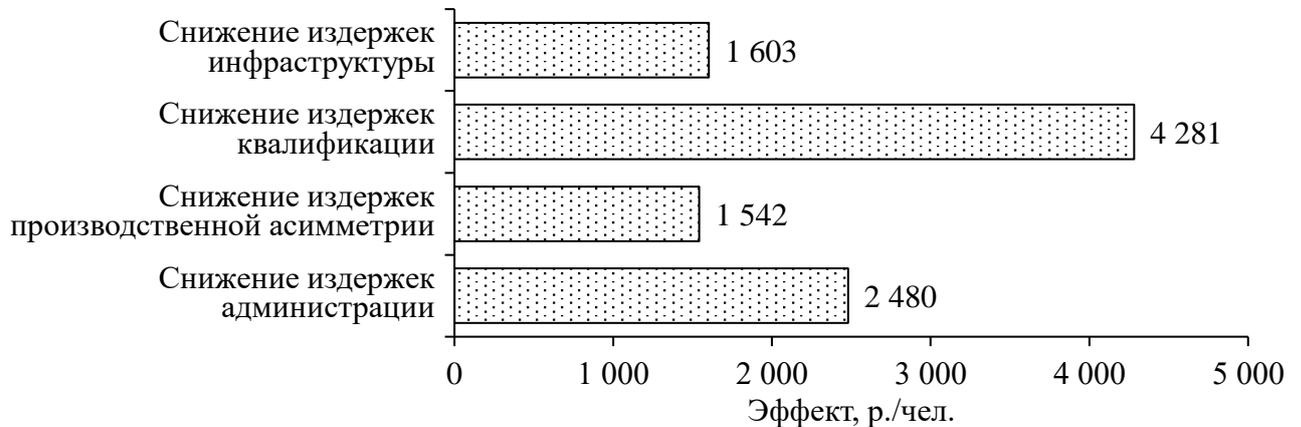
$$\overline{\text{ЭЦИ}}_i^{\text{потенц}} = \left(\overline{\text{МИИ}}(p_i)^{\text{факт}} - \overline{\text{МИИ}}(p_i)^{\text{опт}} \right) \times \overline{\text{ЧТС}}^{\text{факт}}, \quad (44)$$

где $\overline{\text{ЭЦИ}}_i^{\text{потенц}}$ – потенциальный экономический эффект цифровой интеграции производственных процессов в стоимостном выражении за период, р./чел.; $\overline{\text{ЧТС}}^{\text{факт}}$ – фактическая средняя часовая тарифная ставка труда персонала промышленного предприятия за период, р./ч.

Применение данного подхода на примере АО «ПО „УОМЗ,»» позволило получить следующие результаты (рисунок 27).

Рисунок 27 показывает наличие потенциальных экономических эффектов цифровой интеграции производственных процессов на АО «ПО „УОМЗ,»», особенно в области повышения квалификации персонала по работе с цифровыми технологиями анализа больших данных. Это говорит о необходимости реализации практических мероприятий по приведению фактических издержек цифровой интеграции производственных процессов к оптимальному уровню. В связи с этим

автором диссертации предлагается реализовать следующий комплекс мероприятий¹.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 27 – Потенциальные экономические эффекты цифровой интеграции производственных процессов на АО «ПО „УОМЗ“» (ориентировочные данные)

1. В области минимизации издержек администрирования необходимо достичь оптимальный уровень затрат времени сотрудников промышленного предприятия на заведение рабочих данных в корпоративную информационную систему для обеспечения приоритета выполнения непосредственных задач. В связи с этим необходимо (при условии обеспечения надлежащего качества готовых изделий и процессов):

– со стороны цифровых технологий: обеспечить достаточный и эргономичный функционал используемой программы², а также быструю скорость обработки данных³, стремясь к формированию эталонной архитектуры КИС⁴ с ориентацией

¹ Головина, А. Н., Алексина А. С., Ваулин А. С. Ключевые направления развития цифровой интеграции на промышленном предприятии // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 26 июня 2023 г.). – Махачкала: Алеф, 2023. – С. 332–336.

² Cimino C., Negri E., Fumagalli L. Review of digital twin applications in manufacturing // Computers in industry. – 2019. – Vol. 113. – Art. no. 103130.

³ Pellicelli M. The digital transformation of supply chain management. – Elsevier Science, 2022. – 488 p.

⁴ Kaiser J., McFarlane D., Hawkrige G. et al. A review of reference architectures for digital manufacturing: classification, applicability and open issues // Computers in industry. – 2023. – Vol. 149. – Art. no. 103923.

на построение оптимальной системы управления¹, минимизирующей участие человека в выполнении операций;

– со стороны базовых ресурсов: оптимизировать конструкторскую и технологическую архитектуру изделий², снизить количество используемых товарно-материальных ценностей, применять универсальные виды оборудования, инструментов и оснастки³;

– со стороны процессов: оптимизировать количество производственных операций, исключить дублирование и количество действий при выполнении прочих задач для нормализации величины административного цикла готовых изделий.

2. Для минимизации издержек производственной асимметрии необходимо достичь соответствия между фактической трудоемкостью выполненных операций по данным КИС и фактическим фондом рабочего времени на одного производственного рабочего согласно табельному учету (при полной загрузке персонала). В связи с этим необходимо исключить ошибки, допускаемые при заведении данных в КИС, включая, например, недостоверные нормы и нормативы трудоемкости, сделанные расценки, операции технологического процесса и пр. Для этого необходимо:

– со стороны цифровых технологий: разработать отчеты, содержащие сведения о соотношении фактической трудоемкости выполненных операций по данным КИС и фактического фонда рабочего времени на одного производственного рабочего согласно табельному учету; при выявлении отклонений автоматически выдавать соответствующее уведомление заинтересованным службам;

¹ Lyly-Yrjänäinen J., Holmström J., Johansson M. I., Suomala P. Effects of combining product-centric control and direct digital manufacturing: the case of preparing customized hose assembly kits // *Computers in industry*. – 2016. – Vol. 82. – P. 82–94.

² Gurca A., Bagherzadeh M., Markovic S., Koporcic N. Managing the challenges of business-to-business open innovation in complex projects: a multi-stage process model // *Industrial marketing management*. 2021. – Vol. 94. – P. 202–215.

³ Khajavi S. H., Partanen J., Holmström J., Tuomi J. Risk reduction in new product launch: a hybrid approach combining direct digital and tool-based manufacturing // *Computers in industry*. – 2015. – Vol. 74. – P. 29–42.

– со стороны базовых ресурсов: повысить заинтересованность персонала в обеспечении достоверности данных, заводимых в КИС, в том числе за счет соответствующей системы материального стимулирования¹;

– со стороны процессов: периодически обеспечить выборочную проверку достоверности данных о научно-технических и производственно-технологических операциях и работах.

3. В области минимизации издержек квалификации необходимо снизить потери рабочего времени сотрудников, занятых интеллектуальным трудом, связанные с недостатком навыков и знаний по выполнению текущих задач с применением цифровых технологий анализа больших данных. Для этого рекомендуется:

– со стороны цифровых технологий: внедрить пользовательские инструкции, содержащие алгоритм действий по работе с КИС;

– со стороны базовых ресурсов: осуществлять систематическое обучение сотрудников, занятых интеллектуальным трудом, выполнению задач посредством инструментов обработки больших данных², включая применение новых подходов к взаимодействию на базе методологии Индустрии 4.0³; развивать аналитические способности руководителей в рамках взаимодействия с цифровыми технологиями⁴;

¹ McKie M. G., Jones R., Miles J., Jones I. R. Improving lean manufacturing systems and tools engagement through the utilisation of Industry 4.0, improved communication and a people recognition methodology in a UK engine manufacturing center // *Procedia manufacturing*. – 2021. – Vol. 55. – P. 371–382.

² Ren S., Zhang Y., Liu Y. et al. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework, challenges and future research directions // *Journal of cleaner production*. – 2019. – Vol. 210. – P. 1343–1365.

³ McKie M. G., Jones R., Miles J., Jones I. R. Implementing digitalised lean manufacturing training in a UK engine manufacturing centre during the SARS-CoV2 pandemic of 2020 // *Procedia manufacturing*. – 2021. – Vol. 55. – P. 571–579.

⁴ Korherr P., Kanbach D. K., Kraus S., Mikalef P. From intuitive to data-driven decision-making in digital transformation: a framework of prevalent managerial archetypes // *Digital business*. – 2022. – Vol. 2, iss. 2. – Art. no. 100045.

– со стороны процессов: обеспечить стандартизацию научно-технических и производственно-технологических процессов промышленного предприятия, которые могут подлежать регламентации¹.

4. Для минимизации издержек инфраструктуры необходимо минимизировать простои рабочего времени сотрудников, задействованных в работе с персональным компьютером, по причине отказа корпоративной информационной системы. Для этого следует:

– со стороны цифровых технологий²: обеспечить необходимую мощность эксплуатируемого оборудования;

– со стороны базовых ресурсов: предоставить необходимое обслуживание КИС в целях ее надлежащей работоспособности, в том числе за счет достаточного объема финансирования, содержания штата ИТ-специалистов высокой квалификации и пр.

– со стороны процессов: оптимизировать состав и структуру действий, операций для снижения количества запросов в систему.

Все вышеперечисленные мероприятия позволяют систематизировать основные свойства ключевых компонентов цифровой интеграции производственных процессов (цифровые технологии, базовые ресурсы, научно-технические и производственно-технологические процессы), при наличии которых возможно получить потенциальный экономический эффект³ (рисунок 28).

Анализ данных свойств применительно к АО «ПО „УОМЗ“» позволил получить следующие результаты (рисунок 29).

¹ Негреева В. В., Алексашкина Е. И., Круглова А. И. и др. Стандартизация как инструмент реализации принципов бережливого производства // *Modern economy success*. – 2020. – № 5. – С. 214.

² Basu S. *Plant intelligent automation and digital transformation, vol. I: Process and factory automation*. – Elsevier, 2022. – 480 p.

³ Головина, А. Н., Алексина А. С., Ваулин А. С. Ключевые направления развития цифровой интеграции на промышленном предприятии // *Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 26 июня 2023 г.)*. – Махачкала: Алеф, 2023. – С. 332–336.

	Свойства цифровых технологий	Свойства базовых ресурсов	Свойства процессов
Экономический эффект минимизации издержек администрирования	Эргономичность	Оптимальность	Минимальность
	Реактивность	Универсальность	Логичность
Экономический эффект минимизации издержек производственной асимметрии	Функциональность	Подконтрольность	Достоверность
	Полезность	Точность	Актуальность
Экономический эффект минимизации издержек квалификации	Понятность	Адаптивность	Стандартность
	Доступность	Рациональность	Понятность
Экономический эффект минимизации издержек инфраструктуры	Активность	Достаточность	Организованность
	Мощность	Регламентированность	Своевременность

Примечание – Составлено автором.

Рисунок 28 – Свойства компонентов цифровой интеграции производственных процессов, способствующие достижению потенциального экономического эффекта на промышленном предприятии

	Свойства цифровых технологий	Свойства базовых ресурсов	Свойства процессов
Экономический эффект минимизации издержек администрирования	Функциональность	Оптимальность	Минимальность
	Реактивность	Универсальность	Логичность
Экономический эффект минимизации издержек производственной асимметрии	Эргономичность	Подконтрольность	Достоверность
	Полезность	Точность	Актуальность
Экономический эффект минимизации издержек квалификации	Понятность	Адаптивность	Стандартность
	Доступность	Рациональность	Понятность
Экономический эффект минимизации издержек инфраструктуры	Активность	Достаточность	Организованность
	Мощность	Регламентированность	Своевременность

Примечание – Составлено автором.

