

Научный журнал «Менеджер». 2025. № 8(114). С. 116-130.
Scientific Journal "Manager". 2025;(8/114):116-130.

Экономика и управление регионами, отраслями и межотраслевыми комплексами

Научная статья

УДК 338.45.01

JEL: L61, O33, P52

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17786357>

ВАК 5.2.3. Региональная и отраслевая
экономика

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Матвей Сергеевич Оборин¹, Максим Дмитриевич Воротов²

^{1,2}Пермский государственный национальный исследовательский университет,

¹Пермский институт (филиал) Российского экономического университета
им. Г. В. Плеханова, Пермский государственный аграрно-технологический
университет им. ак. Д. Н. Прянишникова», Пермь, Российская Федерация

¹recreachin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4281-8615>

²maxvorotov@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4296-6531>

Аннотация. Исследование посвящено разработке концептуальных направлений цифровизации бизнес-процессов в металлургическом производстве в условиях ограничений для стимулирования импортозамещения. Основная цель работы – разработка положений концепции цифровизации бизнес-процессов, адаптированной к условиям металлургического производства на основе систематизации и уточнения научных теорий и положений. Методы исследования включают системный анализ, сравнение, контент-анализ научных работ и отраслевых отчётов. Рассмотрены концептуальные положения и результаты отечественных и зарубежных учёных по проблемам цифровизации, проанализированы ключевые бизнес-процессы металлургического производства, выявлен уровень зависимости от иностранного программного обеспечения и программных продуктов. Изучены ограничения существующих концепций в условиях импортозамещения. Предложена структурно-функциональная модель цифровой трансформации, основанная на принципах модульности, масштабируемости, киберустойчивости и интеграции, которую целесообразно применять в условиях развития импортозамещения. Обоснованы предложения по адаптации и разработке отечественных программных и аппаратных решений, предложены рекомендации по поэтапному внедрению концепции и меры по обеспечению устойчивости инфраструктуры информационных технологий (ИТ-инфраструктуры). Результаты исследования демонстрируют возможность создания эффективной и безопасной цифровой экосистемы металлургических предприятий, способной обеспечить технологический суверенитет и повысить конкурентоспособность отрасли. Практическое применение результатов исследования заключается в разработке для предприятий металлургической отрасли комплекса мер по цифровой трансформации в условиях ограничений.

Ключевые слова: цифровизация, металлургическое производство, импортозамещение, концепция, бизнес-процессы, импортонезависимость, программное обеспечение, отечественное программное обеспечение, ИТ-инфраструктура, технологический суверенитет

Для цитирования: Оборин М. С., Воротов М. Д. Концепция цифровизации бизнес-процессов в металлургическом производстве в условиях санкционных ограничений // Научный журнал «Менеджер». 2025. № 8(114). С. 116-130. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17786357>.

Original article

CONCEPT OF DIGITALIZATION OF BUSINESS PROCESSES IN METALLURGICAL PRODUCTION UNDER SANCTIONS RESTRICTIONS

Matvey S. Oborin¹, Maxim D. Vorotov²

^{1,2}Perm State National Research University, ¹Perm Institute (branch) "Russian economic University G. V. Plekhanov", Perm State Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia Federation

¹recreachin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4281-8615>

²maxvorotov@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4296-6531>

Abstract. This research is dedicated to developing conceptual directions for the digitalization of business processes in metallurgical production under restrictions, aimed at stimulating import substitution. The main objective of the work is to develop provisions for a business process digitalization concept adapted to the conditions of metallurgical production, based on the systematization and refinement of scientific theories and provisions. Research methods include system analysis, comparison, and content analysis of scientific works and industry reports. Conceptual provisions and results of domestic and foreign scientists on digitalization issues are considered, key business processes in metallurgical production are analyzed, and the level of dependence on foreign software and software products is identified. Limitations of existing concepts under import substitution conditions are studied. A structural-functional model of digital transformation is proposed, based on the principles of modularity, scalability, cyber resilience, and integration, which is advisable to apply in the context of import substitution development. Proposals for the adaptation and development of domestic software and hardware solutions are substantiated, and recommendations for the phased implementation of the concept and measures to ensure the stability of the information technology (IT) infrastructure are offered. The research results demonstrate the possibility of creating an effective and secure digital ecosystem for metallurgical enterprises, capable of ensuring technological sovereignty and increasing the industry's competitiveness. The practical application of the research results lies in developing a set of measures for digital transformation for enterprises in the metallurgical industry under restrictive conditions.

Keywords: digitalization, metallurgical production, import substitution, concept, business processes, import independence, software, domestic software, IT infrastructure, technological sovereignty

For citation: Oborin M. S., Vorotov M. D. Concept of digitalization of business processes in metallurgical production under sanctions restrictions // Scientific Journal "Manager". 2025;(8/114):116-130. (In Russ.), <https://doi.org/10.5281/zenodo.17786357>.