Рисунок 29 – Свойства компонентов цифровой интеграции производственных процессов, способствующие достижению потенциальных экономических эффектов на АО «ПО „УОМЗ“»: зеленый цвет – свойство присутствует; серый цвет – свойство частично присутствует

Рисунок 29 показывает, что в целях достижения потенциального экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на АО «ПО „УОМЗ“» необходимо реализовать следующие мероприятия:

– для минимизации издержек администрирования уменьшить количество бюрократических процессов, требующих значительного числа согласований различных документов и действий, а также сокращать число специфических видов материалов, комплектующих, иных ресурсов;

– в области минимизации издержек производственной асимметрии своевременно актуализировать данные, содержащиеся в корпоративной информационной системе, в том числе о составах изделий, потребностях производства, применяемых материалах и пр. Для этого необходимо улучшить эргономичность системы для пользователей, включая в части интеграции цифровых технологий между собой. Кроме того, следует повысить контроль за достоверностью данных;

– в целях минимизации издержек квалификации для сотрудников интеллектуального труда провести обучающие курсы по цифровым технологиям анализа больших данных, позволяющим автоматизировать выполнение рутинных задач. Могут применяться игровые формы обучения с полным погружением в предметную область¹;

– для минимизации издержек инфраструктуры в плановом порядке обновить парк оборудования, необходимый для обеспечения цифровой интеграции.

Оценка целесообразности реализации того или иного мероприятия на промышленном предприятии должна проводиться в соответствии с экономической политикой цифровой интеграции производственных процессов.

¹ Vin L. J., Jacobsson L., Odhe J. E. Game-based lean production training of university students and industrial employees // *Procedia manufacturing*. – 2018. – Vol. 25. – P. 578–585.

3.3 Экономическая политика цифровой интеграции производственных процессов

Экономическая политика цифровой интеграции является базовым документом, определяющим систему основополагающих правил по реализации конкретных мероприятий в сфере обеспечения взаимосвязанности научно-технических и производственно-технологических процессов с учетом сбалансированного развития цифрового, кадрового, инновационного, производственного потенциала промышленного предприятия на основе корпоративной информационной системы при оптимальном уровне издержек цифровой интеграции¹.

Содержание экономической политики должно органично встраиваться в общую систему стратегических и программных документов промышленного предприятия, в том числе ориентироваться на цели и задачи внутренней стратегии развития, а также действующих политик по развитию различных функциональных направлений. Важно учитывать не только требования внутренней среды, но и внешних программ федерального и регионального значения, включая проработку возможностей по получению финансирования от институтов развития².

В случае, если мероприятия по цифровой интеграции соответствуют экономической политике, то они включаются в оперативные планы деятельности, а затраты на них отражаются в бюджетной системе промышленного предприятия.

Анализ опыта АО «ПО „УОМЗ“» позволил выявить определенную взаимосвязь экономической политики цифровой интеграции производственных процессов с иными стратегическими и плановыми документами промышленного предприятия (рисунок 30).

¹ Головина А. Н., Ваулин А. С. Экономическая политика цифровых интеграций на промышленном предприятии // Полицентричный мир: новая экономическая повестка: сб. науч. тр. X Уральских научных чтений профессоров и докторантов гуманитарных наук (Екатеринбург, 1 марта 2023 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2023. – С. 32–40.

² Хоменко Е. Б., Ватутина Л. А., Злобина Е. Ю. Инфраструктура предпринимательства в условиях цифровой трансформации // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 4 (118). – С. 191–194.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 30 – Взаимосвязь экономической политики цифровой интеграции производственных процессов с иными стратегическими и плановыми документами на примере АО «ПО „УОМЗ“»

Рисунок 30 показывает, что экономическая политика цифровой интеграции для предприятий машиностроения должна базироваться на положениях Национальной программы «Цифровая экономика в Российской Федерации». Ее цель – улучшение комфорта и качества жизни граждан, а также снижение издержек и развитие бизнеса. Реализация программы направлена на достижение национальной цели по цифровой трансформации, включая формирование цифровой зрелости в ключевых отраслях экономики, а также увеличение вложений в ответственные решения в сфере информационных технологий. В рамках национальной программы предусмотрены несколько федеральных проектов, в том числе:

– «Нормативное регулирование цифровой среды» для создания правового поля, направленного на развитие цифровизации;

– «Кадры для цифровой экономики» в целях формирования навыков и знаний по созданию или применению цифровых технологий в различных отраслях экономики;

– «Информационная инфраструктура», предполагающая обеспечение доступности онлайн-сервисов, повышение скорости передачи цифровой информации, в том числе для развития промышленного интернета вещей;

– «Информационная безопасность» в целях обеспечения сохранности цифровых данных в информационных системах;

– «Цифровые технологии», «Искусственный интеллект» – стимулирование отечественных разработок, в том числе за счет льготного кредитования, предоставления грантов, налоговых льгот;

– «Цифровое государственное управление», позволяющее минимизировать административные барьеры при получении государственных услуг гражданами;

– прочие федеральные проекты.

Весомый вклад в цифровизацию промышленности вносит также реализация следующих проектов: «умное» производство, цифровой инжиниринг, новая модель занятости, продукция будущего¹.

Для промышленных предприятий цели национальных программ и проектов означают актуальность повышения эффективности институциональной среды в области цифровизации²; необходимость обучения руководителей цифровой трансформации предприятий, а также повышения квалификации персонала в области цифровизации; обеспечение бесперебойного функционирования цифровой среды, сохранность электронных данных; актуальность внешнего льготного софинансирования цифровых проектов; переход на отечественные цифровые решения, что дает конку-

¹ Романова О. А., Пономарева А. О. Цифровизация промышленности как фактор повышения устойчивости экономики к шокowym воздействиям // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сб. науч. ст. – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2022. – С. 175.

² Акбердина В. В., Пьянкова С. Г. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 227, № 1. – С. 292–313.

рентные преимущества для сбалансированного развития¹; минимизацию длительности администрирования процессов в КИС и пр. Все это должно учитываться при разработке мероприятий по цифровой интеграции на промышленном предприятии.

Реализация рассматриваемой экономической политики также предполагает учет федеральных и региональных проектов и программ развития, например, направленных на финансирование капитальных затрат на цифровую трансформацию². Так, Фондом развития промышленности предусмотрена программа «Проекты развития», в рамках которой предоставляется льготное заемное финансирование на цифровизацию производственных процессов. По состоянию на 1 августа 2023 г. сумма займа может составлять от 100 до 1 000 млн р. на срок до 5 лет при годовой ставке 1–3 % в зависимости от параметров проекта³.

Также существует региональная программа Фонда технологического развития промышленности Свердловской области, согласно которой на 1 августа 2023 г. сумма займа может варьироваться от 20 до 50 млн р. на срок до 5 лет при годовой ставке 5–3 %⁴.

Аккумуляция целей и задач всех вышеперечисленных проектов и программ позволяет сформулировать основные правила экономической политики цифровой интеграции производственных процессов (рисунок 31).

Содержание данных правил заключается в следующем⁵.

¹ Акбердина В. В., Смирнова О. П. Кросс-индустриальная трансформация: структурные изменения и инновационное развитие // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2021. – Т. 17, № 7 (400). – С. 1246.

² Акбердина В. В. Системная устойчивость промышленности индустриальных регионов к условиям санкционного давления: оценка и перспективы // Journal of new economy. – 2022. – Т. 23, № 4. – С. 40.

³ Стандарт фонда Условия финансирования проектов по программе «Проекты развития» от 13 октября 2022 г. № СФ-И-51 / Фонд развития промышленности. – URL: <https://bod.frprf.ru/public/documents/standart-fonda-usloviya-finansirovaniya-proektov-po-programme-proekty-razvitiya> (дата обращения: 01.08.2023).

⁴ Стандарт фонда Условия и порядок отбора проектов для финансирования по региональной программе «Проекты развития» от 17 апреля 2023 г. № СФ-02 / Фонда технологического развития промышленности Свердловской области. – URL: <http://frpso.ru/upload/iblock/d2b/d2b48-02c56c674ca083bdaf925ef528f.pdf> (дата обращения: 01.08.2023).

⁵ Головина А. Н., Ваулин А. С. Экономическая политика цифровых интеграций на промышленном предприятии // Полицентричный мир: новая экономическая повестка: сб. науч. тр. X Уральских научных чтений профессоров и докторантов гуманитарных наук (Екатеринбург, 1 марта 2023 г.). – Екатеринбург: УрГЭУ, 2023. – С. 32–40.



Примечание – Составлено автором.

Рисунок 31 – Основные правила экономической политики цифровой интеграции производственных процессов на промышленном предприятии

Правило 1. *Обеспечение экономического или иного полезного эффекта.*

Содержание правила: мероприятие по цифровой интеграции реализуется при условии, если соответствует целям, интересам и приоритетам промышленного предприятия, а именно имеет определенную позитивную ценность: экономический эффект в виде дополнительной прибыли, снижения затрат, сокращения длительности научно-технических и производственно-технологических процессов либо повышения их качества за счет улучшения свойств базовых ресурсов, расширения функционала цифровых технологий и пр.

Реализация правила: для каждого мероприятия устанавливаются ключевые показатели цифровой интеграции¹, которые определяются с учетом smart-признаков, т. е. обладают конкретностью (specific), измеримостью (measurable), достижимостью (achievable), значимостью (relevant) и ограниченностью во времени (time bound).

Далее разрабатываются и своевременно реализуются конкретные действия в области организации, планирования, мотивации и контроля выполнения мероприятий по цифровой интеграции.

При появлении обстоятельств, препятствующих достижению ключевых показателей, формируется план по их незамедлительному устранению наиболее целесообразным способом. Если затраты на исключение данных обстоятельств превышают ожидаемый экономический эффект от цифровой интеграции, то рассматривается вопрос о прекращении выполняемых мероприятий с фиксацией отрицательных результатов.

Правило 2. Эффективное использование ресурсов.

Содержание правила: выполнение мероприятий по цифровой интеграции обеспечивается необходимым объемом экономических активов и прочих ресурсов промышленного предприятия, которые должны расходоваться и применяться участниками процесса рационально (в пределах оптимальных затрат и времени, отдавая приоритет продуктивным операциям и работам²).

Реализация правила: объем экономических активов и прочих ресурсов, а также их назначение определяются и обосновываются с наибольшей точностью, возможной для каждого мероприятия по цифровой интеграции.

Все работы производятся за счет использования средств соответствующих источников финансирования: накопленная амортизация – для воспроизводства основных средств, операционная прибыль – в целях создания нематериальных активи-

¹ Gürdür D., El-khoury J., Törngren M. Digitalizing Swedish industry: what is next? // Computers in industry. – 2019. – Vol. 105. – P. 153–163.

² Dias J. A., Ferreira L. P., Gonçalves M. A., Silva F. J. G., Ares E. Analysis of an order fulfillment process at a metalwork company using different lean methodologies // Procedia manufacturing. – 2019. – Vol. 41. – P. 399–406.

вов. В случае дефицита финансирования в конкретном бюджетном периоде (т. е. превышения объема затрат над объемом средств соответствующих источников) определяются действия по их устранению – отказ от выполнения мероприятий либо привлечение внешнего софинансирования.

В целях привлечения бюджетных средств (государственные субсидии) и (или) средств внебюджетных фондов проводится мониторинг действующих территориальных программ финансирования с оценкой возможности участия в них. В случае выбора конкретной программы каждое мероприятие по цифровой интеграции проходит подготовку в соответствии с ее требованиями, которые необходимо выполнять своевременно и в полном объеме на протяжении всего использования заемных ресурсов. При этом расходование средств должно производиться в соответствии с их целевым назначением.

***Правило 3.** Обеспечение сбалансированности процессов и реализация системного подхода.*

Содержание правила: выполнение мероприятий по цифровой интеграции производственных процессов должно осуществляться в соответствии с системой взаимосвязанных, согласованных и сбалансированных практических действий для достижения поставленных целей и ключевых показателей¹. Описание бизнес-процессов должно быть достаточным для выполнения мероприятий и простым для понимания исполнителей.

Реализация правила: необходимо применение современных подходов к управлению бизнес-процессами, сопровождающееся изменениями в институциональной среде². Для этого в целях развития инноваций в исследовании Н. Bahemia,

¹ Leite E., Ingstrup M. B. Individual strategies as interaction modes for handling institutional logic diversity over time: a case study on a public-private collaboration project // *Industrial marketing management*. – 2022. – Vol. 107. – P. 266–275.

² Hinings B., Gegenhuber T., Greenwood R. Digital innovation and transformation: an institutional perspective // *Information and organization*. 2018. – Vol. 28, iss. 1. – P. 52–61.

J. K. Roehrich¹ доказывает эффективность перехода от уровня предприятия к управлению проектами, что требует внедрения соответствующих механизмов².

Большое значение имеет изучение опыта сторонних организаций (бенчмаркинг), например, посредством реализации межорганизационных проектов, что открывает возможности для расширения представлений об эффективном использовании ресурсов³.

Кроме того, требуется внедрение инструментов бережливого производства, позволяющих оптимизировать длительность производственного процесса (в том числе сократить время переналадки оборудования⁴).

В рамках совершенствования внутренней институциональной среды необходимы стандартизация и регламентация типовых бизнес-процессов⁵, автоматизация систематически повторяющихся действий⁶, разработка шаблонов действий для типовых ситуаций⁷. Все мероприятия должны выполняться исполнителями в пределах запланированных ресурсов и времени.

Правило 4. Взаимосвязь с операционной деятельностью.

Содержание правила: денежные потоки, генерируемые в рамках выполнения мероприятий по цифровой интеграции производственных процессов, необходимо включить в бюджетную систему промышленного предприятия с учетом его текущих и потенциальных возможностей и способностей к их реализации.

¹ Bahemia H., Roehrich J. K. Governing open innovation projects: The relationship between the use of trust and legal bonds // *Industrial marketing management*. – 2023. – Vol. 110. – P. 17–30.

² Предприятие в условиях цифровой трансформации: экономика и управление: монография / Я. П. Силин, А. Н. Головина, А. С. Ваулин и др. – Екатеринбург: Трикс, 2021. – С. 313.

³ Mota J., Castro L. M. Embedding of a new business as a cumulative process of combining different but complementary types of projects: the case of a project-based firm // *Industrial marketing management*. – 2019. – Vol. 80. – P. 188–200.

⁴ Monteiro C., Ferreira L. P., Fernandes N. O. et al. Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED // *Procedia manufacturing*. – 2019. – Vol. 41. – P. 555–562.

⁵ Pattij M., Wetering R., Kusters R. Enhanced digital transformation supporting capabilities through enterprise architecture management: a fsQCA perspective // *Digital business*. – 2022. – Vol. 2, iss. 2. – Art. no. 100036.

⁶ Li J., Merenda M., Venkatachalam A. Business process digitalization and new product development: an empirical study of small and medium-sized manufacturers // *International journal of e-business research*. – 2009. – Vol. 5, no. 1. – P. 49–64.

⁷ Bellavista P., Biccocchi N., Fogli M. et al. Requirements and design patterns for adaptive, autonomous, and context-aware digital twins in Industry 4.0 digital factories // *Computers in industry*. – 2023. – Vol. 149. – Art. no. 103918.

Реализация правила: при моделировании денежных потоков учитываются все поступления и платежи, связанные с выполнением мероприятий по повышению экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов.

Проводится оценка влияния результатов выполнения мероприятий на бюджетные показатели деятельности промышленного предприятия. Мероприятия реализуются в случае их позитивного влияния на коммерческие или социально-экономические показатели, а также при наличии возможности по их обеспечению необходимыми ресурсами.

Правило 5. Многоэтапность оценки.

Содержание правила: проводится анализ выполнения ключевых показателей цифровой интеграции на всех этапах жизненного цикла выполняемых мероприятий с оценкой вероятности наступления внешних и внутренних рисков, которые могут привести к росту издержек.

Реализация правила: на стадии принятия решений о реализации конкретных мероприятий предварительно оценивается их жизнеспособность и инвестиционная эффективность¹, обосновывается влияние на объем экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов. В фазе выполнения мероприятий проводится оценка фактического уровня выполнения плановых показателей.

При возникновении отклонений принимается решение об их допустимости в случае, если они имеют позитивный характер для промышленного предприятия, либо разрабатывается и внедряется план действия по приведению фактического уровня показателей к плановым назначениям с учетом правила эффективного использования ресурсов.

Правило 6. Комплексное видение.

Содержание правила: необходимо иметь общее представление о развитии цифровой интеграции производственных процессов в разрезе всех функциональных направлений деятельности в целях обеспечения оптимального распределения

¹ Цифровое предприятие: производственный и операционный менеджмент / Я. П. Силин, А. Н. Головина, А. В. Быстров, А. С. Ваулин [и др.]. – Верхняя Пышма : Трикс, 2021. – С. 270–295.

ресурсов, а также формирования представления о влиянии мероприятий на текущий и перспективный образ промышленного предприятия.

Реализация правила: разрабатывается программа развития цифровой интеграции производственных процессов на промышленном предприятии, которая включает дорожную карту по реализации мероприятий цифровой интеграции производственных процессов¹, а также предварительную оценку существующих проблем², перспектив и дальнейшего развития в данном направлении.

По итогам выполнения программы производится оценка достижения экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на промышленном предприятии.

Практическое применение данных правил позволит обеспечить достижение экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии.

Выводы по главе 3

По итогам настоящей главы получены следующие научные результаты:

1. С применением авторского метода проведена оценка экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на примере Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова». Согласно анализу, имеется стабильное снижение специфических издержек в каждом квартале 2020–2022 гг., что говорит о достижении экономического эффекта цифровой интеграции на рассматриваемом предприятии. Отмечается доминирование издержек администрирования и квалификации, что подтверждает необходимость поиска и реализации способов, позволяющих сни-

¹ Gökalp E., Martinez V. Digital transformation capability maturity model enabling the assessment of industrial manufacturers // Computers in industry. – 2021. – Vol. 132. – Art. no. 103522.

² Gkeredakis M., Constantinides P. Phenomenon-based problematization: Coordinating in the digital era // Information and organization. – 2019. – Vol. 29, iss. 3. – Art. no. 100254.

зитель длительность заведения данных в корпоративную информационную систему, а также актуальность повышения квалификации сотрудников по применению цифровых технологий. На базе эконометрического анализа установлено, что в первом случае полезно снижать продолжительность административного цикла изделий, во втором – увеличивать средние затраты времени на обучение персонала инструментам анализа больших данных.

2. По итогам практической оценки авторской методики на примере АО «ПО „УОМЗ“» предложен научно-практический подход к повышению экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии. В том числе определены нормативные значения для каждого вида минимальных издержек; представлен способ оценки потенциала предприятия к повышению рассматриваемого экономического эффекта. На базе применения разработанного подхода выявлено, что для АО «ПО „УОМЗ“» наибольший потенциальный эффект можно достичь в области повышения квалификации персонала по работе с цифровыми технологиями анализа больших данных. Также предложены практические мероприятия по приведению фактических издержек к нормативному уровню.

3. В целях оценки целесообразности выполнения конкретных мероприятий разработана общая экономическая политика цифровой интеграции на промышленном предприятии. Определено, что мероприятие принимается к реализации, если отмечается положительный экономический эффект, предусматривается эффективное использование ресурсов, имеется баланс активов с источниками их финансирования, проработана возможность привлечения внешнего софинансирования затрат, обеспечивается сбалансированность процессов и учитывается системный подход, имеется взаимосвязь с операционной деятельностью промышленного предприятия, предусматривается многоэтапность оценки, учитывается комплексный подход. Предполагается, что применение данных правил позволит повысить экономический эффект цифровой интеграции на промышленном предприятии.

Заключение

По итогам диссертационного исследования автором работы получены следующие научные результаты в области оценки экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии.

1. На базе синтеза существующих научных подходов в рамках теории эффективности и интеграции, а также организации производства в контексте цифровизации промышленности развиты теоретические основы оценки цифровой интеграции производственных процессов путем обоснования оригинального научного подхода к содержанию и декомпозиции экономического эффекта от реализации данной деятельности, где впервые сделан акцент на необходимости минимизации специфических издержек, новая классификация которых представлена автором диссертации.

В частности, изучены существующие научные подходы к пониманию термина «интеграция» в деятельности промышленного предприятия, включая такие ее виды, как экономическая, логистическая, финансовая, корпоративная, информационная, а также смежные понятия – промышленная и цифровая научно-техническая кооперация. Выявлено, что вне зависимости от формы под интеграцией понимается состояние связанности отдельных дифференцированных частей или функций промышленного предприятия в одно целое, что является основой для уточнения сущности цифровой интеграции производственных процессов.

Анализ литературы в рамках теории организации производства показал, что в современной экономической науке помимо существующих принципов (дифференциация, комбинирование, параллельность, специализация, универсализация, концентрация, пропорциональность, ритмичность, прямоточность, непрерывность и пр.) выделяется новый – принцип цифровой интеграции производства. Для практического применения в рамках настоящей работы уточнен ряд свойственных для него специфических характеристик, в том числе:

– определен перечень производственных процессов, подлежащих исследованию (научно-технические и производственно-технологические операции и работы);

– выявлен индикатор, достижение которого свидетельствует о выполнении указанного принципа, а именно оптимальное объединение всех информационных потоков в корпоративной информационной системе.

Это позволило уточнить сущность цифровой интеграции производственных процессов, акцентируя внимание на необходимости обеспечения состояния связанности научно-технических и производственно-технологических операций и работ на основе оптимального объединения всех информационных потоков об их выполнении, включая сведения о задействованных экономических активах и иных видах ресурсов промышленного предприятия, посредством применения корпоративной информационной системы. Данное понимание подчеркнуло отличие цифровой интеграции производственных процессов от содержания таких общепринятых понятий, как цифровая экономика, цифровая трансформация, цифровое решение на промышленном предприятии.

На базе теории эффективности представлена эволюция научных подходов к пониманию экономического эффекта на промышленном предприятии. Выделен современный этап его развития в условиях рыночной и цифровой экономики. Это позволило определить содержание экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов, заключающегося в минимизации специфических издержек, под которыми автор понимает дополнительные операционные затраты, возникающие на этапе промышленной эксплуатации корпоративной информационной системы в результате неоптимального объединения информационных потоков о выполнении научно-технических и производственно-технологических операций и работ, включая сведения о задействованных экономических активах и ресурсах промышленного предприятия.

По итогам исследования выделены следующие виды специфических издержек:

– *явные издержки цифровой интеграции* – дополнительные затраты времени персонала на заведение данных в КИС, включая сведения о выполнении научно-технических и производственно-технологических операций и работ, задействованных экономических активах и ресурсах промышленного предприятия. К ним относятся издержки администрирования;

– *скрытые издержки цифровой интеграции* – дополнительные операционные затраты в результате ненадлежащей передачи данных в КИС в связи с недостаточной взаимосвязанностью цифровых технологий между собой (издержки рассогласованности) либо их неотлаженного взаимодействия с иными ресурсами промышленного предприятия (издержки реинжиниринга, квалификации и инфраструктуры).

Полученные научные результаты позволяют сформировать теоретическую основу для последующей оценки экономического эффекта цифровой интеграции производственных процессов на промышленном предприятии.

2. С опорой на существующие методы экономического анализа разработан авторский методический подход к измерению фактического и потенциального экономических эффектов цифровой интеграции производственных процессов, оригинальность которого определяют состав системы показателей и алгоритм оценки специфических издержек, возникающих на этапе промышленной эксплуатации корпоративной информационной системы.

В частности, систематизированы существующие методы экономического анализа крупных промышленных предприятий. Выявлено, что они могут быть классифицированы в зависимости от степени определенности условий для оценки:

– применяемые в рамках полной определенности (расчет абсолютных и относительных динамических величин, средних величин);

– применяемые в случае значительной определенности (методы вероятностного и статистического анализа);

– используемые при частичной определенности (экспертные оценки, анализ критериев).

На базе данной классификации выявлено, что оценка некоторых видов издержек цифровой интеграции на промышленном предприятии предполагает их анализ и прогнозирование в условиях полной либо значительной определенности условий для расчета ввиду систематического проявления. Поскольку данный вид отражает лишь часть всей совокупности специфических издержек, то они получили название минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов. К ним относятся издержки администрирования и производственной асимметрии, а также издержки квалификации и инфраструктуры.

Для их расчета автором диссертации был предложен оригинальный алгоритм оценки, предполагающий реализацию нескольких этапов. Апробация подхода проводилась на примере Акционерного общества «Производственное объединение „Уральский оптико-механический завод“ имени Э. С. Яламова». Установлено, что имеется стабильное снижение специфических издержек в каждом квартале 2020–2022 гг., что говорит о достижении экономического эффекта цифровой интеграции на рассматриваемом предприятии. Отмечается доминирование издержек администрирования и квалификации, что подтверждает необходимость поиска и реализации способов, позволяющих снизить длительность заведения данных в корпоративную информационную систему, а также актуальность повышения квалификации сотрудников по применению цифровых технологий.

По итогам практической оценки предложен научно-практический подход к повышению экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии. В том числе определены оптимальные значения для каждого вида минимальных издержек; представлен способ анализа их возможного снижения. Выявлено, что для АО «ПО „УОМЗ“» наибольший потенциальный экономический эффект возможен в области повышения квалификации персонала по работе с цифровыми технологиями анализа больших данных. В целях его достижения автором диссертации предложены конкретные практические мероприятия.

3. На базе применения эконометрического подхода доказана существенность влияния на уровень издержек цифровой интеграции производственных процессов таких факторов, как длительность административного цикла изделия,

средние затраты на обучение специалистов, темп роста почасовой стоимости труда персонала промышленного предприятия, среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы, изменение которых позволяет прогнозировать экономические последствия мер, предпринимаемых промышленным предприятием при реализации цифровой интеграции производственных процессов.

В частности, на базе способов экономического анализа в условиях значительной определенности условий представлен эконометрический подход к оценке эффекта цифровой интеграции производственных процессов, в основе которого лежит расчет коэффициента парной корреляции и метод линейного регрессионного анализа.

В качестве результирующих параметров эконометрической модели установлены средние значения минимальных издержек цифровой интеграции производственных процессов.

В число влияющих факторов вошли длительность административного цикла изделия, средние затраты времени на обучение сотрудников цифровым технологиям анализа больших данных, темп роста фактической стоимости часа труда персонала промышленного предприятия, среднее время восстановления работоспособности корпоративной информационной системы.

По итогам практического применения эконометрического подхода на примере АО «ПО „УОМЗ“» установлено, что для сокращения затрат времени персонала на заведение данных в корпоративную информационную систему необходимо снижать продолжительность административного цикла изделий; в целях повышения квалификации сотрудников требуется увеличивать длительность обучающих курсов в области применения цифровых технологий анализа больших данных.

В целях оценки целесообразности выполнения конкретных мероприятий разработана общая экономическая политика цифровой интеграции на промышленном предприятии. Определено, что мероприятие принимается к реализации, если отмечается положительный экономический эффект, предусматривается эффективное использование ресурсов, имеется баланс активов с источниками их финанси-

ния, проработана возможность привлечения внешнего софинансирования затрат, обеспечивается сбалансированность процессов и учитывается системный подход, имеется взаимосвязь с операционной деятельностью промышленного предприятия, предусматривается многоэтапность оценки, учитывается комплексный подход. Применение данных правил позволит повысить экономический эффект цифровой интеграции на промышленном предприятии.

Таким образом, подводя итог всему вышесказанному, следует отметить, что задачи исследования выполнены, а цели диссертационной работы достигнуты.

Список литературы

1. Аймагамбетов, Е. Б. Организация производства в соответствии с логистическими принципами / Е. Б. Аймагамбетов, З. С. Гельманова, Ю. И. Осик // Инновационное развитие территорий : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Череповец, 26 февраля 2016 г.). – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 112–115. – EDN VТОКСD.
2. Акбердина, В. В. Затраты на цифровизацию: кросс-индустриальный анализ в промышленности России / В. В. Акбердина. – DOI 10.17059/978-5-94646-673-8-2022-1 // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии : сб. науч. ст. – Екатеринбург : ИЭ УрО РАН, 2022. – С. 5–17. – EDN FQVYPI.
3. Акбердина, В. В. Кросс-индустриальная трансформация: структурные изменения и инновационное развитие / В. В. Акбердина, О. П. Смирнова. – DOI 10.24891/pi.17.7.1238 // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2021. – Т. 17, № 7 (400). – С. 1238–1260. – EDN XPAFAG.
4. Акбердина, В. В. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности / В. В. Акбердина, С. Г. Пьянкова. – DOI 10.38197/2072-2060-2021-227-1-292-313 // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 227, № 1. – С. 292–313. – EDN WCJPRL.
5. Акбердина, В. В. Системная устойчивость промышленности индустриальных регионов к условиям санкционного давления: оценка и перспективы / В. В. Акбердина. – DOI 10.29141/2658-5081-2022-23-4-2 // Journal of new economy. – 2022. – Т. 23, № 4. – С. 26–45. – EDN JNACYT.
6. Акбердина, В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики / В. В. Акбердина. – DOI 10.29141/2073-1019-2018-19-3-8 // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т. 19, № 3. – С. 82–99. – EDN XUEHAD.
7. Анимица, Е. Г. Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты / Е. Г. Анимица, П. Е. Анимица, А. А. Глумов // Экономика региона. – 2015. – № 3 (43). – С. 160–172.

8. Анимица, Е. Г. Стратегические ориентиры развития Уральского макрорегиона в условиях цифровизации экономики / Е. Г. Анимица, Н. В. Новикова // Российские регионы в фокусе перемен : сб. докл. XIV Междунар. конф. (Екатеринбург, 14–16 ноября 2019 г.). – Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2020. – С. 700–703. – EDN IDTYSH.

9. Анимица, Е. Г. Третья институциональная революция и изменение структуры экономических отношений / Е. Г. Анимица, И. И. Рахмеева. – DOI 10.38197/2072-2060-2020-222-2-206-218 // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2020. – Т. 222, № 2. – С. 206–218. – EDN BQDAZO.

10. Анохов, И. В. Разделение труда и эволюция фирмы / И. В. Анохов. – DOI 10.15826/vestnik.2016.15.1.008 // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 135–151. – EDN RKGSVV.

11. Бабенко, И. В. Управление запасами как основа повышения эффективности системы материально-технического обеспечения предприятия / И. В. Бабенко // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-1 (80). – С. 643–648. – EDN YKSSXL.

12. Бадалова, А. Г. Методологический подход к определению экономического эффекта от управления рисками на промышленных предприятиях / А. Г. Бадалова, В. Г. Ларионов, Л. И. Ушмодина, О. Б. Иванова // Финансовые исследования. – 2017. – № 3 (56). – С. 106–114. – EDN YMQYXI.

13. Баранников, А. Л. Риск-менеджмент / А. Л. Баранников, М. В. Данилина. – Москва : Русайнс, 2017. – 334 с. – ISBN 978-5-4365-1747-6. – EDN YUTSJP.

14. Батьковский, А. М. Информационное обеспечение автоматизированных систем управления на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / А. М. Батьковский, А. В. Фомина // Экономические исследования и разработки. – 2020. – № 6. – С. 97–104. – EDN SEXEBV.

15. Баушев, С. В. Экскурс в законы организации производства и их современная интерпретация / С. В. Баушев, А. Ю. Брагин, Е. Д. Медведева. – DOI 10.17513/snt.38777 // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 8. – С. 30–37. – EDN YQKWAD.

16. Бекетов, Н. В. Традиционные методы оценки эффективности инвестиционных проектов / Н. В. Бекетов, В. Г. Федоров // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2008. – № 3 (3). – С. 75–83.

17. Борисова, Е. А. О некоторых аспектах корреляционно-регрессионного анализа / Е. А. Борисова, И. В. Землякова, Т. А. Чебунькина // Актуальные проблемы преподавания информационных и естественно-научных дисциплин : материалы XIII Всерос. науч.-метод. конф. (Кострома, 22–23 апреля 2019 г.) / сост. А. В. Жиров. – Кострома : КГУ, 2019. – С. 74–77. – EDN ВТКWSP.

18. Бражников, М. А. Потери времени в управлении ритмичностью производства / М. А. Бражников, И. В. Хорина // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Экономические науки. – 2013. – № 3 (9). – С. 125–131. – EDN RLYINL.

19. Буранова, Е. А. Планирование и организация деятельности в системе управления промышленным предприятием : монография / Е. А. Буранова, И. Н. Чернышов. – Рязань : ИП Колупаева Е. В., 2021. – 170 с. – ISBN 978-5-6047377-3-6. – EDN YBWKXR.

20. Бучаева, С. А. Виды экономических эффектов и особенности их оценки для инноваций / С. А. Бучаева, М. М. Гаджиев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2012. – № 4 (151). – С. 225–229. – EDN PCFQOH.

21. Ватутина, Л. А. Цифровизация и цифровая трансформация бизнеса: современные вызовы и тенденции / Л. А. Ватутина, Е. Ю. Злобина, Е. Б. Хоменко. – DOI 10.35634/2412-9593-2021-31-4-545-551 // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2021. – Т. 31, № 4. – С. 545–551.

22. Виноградова, Е. Ю. Принципы формирования корпоративной информационной системы для внедрения на российских предприятиях / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова. – DOI 10.29141/2073-1019-2017-14-2-10 // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2017. – № 2 (70). – С. 111–123. – EDN YSSFMR.

23. Виноградова, Е. Ю. Различие стадий жизненного цикла компании как основа создания корпоративной системы / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова. – DOI 10.34709/IM.172.4 // Human progress. – 2021. – Т. 7, № 2. – URL: http://progress-human.com/images/2021/Том7_2/Vinogradova.pdf (дата обращения: 15.05.2023).

24. Виноградова, Е. Ю. Разработка унифицированной методики создания информационной системы экономического планирования и управления на предприятии / Е. Ю. Виноградова, А. И. Галимова // Управленец. – 2017. – № 5 (69). – С. 89–97. – EDN ZUGDGJ.

25. Вичугова, А. А. Методы и средства интеграции информационных систем в рамках единого информационного пространства проектирования / А. А. Вичугова, В. Н. Вичугов, Е. А. Дмитриева, Г. П. Цапко // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 5 (6). – С. 113–117. – EDN PLUTPT.

26. Власова, Н. Ю. Перспективы реиндустриализации в стратегиях социально-экономического развития крупнейших городов Урала / Н. Ю. Власова // Новая индустриализация России: экономика – наука – человек – природопользование : сб. науч. тр. VII Уральских научных чтений профессоров и докторантов (Екатеринбург, 4–5 февраля 2020 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2020. – С. 32–38. – EDN YZYHYF.

27. Волкова, Н. Н. Сравнение методик определения высокопроизводительных рабочих мест / Н. Н. Волкова, Э. И. Романюк // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2015. – № 5. – С. 89–97. – EDN UMLXFN.

28. Волчков, А. Н. Повышение эффективности управления инвестированием обновления основных производственных фондов предприятия : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Волчков Александр Николаевич. – Орел, 2006. – 154 с.

29. Вяткин, В. Н. Риск-менеджмент / В. Н. Вяткин, В. А. Гамза, Ф. В. Маевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2016. – 365 с. – ISBN 978-5-9916-3502-8.

30. Галиуллин, Х. Я. Эффект как категория теории эффективности / Х. Я. Галиуллин, Г. П. Ермаков // Проблемы современной экономики. – 2013. – № 4 (48). – С. 120–124. – EDN SAZMYF.

31. Головина, А. Н. Новые контуры цифровой научно-технической кооперации / А. Н. Головина, Р. Ю. Левченко, К. П. Юрченко. – DOI 10.34670/AR.2021.20.86.028 // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. – Т. 11, № 2А. – С. 226–237.

32. Головина, А. Н. Потенциал цифровых решений на промышленном предприятии: теория, методология, практика / А. Н. Головина, А. А. Пешкова ; под ред. Я. П. Силина. – Екатеринбург : Трикс, 2021. – 164 с.

33. Головина, А. Н. Цифровизация как новый принцип организации производства / А. Н. Головина, А. А. Пешкова // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2023. – № 2 (38). – С. 15–24.

34. Гомбоева, А. Н. Активы как объекты бухгалтерского учета: интерпретация и классификация / А. Н. Гомбоева. – DOI 10.25806/uu10-1202235-42 // Управленческий учет. – 2022. – № 10-1. – С. 35–42. – EDN OROTIL.

35. Гуриева, Л. М. Критерий эффективности в условиях полной неопределенности. Критерий обобщенного максимина (пессимизма-оптимизма) Гурвица / Л. М. Гуриева, М. И. Хутинаева // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. докл. I Всерос. науч.-практ. конф. (Владикавказ, 3–5 июня 2019 г.). – Владикавказ : СКГМИ (ГТУ), 2019. – С. 332–334. – EDN EVZIZL.

36. Гуринов, А. В. Расчет экономического эффекта от проведения технического перевооружения литейного производства / А. В. Гуринов, В. Н. Рощин, В. Г. Суслов, В. В. Наумов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № S11. – С. 91–106. – EDN LACERP.

37. Гуцыкова, С. В. Метод экспертных оценок: теория и практика / С. В. Гуцыкова. – Москва : Ин-т психологии РАН, 2011. – 140 с. – ISBN 978-5-9270-0209-2.

38. Дадашев, А. З. Трудовые ресурсы и эффективность производства / А. З. Дадашев, Г. В. Рябушкин. – Москва : Знание, 1990. – 128 с.

39. Дубровский, В. Ж. Проблемы оценки эффективности деятельности предприятий ОПК / В. Ж. Дубровский, Е. М. Иванова, Н. В. Чупракова. – DOI 10.29141/2658-5081-2019-20-5-6 // Journal of new economy. – 2019. – Т. 20, № 5. – С. 92–107. – EDN CUELNM.

40. Захаров, С. Н. Эффективность производства и внешнеэкономической деятельности: теория, методы и практика расчетов : монография / С. Н. Захаров. – Москва : МИСиС, 2011. – 611 с. – ISBN 978-5-87623-227-4.

41. Зяблов, А. А. Цифровизация социально-экономических процессов в контексте перехода к постиндустриальной экономике / А. А. Зяблов // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности : сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 10 июня 2022 г.). – Москва : Ирок, Алеф, 2022. – С. 391–395. – EDN UKGNVF.

42. Илькевич, С. В. Стратегия цифровой трансформации промышленных предприятий: эффекты внедрения технологий умного производства / С. В. Илькевич. – DOI 10.17747/2618-947X-2022-3-210-225 // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 210–225. – EDN DBGLEW.

43. Казанцев, С. В. Значение оборонно-промышленного комплекса для подъема российской экономики / С. В. Казанцев // Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал. – 2014. – № 1 (19). – С. 45–52.

44. Каляев, И. А. Принципы организации и функционирования безлюдного роботизированного производства с децентрализованным диспетчером / И. А. Каляев, С. Г. Капустян // XII мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2019) : материалы XII мультиконференции по проблемам управления (МКПУ-2019) (Дивноморское, Геленджик, 23–28 сентября 2019 г.) : в 4 т. – Дивноморское, Геленджик : ЮФУ, 2019. – Т. 3. – С. 16–18. – EDN ZXEBEO.

45. Клименкова, М. С. Особенности организации и управления предприятий наукоемких производств / М. С. Клименкова // Modern economy success. – 2022. – № 4. – С. 6–10. – EDN BNVPLA.

46. Кольцова, Т. А. Оценка эффективности использования оборотных средств организации / Т. А. Кольцова // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 8 (56). – С. 58–61. – EDN WWOHEZ.

47. Кононков, П. Комбинирование как форма организации производства естественной монополии / П. Кононков // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2012. – № 3. – С. 71–77. – EDN PKPRMP.

48. Коробейников, И. Н. Риск-менеджмент / И. Н. Коробейников, О. С. Смотрина, Л. Ю. Бережная. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 172 с. – ISBN 978-5-7410-2353-2.
49. Красников, Г. Я. Общая теория технологии и микроэлектроника: часть 3. Уровень технологической операции / Г. Я. Красников, Е. С. Горнев, И. В. Матюшкин // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. – 2018. – № 3 (171). – С. 63–93. – EDN YOLYHB.
50. Кулиш, С. М. Роль инновационных технологий в развитии российской промышленности / С. М. Кулиш // Вестник экономики, права и социологии. – 2016. – № 2. – С. 60–63.
51. Курбанов, Р. А. Экономическая интеграция: понятие, теории и виды / Р. А. Курбанов // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2015. – № 2. – С. 107–111. – EDN TRJVFX.
52. Куценко, Н. А. Цифровая интеграция важный вектор развития цифровой экономики / Н. А. Куценко // Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности. – 2019. – № 8. – С. 169–172. – EDN GDUIPN.
53. Кушимов, А. Т. Показатели эффективности производства инновационной продукции машиностроения в условиях кооперации / А. Т. Кушимов, Н. З. Сафиуллин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 346–349. – EDN PUARFR.
54. Лабскер, Л. Г. Критерий Гурвица: свойство сглаживания, алгоритмы, экономическое приложение / Л. Г. Лабскер // Микроэкономика. – 2010. – № 5. – С. 181–194.
55. Лапо, В. Ф. Моделирование эффектов пространственной концентрации производства : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.13 / Лапо Валентина Федоровна, 2006. – 37 с.
56. Лапонов, А. И. Повышение эффективности использования основных производственных фондов – необходимое условие дальнейшего роста эффективности общественного производства : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.01 / Лапонов Анатолий Иванович. – Москва, 1983. – 156 с. – EDN NPEFEN.

57. Лимарева, Ю. А. Эволюция категории «эффективность» в экономической науке / Ю. А. Лимарева, П. В. Лимарев // *Universum: экономика и юриспруденция*. – 2014. – № 4 (5). – URL: <https://7universum.com/ru/economy/archive/item/1169> (дата обращения: 15.07.2023). – EDN RYKPVR.

58. Мананникова, О. Н. Развитие социальной сферы в условиях цифровизации экономики / О. Н. Мананникова, С. А. Потокина, Д. Н. Климова // *Глобальные проблемы модернизации национальной экономики: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Тамбов, 13 апреля 2020 г.)*. – Тамбов : Державинский, 2020. – С. 175–180. – EDN FDBISL.

59. Мачуков, М. О. Организация производства на предприятии / М. О. Мачуков, Л. Н. Захарова. – DOI 10.24412/2500-1000-2021-2-1-194-197 // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2021. – № 2-1 (53). – С. 194–197. – EDN JJWWVW.

60. Мейер, М. В. Оценка эффективности бизнеса: что будет после Balanced Scorecard? / М. В. Мейер ; пер. с англ. А. О. Корсунский. – Москва : Вершина, 2004. – 269 с. – ISBN 5-94696-054-7.

61. Мерзликина, Г. С. Метод определения синергетического эффекта различных видов интегрированных формирований в промышленности / Г. С. Мерзликина, Ю. В. Качапкина // *ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия*. – 2011. – № 10. – С. 16–20. – EDN OPFWDF.

62. Методика расчета среднемесячной начисленной заработной платы наемных работников в организациях, у индивидуальных предпринимателей и физических лиц (среднемесячного дохода от трудовой деятельности) / Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/rosstat/NMS/met-zarova.pdf (дата обращения: 31.07.2023).

63. Миронов, Д. С. Сетевые промышленные структуры: от институциональных барьеров к эффективному управлению инновационным развитием : монография / Д. С. Миронов, В. Ж. Дубровский. – Казань : Бук, 2018. – 302 с. – ISBN 978-5-00118-210-8. – EDN YWKVKP.

64. Мокроносков, А. Г. Методические аспекты управления материальными потоками промышленных предприятий в условиях неопределенности / А. Г. Мокроносков, Е. В. Долженкова // Вестник УГТУ-УПИ. Серия: Экономика и управление. – 2010. – № 4. – С. 37–43.

65. Мокроносков, А. Г. Предлагаемые пути усовершенствования системы сбалансированных показателей применительно к оценке эффективности управления сферой малого и среднего предпринимательства / А. Г. Мокроносков, Е. М. Зайцева. – DOI 10.22394/2304-3369-2021-4-62-77 // Вопросы управления. – 2021. – № 4 (71). – С. 62–77.

66. Мокроносков, А. Г. Факторы развития цифровых технологий обрабатывающих производств / А. Г. Мокроносков, Е. С. Огородникова // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии : материалы I Международ. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 11 октября 2019 г.). – Екатеринбург : ИЭ УрО РАН, 2019. – С. 405–411. – EDN ESYBDI.

67. Мюллер, Е. В. Организационно-экономический механизм мотивации повышения использования трудового потенциала промышленных предприятий : монография / Е. В. Мюллер. – Самара : СамГТУ, 2008. – 164 с. – ISBN 978-5-7964-1075-2. – EDN VKKMVP.

68. Негреева, В. В. Стандартизация как инструмент реализации принципов бережливого производства / В. В. Негреева, Е. И. Алексашкина, А. И. Круглова [и др.] // Modern economy success. – 2020. – № 5. – С. 211–217. – EDN OMDFLH.

69. Нечаева, С. Н. Оценка факторов экономической эффективности на микроуровне / С. Н. Нечаева, В. Б. Малицкая // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2010. – № 3. – С. 83–88. – EDN NBJZBZ.

70. Новикова, Н. В. Новая индустриализация Уральского макрорегиона в условиях цифровизации экономики / Н. В. Новикова // Новая индустриализация России: экономика – наука – человек – природопользование : сб. науч. тр. VII Уральских научных чтений профессоров и докторантов (Екатеринбург, 4–5 февраля 2020 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2020. – С. 49–54. – EDN IVGTES.

71. Новикова, Н. В. Новая индустриализация: региональная парадигма : монография / Н. В. Новикова ; под ред. Е. Г. Анимицы. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2018. – 261 с. – ISBN 978-5-9656-0277-3. – EDN QBJWWX.

72. Новикова, Н. В. Структурные трансформации в экономическом пространстве Уральского макрорегиона / Н. В. Новикова // Урал – XXI век: макрорегион неоиндустриального и инновационного развития : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 15–16 октября 2018 г.) : в 2 т. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2018. – Т. 1. – С. 90–99. – EDN YSDLNR.

73. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка: 100 000 слов, терминов и выражений / С. И. Ожегов ; под общ. ред. Л. И. Скворцова. – 28-е изд., перераб. – Москва : Мир и образование, 2015. – 1375 с. – ISBN 978-5-94666-657-2.

74. Орехова, С. В. Интеграция бизнеса: эволюция подходов и новая методология / С. В. Орехова, В. С. Заруцкая. – DOI 10.31063/2073-6517/2019.16-3.21 // Журнал экономической теории. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 554–574. – EDN XLREJJ.

75. Орехова, С. В. Управление возрастающей отдачей высокотехнологичной бизнес-модели в промышленности: классические и экосистемные эффекты / С. В. Орехова, А. В. Мисюра, Е. В. Кислицын. – DOI 10.29141/2218-5003-2020-11-4-4 // Управленец. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 43–58. – EDN WMTNBG.

76. Орехова, С. В. Устойчивое развитие промышленного предприятия в условиях глобальных изменений / С. В. Орехова, М. Ю. Завьялова // Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития = Management and Entrepreneurship in the Sustainable Development Paradigm (MESDP-2021) : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 27 мая 2021 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2021. – С. 156–159.

77. Павлова, А. В. К вопросу о трансформации структуры факторов современного производства / А. В. Павлова, М. Г. Вьюков // Вопросы отраслевого управления. – 2013. – № 1 (1). – С. 58–65. – EDN SXKZXZ.

78. Петрухин, А. Б. Принципы организации производственных процессов в целях повышения экономической безопасности предприятия / А. Б. Петрухин, Н. М. Филимонова, Н. В. Капустина // Известия высших учебных заведений. Техно-

логия текстильной промышленности. – 2018. – № 6 (378). – С. 285–287. – EDN EDLOEC.

79. Плахин, А. Е. Основы стратегии бизнес-интеграции / А. Е. Плахин, М. В. Селезнева // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России : материалы III Уральского экономического форума (Екатеринбург, 21–22 октября 2021 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2021. – С. 268–271. – EDN ZHPPZG.

80. Плахин, А. Е. Совершенствование инструментария поддержки принятия управленческих решений в корпоративных информационных системах промышленных предприятий / А. Е. Плахин, О. В. Максимова // ВІ-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов : материалы IV Междунар. науч.-практ. очно-заочной конф. (Екатеринбург, 1 декабря 2016 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2016. – С. 186–192. – EDN ZINOFJ.

81. Плахин, А. Е. Эффекты межсубъектного взаимодействия участников промышленной экосистемы / А. Е. Плахин, И. О. Блинков // Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 12 мая 2022 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2022. – С. 140–142. – EDN QNRICM.

82. Плащенко, В. В. Метод оценки экономического эффекта внедрения инновационных проектов в производство промышленных предприятий / В. В. Плащенко // Научно-технологические исследования. – 2012. – Т. 13, № 8. – С. 91–95.

83. Подшивалова, М. В. Бизнес-модели фабрик будущего: идентификация и экономико-математическое описание / М. В. Подшивалова, И. С. Пылаева. – DOI 10.14529/em210212 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 106–114. – EDN GZHLGL.

84. Подшивалова, М. В. Оценка некоторых видов трансакционных издержек малых промышленных предприятий / М. В. Подшивалова, Д. В. Подшивалов // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2017. – № 5. – С. 40–60. – EDN ZRDOOB.

85. Подшивалова, М. В. Развитие малых предприятий промышленности России в условиях Индустрии 4.0 / М. В. Подшивалова, Д. В. Подшивалов. – DOI 10.47475/1994-2796-2020-11121 // Вестник Челябинского государственного университета. – 2020. – № 11 (445). – С. 184–193. – EDN VGNDFFD.

86. Подшивалова, М. В. Тренды инновационной активности промышленных предприятия в РФ и мире / М. В. Подшивалова, С. К. Алмршед // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 84–92.

87. Полухин, П. Ю. Количественные методы оценки эффективности корпоративной интеграции / П. Ю. Полухин // Российский экономический интернет-журнал. – 2007. – № 3. – URL: <https://www.e-rej.ru/Articles/2007/Poluhin1.pdf> (дата обращения: 14.07.2023).

88. Попов, Е. В. Дихотомия «общие издержки – специфические издержки» / Е. В. Попов, В. В. Лесных // Вестник УГТУ-УПИ. Серия: Экономика и управление. – 2007. – № 3. – С. 12–23.

89. Порошин, Ю. Б. О направлениях повышения эффективности деятельности промышленного предприятия в условиях модернизации экономики / Ю. Б. Порошин, В. И. Долгий, М. А. Матушкин // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2014. – № 1 (50). – С. 77–81. – EDN TНHGWN.

90. Разиньков, П. И. Основные приоритеты планирования использования ресурсов предприятия / П. И. Разиньков, О. П. Разинькова // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. – 2018. – № 3. – С. 149–157. – EDN YNPZXV.

91. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 2-е изд., испр. – Москва : ИНФРА-М, 1999. – 479 с. – ISBN 5-86225-758-6.

92. Романова, О. А. Проблемы цифровизации отечественной металлургии в условиях санкционного давления / О. А. Романова, Д. В. Сиротин. – DOI 10.17059/978-5-94646-673-8-2022-17 // Цифровая трансформация промышленности:

тенденции, управление, стратегии : сб. науч. ст. – Екатеринбург : ИЭ УрО РАН, 2022. – С. 185–205. – EDN OVOTTL.

93. Романова, О. А. Цифровизация промышленности как фактор повышения устойчивости экономики к шоковым воздействиям / О. А. Романова, А. О. Пономарева. – DOI 10.17059/978-5-94646-673-8-2022-16 // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии : сб. науч. ст. – Екатеринбург : ИЭ УрО РАН, 2022. – С. 174–184. – EDN TIEBPN.

94. Русакова, Е. В. Основные принципы и направления повышения производственной мощности и эффективности организации производства / Е. В. Русакова // Управление экономическими системами. – 2015. – № 7 (79). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24124190> (дата обращения: 14.02.2023). – EDN UHXQSP.

95. Саадалов, Т. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, и их области применения / Т. Саадалов, Р. Мырзаibraимов, Ж. Д. Абдуллаева // Бюллетень науки и практики. – 2021. – Т. 7, № 10. – С. 270–276.

96. Салтанова, А. Г. Понятие и состав экономических, финансовых ресурсов предприятия / А. Г. Салтанова // Инновации в науке и практике : сб. науч. ст. по материалам III Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 14 августа 2020 г.). – Уфа : Вестник науки, 2020. – С. 56–59. – EDN VTDNBX.

97. Силин, Я. П. Развитие цифровых компетенций трудовых ресурсов в рамках концепции «умной специализации» региона / Я. П. Силин, А. Ю. Коковихин. – DOI 10.34709/IM.174.13 // Human progress. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 1–10. – EDN UFZQLL.

98. Силин, Я. П. Урал на пути к новой технологической индустриализации / Я. П. Силин // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России : материалы I Уральского экономического форума (Екатеринбург, 24–25 октября 2019 г.) : в 2 т. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2019. – Т. 1. – С. 17–32. – EDN RXTDOW.

99. Силин, Я. П. Уральский макрорегион: большие циклы индустриализации : монография / Я. П. Силин, Е. Г. Анимица, Н. В. Новикова ; под науч. ред. С. Ю. Гла-

зьева, С. Д. Бодрунова. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2019. – 371 с. – ISBN 978-5-9656-0286-5. – EDN ETQMTU.

100. Силин, Я. П. Эволюция парадигмы региональной экономики / Я. П. Силин, Е. Г. Анимица. – DOI 10.29141/2658-5081-2020-21-1-1 // Journal of new economy. – 2020. – Т. 21, № 1. – С. 5–28. – EDN RJQVLH.

101. Сиротина, Л. К. Реализация принципов организации непрерывного производства в условиях фрагментации технологического цикла / Л. К. Сиротина // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 2 (128). – С. 77–81. – EDN MLODCO.

102. Скворцов, В. Ф. Основы технологии машиностроения / В. Ф. Скворцов. – Томск : ТПУ, 2012. – 352 с.

103. Смышляева, Е. Г. Организация производственного процесса как часть стратегии развития промышленного предприятия / Е. Г. Смышляева. – DOI 10.33619/2414-2948/40/43 // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 350–356. – EDN ZAARJJ.

104. Советский энциклопедический словарь : 3 т. / под ред. С. М. Локшина, Ф. Н. Петрова. – Москва : БСЭ, – Т. 1. 1954. – 584 с.

105. Сото, У. Х. де. Социально-экономическая теория динамической эффективности / У. Х. де Сото ; пер. с англ. В. Кошкина. – Челябинск : Социум, 2011. – 407 с. – ISBN 978-5-91603-031-0.

106. Спицын, В. В. Методологический подход к оценке эффективности развития сложных социально-экономических систем / В. В. Спицын // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2017. – Т. 7, № 4А. – С. 25–32. – EDN ZEPFWD.

107. Стандарт фонда Условия и порядок отбора проектов для финансирования по региональной программе «Проекты развития» от 17 апреля 2023 г. № СФ-02 / Фонда технологического развития промышленности Свердловской области. – URL: <http://frpso.ru/upload/iblock/d2b/d2b4802c56c674ca083bdaf925ef528f.pdf> (дата обращения: 01.08.2023).

108. Стандарт фонда Условия финансирования проектов по программе «Проекты развития» от 13 октября 2022 г. № СФ-И-51 / Фонд развития промышленности.

– URL: <https://bod.frprf.ru/public/documents/standart-fonda-usloviya-finansirovaniya-proektov-po-programme-proekty-razvitiya> (дата обращения: 01.08.2023).

109. Стерлигова, А. Н. Анализ значения термина «интеграция» в контексте управления организацией / А. Н. Стерлигова // Логистика и управление цепями поставок. – 2005. – № 6 (11). – URL: <http://www.lscm.ru/index.php/ru/po-godam/item/873> (дата обращения: 02.07.2023).

110. Темкина, Т. А. Эволюция технологий интеграции информационных систем / Т. А. Темкина // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – Т. 5, № 7. – С. 151–155. – EDN OPICEB.

111. Темников, А. О. Цифровая трансформация промышленности: выгоды, затраты и риски / А. О. Темников, М. В. Подшивалова. – DOI 10.14529/em220212 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 122–131. – EDN MQAWLI.

112. Технологии & тренды 2030 / Digital Leader. – URL: https://research.digitalleader.org/ru/trendstechnologies?utm_source=report&utm_medium=email&utm_campaign=marina&utm_content=1906 (дата обращения: 20.07.2023).

113. Ткаченко, И. Н. Переосмысление корпоративной системы управления рисками в условиях COVID-19: ориентация на долгосрочную устойчивость / И. Н. Ткаченко // Трансформация моделей корпоративного управления в новых экономических реалиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 20 ноября 2020 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2020. – С. 6–12. – EDN ROHLPT.

114. Ткаченко, И. Н. Цифровая экономика: основные тренды и задачи развития / И. Н. Ткаченко, Е. Н. Стариков. – DOI 10.18500/1994-2540-2020-20-3-244-255 // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 244–255. – EDN BSTPCY.

115. Ткаченко, И. Н., Оптимизация бизнес-процессов интегрированных холдинговых структур / И. Н. Ткаченко, И. В. Кизиков // Управленец. – 2011. – № 3–4 (19–20). – С. 40–46.

116. Толстых, Т. О. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях цифрового производства и Индустрии 4.0 / Т. О. Толстых, Л. А. Гамидуллаева, Е. В. Шкарупета. – DOI 10.17073/2072-1633-2018-1-11-19 // Экономика промышленности. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 11–19. – EDN XWPCXR.

117. Трутнева, А. А. Эффективность использования трудовых ресурсов на промышленном предприятии / А. А. Трутнева, В. В. Трутнев, Г. Ф. Мингалеев, В. М. Бабушкин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2017. – Т. 73, № 4. – С. 96–101. – EDN YUOWNR.

118. Туменова, С. А. Управление цифровой трансформацией экономики: максимизация эффектов / С. А. Туменова, Ф. А. Мамбетова. – DOI 10.35330/1991-6639-2020-3-95-92-97 // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 3 (95). – С. 92–97. – EDN NNRXIQ.

119. Уколов, В. Ф. Ключевые эффекты цифровизации и возможные потери / В. Ф. Уколов, В. Я. Афанасьев, В. В. Черкасов. – DOI 10.26425/1816-4277-2019-8-55-58 // Вестник университета. – 2019. – № 8. – С. 55–58. – EDN ALYNIU.

120. Фуников, В. Н. Управление экономической эффективностью обновления основных производственных фондов в условиях ускорения НТП : дис. ... кандидат экон. наук : 08.00.05 / Фуников Виктор Николаевич. – Москва, 1984. – 219 с.

121. Хоменко, Е. Б. Инфраструктура предпринимательства в условиях цифровой трансформации / Е. Б. Хоменко, Л. А. Ватутина, Е. Ю. Злобина // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 4 (118). – С. 191–194. – EDN XRANEN.

122. Хоменко, Е. Б. Перспективы и вызовы развития цифровой экономики в России / Е. Б. Хоменко // Актуальные вопросы экономики и финансов : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. (Ижевск, 20 ноября 2020 г.). – Ижевск : УДГУ, 2020. – С. 146–151. – EDN XHMZAI.

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

124. Хоменко, Е. Б. Цифровая экономика: новые компетенции и актуальные для современной молодежи навыки / Е. Б. Хоменко, Е. В. Борнякова. – DOI 10.35634/2412-9593-2022-32-1-95-101 // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2022. – Т. 32, № 1. – С. 95–101. – EDN DQTADY.

125. Цифровая экономика: 2023 : краткий стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский [и др.]. – DOI 10.17323/978-5-7598-2744-3. – Москва : НИУ ВШЭ, 2023. – 120 с. – ISBN 978-5-7598-2744-3.

126. Цифровизация промышленности в 2023 г. / Онланта. – URL: <https://onlanta.ru/press/blog/tsifrovizatsiya-promyshlennosti-v-2023-godu/> (дата обращения: 17.07.2023).

127. Цыганков, А. А. Логистическая интеграция в условиях цифровой глобализации / А. А. Цыганков // Менеджмент и маркетинг: опыт и проблемы : сб. науч. тр. / под общ. ред. В. С. Голика. – Минск : А. Н. Вараксин, 2021. – С. 321–322. – EDN FSYUMR.

128. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение : докл. к XX Апрель. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 9–12 апреля 2019 г.) / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг [и др.]. – Москва : ВШЭ, 2019. – 82 с. – EDN DOBQRF.

129. Чупрова, И. Ю. Правила и критерии принятия решений в условиях неопределенности / И. Ю. Чупрова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2016. – № 1 (11). – С. 46–49. – EDN VPEZXB.

130. Шайбакова, Л. Ф. Выполнение государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» как институциональный инструмент формирования высокотехнологичных производств / Л. Ф. Шайбакова, Д. С. Лубина // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 3 (105). – С. 85–90. – EDN TVJKVD.

131. Шайбакова, Л. Ф. Оценка тенденций и проблем инновационного развития России / Л. Ф. Шайбакова, Д. И. Иванова // Экономика и управление народным хозяйством: генезис, современное состояние и перспективы развития : материалы

III Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 29 ноября 2019 г.). – Воронеж : Б. и., 2019. – С. 98–103. – EDN DUDWQU.

132. Шайбакова, Л. Ф. Оценка тенденций развития инновационной деятельности в Свердловской области / Л. Ф. Шайбакова // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России : материалы I Уральского экономического форума (Екатеринбург, 24–25 октября 2019 г.) : в 2 т. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2019. – Т. 2. – С. 186–191. – EDN ZJBDOV.

133. Шамшеев, С. В. Определение эффективности инновационной деятельности промышленного предприятия при проведении аудиторской проверки / С. В. Шамшеев, В. А. Гирник. – Москва : ДПО АПКиППРО, 2009. – 24 с.

134. Шафронов, А. Д. Экономический рост и эффективность производства / А. Д. Шафронов // Вестник Брянского государственного университета. – 2015. – № 1. – С. 336–340.

135. Шорохова, И. С. Статистические методы анализа / И. С. Шорохова, Н. В. Кисляк, О. С. Мариев. – Екатеринбург : УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2015. – 300 с. – ISBN 978-5-7996-1633-5. – EDN VGKLAL.

136. Aagaard, A. Governing the interplay of inter-organizational relationship mechanisms in open innovation projects across ecosystems / A. Aagaard, F. Rezac. – DOI 10.1016/j.indmarman.2022.06.003 // Industrial marketing management. – 2022. – Vol. 105. – P. 131–146.

137. Bahemia, H. Governing open innovation projects: The relationship between the use of trust and legal bonds / H. Bahemia, J. K. Roehrich. – DOI 10.1016/j.indmarman.2023.02.008 // Industrial marketing management. – 2023. – Vol. 110. – P. 17–30.

138. Basu, S. Plant intelligent automation and digital transformation, vol. I: process and factory automation / S. Basu. – 1st ed. – Elsevier, 2022. – 480 p. – ISBN 978-0-3239-0247-2.

139. Bellavista, P. Requirements and design patterns for adaptive, autonomous, and context-aware digital twins in Industry 4.0 digital factories / P. Bellavista, N. Biccocchi, M. Fogli et al. – DOI 10.1016/j.compind.2023.103918 // Computers in industry. – 2023. – Vol. 149. – Art. no. 103918.

140. Bhatia, M. S. Critical success factors of industry in automotive manufacturing industry / M. S. Bhatia, S. Kumar // IEEE transactions on engineering management. – 2022. – Vol. 69, no. 5. – P. 2439–2453.

141. Brink, H. Analyzing barriers to digital transformation in the German engineering industry – a comparison of digitalized and non-digitalized enterprises / H. Brink, S. Packmohr // Hawaii international conference on system sciences. – Honolulu, 2022. – P. 4849–4858.

142. Cimino, C. Review of digital twin applications in manufacturing / C. Cimino, E. Negri, L. Fumagalli. – DOI 10.1016/j.compind.2019.103130 // Computers in industry. – 2019. – Vol. 113. – Art. no. 103130.

143. Dias, J. A. Analysis of an order fulfilment process at a metalwork company using different lean methodologies / J. A. Dias, L. P. Ferreira, M. A. Gonçalves, F. J. G. Silva, E. Ares. – DOI 10.1016/j.promfg.2019.09.025 // Procedia manufacturing. – 2019. – Vol. 41. – P. 399–406.

144. Fremont, V. The digital transformation of the manufacturing industry: metamorphic changes and value creation in the industrial network : digital comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology / V. Fremont. – Uppsala : Acta Universitatis Upsaliensis, 2021. – 124 p. – ISBN 978-91-513-1258-3.

145. Gkeredakis, M. Crisis as opportunity, disruption and exposure: exploring emergent responses to crisis through digital technology / M. Gkeredakis, H. Lifshitz-Assaf, M. Barrett. – DOI 10.1016/j.infoandorg.2021.100344 // Information and organization. – 2021. – Vol. 31, iss. 1. – Art. no. 100344.

146. Gkeredakis, M. Phenomenon-based problematization: Coordinating in the digital era / M. Gkeredakis, P. Constantinides. – DOI 10.1016/j.infoandorg.2019.100254 // Information and organization. – 2019. – Vol. 29, iss. 3. – Art. no. 100254.

147. Gökalp, E. Digital transformation capability maturity model enabling the assessment of industrial manufacturers / E. Gökalp, V. Martinez. – DOI 10.1016/j.compind.2021.103522 // Computers in industry. – 2021. – Vol. 132. – Art. no. 103522.

148. Guo, X. The impact of digital transformation on manufacturing-enterprise innovation: empirical evidence from China / X. Guo, X. Chen. – DOI 10.3390/su15043124 // Sustainability. – 2023. Vol. 15, no. 4. – Art. no. 3124.

149. Gurca, A. Managing the challenges of business-to-business open innovation in complex projects: a multi-stage process model / A. Gurca, M. Bagherzadeh, S. Markovic, N. Koporcic. – 10.1016/j.indmarman.2020.05.035 // Industrial marketing management. 2021. – Vol. 94. – P. 202–215.

150. Gürdür, D. Digitalizing Swedish industry: what is next? / D. Gürdür, J. Elkhoury, M. Törngren. – DOI 10.1016/j.compind.2018.12.011 // Computers in industry. – 2019. – Vol. 105. – P. 153–163.

151. Haijia, L. Digital transformation of manufacturing enterprises / L. Haijia, Ya. Cailin. – DOI 10.1016/j.procs.2021.04.029 // Procedia computer science. – 2021. – Vol. 187. – P. 24–29.

152. Heubeck, T. Managerial capabilities as facilitators of digital transformation? Dynamic managerial capabilities as antecedents to digital business model transformation and firm performance / T. Heubeck. – DOI 10.1016/j.digbus.2023.100053 // Digital Business. – 2023. – Vol. 3, iss. 1. -- Art. no. 100053.

153. Hinings, B. Digital innovation and transformation: an institutional perspective / B. Hinings, T. Gegenhuber, R. Greenwood. – DOI 10.1016/j.infoandorg.2018.02.004 // Information and organization. 2018. – Vol. 28, iss. 1. – P. 52–61.

154. Kaiser, J. A review of reference architectures for digital manufacturing: classification, applicability and open issues / J. Kaiser, D. McFarlane, G. Hawkrigde et al. – DOI 10.1016/j.compind.2023.103923 // Computers in industry. – 2023. – Vol. 149. – Art. no. 103923.

155. Kalogiannidis, S. The impact of digitalization in supporting the performance of circular economy: a case study of Greece / S. Kalogiannidis, D. Kalfas, F. Chatzithodoridis, S. Kontsas. – DOI 10.3390/jrfm15080349 // Journal of risk and financial management. – 2022. – Vol. 15, no. 8. – URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/15/8/349> (дата обращения: 14.04.2023).

156. Khajavi, S. H. Risk reduction in new product launch: a hybrid approach combining direct digital and tool-based manufacturing / S. H. Khajavi, J. Partanen, J. Holmström, J. Tuomi. – DOI 10.1016/j.compind.2015.08.008 // *Computers in industry*. 2015. – Vol. 74. – P. 29–42.

157. Korherr, P. From intuitive to data-driven decision-making in digital transformation: a framework of prevalent managerial archetypes / P. Korherr, D. K. Kanbach, S. Kraus, P. Mikalef. – DOI 10.1016/j.digbus.2022.100045 // *Digital business*. – 2022. – Vol. 2, iss. 2. – Art. no. 100045.

158. Kuusisto, M. Organizational effects of digitalization: a literature review / M. Kuusisto. – DOI 10.1108/IJOTB-20-03-2017-B003 // *International journal of organization theory and behavior*. – 2017. – Vol. 20, no. 3. – P. 341–362.

159. Leite, E. Individual strategies as interaction modes for handling institutional logic diversity over time: a case study on a public-private collaboration project / E. Leite, M. B. Ingstrup. – DOI 10.1016/j.indmarman.2022.09.019 // *Industrial marketing management*. – 2022. – Vol. 107. – P. 266–275.

160. Li, J. Business process digitalization and new product development: an empirical study of small and medium-sized manufacturers / J. Li, M. Merenda, A. Venkatachalam // *International journal of e-business research*. – 2009. – Vol. 5, no. 1. – P. 49–64.

161. Lyly-Yrjänäinen, J. Effects of combining product-centric control and direct digital manufacturing: the case of preparing customized hose assembly kits / J. Lyly-Yrjänäinen, J. Holmström, M. I. Johansson, P. Suomala. – DOI 10.1016/j.compind.2016.05.009 // *Computers in industry*. – 2016. – Vol. 82. – P. 82–94.

162. McKie, M. G. Implementing digitalised lean manufacturing training in a UK engine manufacturing centre during the SARS-CoV2 pandemic of 2020 / M.G. McKie, R. Jones, J. Miles, I. R. Jones. – DOI 10.1016/j.promfg.2021.10.078 // *Procedia manufacturing*. – 2021. – Vol. 55. – P. 571–579.

163. McKie, M. G. Improving lean manufacturing systems and tools engagement through the utilisation of Industry 4.0, improved communication and a people recognition methodology in a UK engine manufacturing center / M. G. McKie, R. Jones, J. Miles,

I. R. Jones. – DOI 10.1016/j.promfg.2021.10.052 // *Procedia manufacturing*. – 2021. – Vol. 55. – P. 371–382.

164. Monteiro, C. Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED / C. Monteiro, L. P. Ferreira, N. O. Fernandes et al. – DOI 10.1016/j.promfg.2019.09.043 // *Procedia manufacturing*. – 2019. – Vol. 41. – P. 555–562.

165. Mota, J. Embedding of a new business as a cumulative process of combining different but complementary types of projects: the case of a project-based firm / J. Mota, L. M. Castro. – DOI 10.1016/j.indmarman.2017.12.003 // *Industrial marketing management*. – 2019. – Vol. 80. – P. 188–200.

166. Pattij, M. Enhanced digital transformation supporting capabilities through enterprise architecture management: a fsQCA perspective / M. Pattij, R. Wetering, R. Kusters. – DOI 10.1016/j.digbus.2022.100036 // *Digital business*. – 2022. – Vol. 2, iss. 2. – Art. no. 100036.

167. Pellicelli, M. The digital transformation of supply Chain management / M. Pellicelli. – Elsevier Science, 2022. – 488 p. – ISBN 978-0-3238-5532-7.

168. Perno, M. Implementation of digital twins in the process industry: a systematic literature review of enablers and barriers / M. Perno, L. Hvam, A. Haug. – DOI 10.1016/j.compind.2021.103558 // *Computers in industry*. – 2022. – Vol. 134. – Art. no. 103558.

169. Phuyal, S. Design and implementation of cost-efficient SCADA system for industrial automation / S. Phuyal, D. Bista, Ja. Izykowski, R. Bista. – DOI 10.5815/ijem.2020.02.02 // *International journal of engineering and manufacturing*. – 2020. – Vol. 10, no. 2. – P. 15–28. – EDN DIZYVT.

170. Piller, F. T. Does mass customization pay? An economic approach to evaluate customer integration / F. T. Piller, K. Moeslein, C. M. Stotko. – DOI 10.1080/0953728-042000238773 // *Production planning & control*. 2004. – Vol. 15, no. 4. – P. 435–444.

171. Reis, J. Digitalization: a literature review and research agenda / J. Reis, M. Amorim, N. Melão, Y. Cohen, M. Rodrigues. – DOI 10.1007/978-3-030-43616-2_47

// Lecture notes on multidisciplinary industrial engineering. – Cham : Springer, 2020. – P. 443–456.

172. Ren, S. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework, challenges and future research directions / S. Ren, Y. Zhang, Y. Liu [et al.]. – DOI 10.1016/j.jclepro.2018.11.025 // Journal of cleaner production. – 2019. – Vol. 210. – P. 1343–1365. – EDN UXWZMP.

173. Schallmo, D. Digital transformation of business models-best practice, enabler, and roadmap / D. Schallmo, C. A. Willams, L. Boardman. – DOI 10.1142/9781786347-602_0005 // International journal of innovation management. – 2018. – Vol. 21, no. 8. – Art. no. 1740014.

174. Schönfuß, B. A catalogue of digital solution areas for prioritising the needs of manufacturing SMEs / B. Schönfuß, D. McFarlane, G. Hawkrige et al. – DOI 10.1016/j.compind.2021.103532 // Computers in industry. – 2021. – Vol. 133. – Art. no. 103532.

175. Shahatha Al-Mashhadani, A. F. Towards the development of digital manufacturing ecosystems for sustainable performance: learning from the past two decades of research / A. F. Shahatha Al-Mashhadani, M. I. Qureshi, S. S. Hishan et al. – DOI 10.3390/en14102945 // Energies. – 2021. – Vol. 14, no. 10. – Art. no. 2945.

176. Śledziowska, K. The economics of digital transformation: the disruption of markets, production, consumption, and work / K. Śledziowska, R. Włoch. – London : Imprint Routledge, 2021. – 304 p. – ISBN 978-0-367-70042-3.

177. Verhoef, P. C. Digital transformation: a multidisciplinary reflection and research agenda / P. C. Verhoef, T. Broekhuizen, Ya. Bart, A. Bhattacharya, J. Q. Dong., N. Fabian, M. Haenlein. – DOI 10.1016/j.jbusres.2019.09.022 // Journal of business research. – 2021. – Vol. 122. – P. 889–901.

178. Vin, L. J. Game-based lean production training of university students and industrial employees / L. J. Vin, L. Jacobsson, J. E. Odhe. – DOI 10.1016/j.promfg.2018.06.098 // Procedia manufacturing. – 2018. – Vol. 25. – P. 578–585.

179. Vogelsang, K. Measuring the barriers to the digital transformation in management courses – a mixed methods study / K. Vogelsang, H. Brink, S. Packmohr // Lecture notes in business information processing this. – 2020. – Vol. 398. – P. 19–34.

Публикации автора по теме исследования

180. Ваулин, А. С. Экономический эффект цифровой интеграции: кейс предприятия машиностроения / А. С. Ваулин // Journal of new economy. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 88–104.

181. Ваулин, А. С. О взаимосвязи ключевых понятий в области цифровизации промышленных предприятий / А. С. Ваулин // XXXVI Международные Плехановские чтения : сб. ст. аспирантов и молодых ученых (Москва, 30–31 марта 2023 г.). – Москва : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2023. – С. 23–27. – EDN OYZWIP.

182. Ваулин, А. С. Понятие и экономическая сущность цифровых интеграций в деятельности крупных промышленных предприятий / А. С. Ваулин, А. Н. Головина // Russian economic bulletin. – 2022. – Т. 5, № 5. – С. 178–182. – EDN LKLVWX.

183. Ваулин, А. С. Сущность экономического эффекта цифровой интеграции на промышленном предприятии / А. С. Ваулин, А. Н. Головина. – DOI 10.14451/1.216.408 // Экономические науки. – 2022. – № 216. – С. 202–207. – EDN ETSTIV.

184. Ваулин, А. С. Эволюция научно-практических подходов к анализу экономических потерь цифровых интеграций на промышленных предприятиях / А. С. Ваулин // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России : материалы IV Уральского экономического форума (Екатеринбург, 20–21 октября 2022 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2022. – С. 154–157. – EDN GONMTG.

185. Ваулин, А. С. Экономические риски цифровой интеграции для крупных промышленных предприятий: дефиниция и эволюция подходов / А. С. Ваулин, А. Н. Головина. – DOI 10.37882/2223-2966.2022.08.06 // Современная наука: акту-

альные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 8. – С. 64–67. – EDN VHKSTR.

186. Головина, А. Н. Ключевые направления развития цифровой интеграции на промышленном предприятии / А. Н. Головина, А. С. Алексина, А. С. Ваулин // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 26 июня 2023 г.). – Махачкала : Алеф, 2023. – С. 332–336.

187. Головина, А. Н. Научные подходы к оценке экономического эффекта в условиях цифровизации промышленности / А. Н. Головина, А. С. Ваулин // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (Ростов-на-Дону, 10 июня 2023 г.). – Махачкала : Алеф, 2023. – С. 314–319. – EDN VXCWIR.

188. Головина, А. Н. Экономическая политика цифровых интеграций на промышленном предприятии / А. Н. Головина, А. С. Ваулин // Полицентричный мир: новая экономическая повестка : сб. науч. тр. X Уральских научных чтений профессоров и докторантов гуманитарных наук (Екатеринбург, 1 марта 2023 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2023. – С. 32–40.

189. Головина, А. Н. Экономические эффекты и издержки цифровизации на промышленном предприятии / А. Н. Головина, К. А. Третьяков, А. С. Ваулин. – 10.24158/per.2023.7.6 // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 7 (120). – С. 50–56.

190. Предприятие в условиях цифровой трансформации: экономика и управление : монография / Я. П. Силин, А. Н. Головина, А. С. Ваулин [и др.]. – Екатеринбург : Трикс, 2021. – 338 с. – ISBN 978-5-6046523-4-3.

191. Цифровое предприятие: производственный и операционный менеджмент / Я. П. Силин, А. Н. Головина, А. В. Быстров, А. С. Ваулин [и др.]. – Верхняя Пышма : Трикс, 2021. – 336 с. – ISBN 978-5-6046523-2-9.