Введение

Российская металлургия, будучи одним из системообразующих секторов национальной экономики, в современных условиях демонстрирует повышенную уязвимость к внешним дестабилизирующим факторам. Активное внедрение цифровых технологий в отрасли, начавшееся с исторически сложившихся подходов к автоматизации на базе импортных АСУ ТП, SCADA и PLC [1, с. 6], и продолжившееся инвестициями в комплексные ERP и MES-системы [2, с. 31], столкнулось с беспрецедентными вызовами. Усиление санкционного давления и уход иностранных

поставщиков обнажили критическую зависимость от зарубежного программного обеспечения (ПО). Типовой IT-ландшафт предприятий включает такие системы, как SAP ERP, Siemens SIMATIC IT, Schneider Electric MES, AVEVA PI System, Microsoft SQL Server, Oracle Database, а также специализированное инженерное ПО (AutoCAD, ANSYS) [3, с. 95]. Прекращение лицензионных соглашений, отсутствие обновлений и технической поддержки влечёт за собой риски кибербезопасности, невозможность развития функционала и потенциальные сбои в критически важных бизнес-процессах, достигая доли импортного ПО в критических системах управления до 70-80 % [4, с. 705].

Несмотря на достигнутые успехи в операционной эффективности, степень цифровой зрелости российских компаний неоднородна, а внедрение передовых концепций, таких как цифровые двойники и прогностическая аналитика, сталкивается с технологическими и организационными барьерами [5, с. 1869], усугубляемыми недостаточным развитием отечественной IT-экосистемы [6, с. 81]. Многие из существующих концепций (Industry 4.0, Smart Manufacturing), разработанные в условиях открытого рынка, становятся нежизнеспособными при необходимости обеспечения технологического суверенитета. Прямая адаптация этих концепций без учёта ограничений приводит к фрагментации IT-инфраструктуры, увеличению стоимости владения и снижению общей эффективности цифровой трансформации. Санкционные ограничения также затрудняют доступ к передовым аппаратным компонентам и технологиям, необходимым для дальнейшего развития цифровых решений [7, с. 279; 8, с. 66].

Таким образом, в условиях усиления геополитической нестабильности и необходимости обеспечения технологического суверенитета, традиционные подходы к цифровизации металлургического производства, ориентированные на глобальные рынки и иностранные технологии, становятся неактуальными. Возникает острая необходимость в разработке новых концептуальных положений, адаптированных к российским реалиям, ориентированных на отечественные решения и обеспечивающих долгосрочную конкурентоспособность отрасли.

Перед началом исследования была выдвинута гипотеза: для обеспечения технологического суверенитета и повышения конкурентоспособности металлургических предприятий за счёт снижения зависимости от импортных решений цифровизацию бизнес-процессов металлургического производства целесообразно осуществлять на принципах модульности, киберустойчивости, приоритета отечественных ПО и технологий Open Source.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка концептуальных положений цифровизации бизнес-процессов в металлургическом производстве Российской Федерации в условиях санкционных ограничений на использование импортного ПО. Для достижения поставленной цели сформулирован ряд последовательных задач:

- провести системную оценку и критический анализ концепций цифровизации, обосновывающих технологическое развитие металлургической отрасли;
- идентифицировать и проанализировать ключевые бизнес-процессы металлургического производства, а также технологические риски их оптимизации в условиях импортозамещения ПО;
- выявить и обосновать особенности применения существующих концепций цифровизации в условиях необходимости обеспечения импортозамещения отрасли;
- разработать новые концептуальные положения по снижению зависимости от импорта металлургического производства на основе цифровизации бизнес-процессов, основанной на отечественных программных решениях;
- сформулировать практические рекомендации по адаптации и внедрению предложенной концепции в условиях действующих ограничений.

Методы исследования

В основу исследования положен комплексный подход, включающий: системный анализ сложных взаимосвязей в отрасли; сравнение существующих концепций цифровизации и программных решений для выявления их особенностей, преимуществ и ограничений; систематизация научно-теоретических результатов; анализ экономических показателей отрасли; методы классификации и типологизации.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблемы цифровизации промышленного производства и вопросы обеспечения технологического суверенитета в стратегических отраслях, к которым относится металлургия, активно исследуются в отечественной и мировой науке. Однако, несмотря на наличие множества исследований, посвящённых отдельным аспектам цифровизации, часто не хватает комплексного подхода, который бы учитывал специфику условий ограничений и направленность на достижение технологического суверенитета.

В работах Е. Б. Хоменко, Л. А. Ватутина, Е. Ю. Злобина детально анализируются общие тенденции цифровой трансформации промышленных предприятий, исследуются ключевые вызовы и перспективы [9, с. 676]. Авторы акцентируют внимание на необходимости развития компетенций специалистов и адаптации зарубежных цифровых решений к специфике производственного цикла отечественных промышленных предприятий. Хотя эти работы и выявляют важные аспекты цифровизации, они зачастую не акцентируют внимание на критической зависимости от импортного программного обеспечения, что представляет собой серьёзный риск в условиях внешних ограничений. Похожие проблемы и ограничения цифровой трансформации крупных промышленных предприятий затрагивают Р. А. Долженко и Д. С. Малышев, обобщая имеющийся опыт [2, с. 31]. Их анализ демонстрирует наличие вызовов при цифровой трансформации, но не предлагает целостного решения для обеспечения импортонезависимости.

А. Ю. Анисимов, М. А. Плахотникова, А. А. Грабский фокусируются на особенностях цифровизации металлургического производства, подчёркивая значимость интеграции автоматизированных систем управления технологическими процессами и необходимость формирования единой стратегии [1, с. 6]. Возможности и перспективы применения отдельных передовых технологий, таких как цифровые двойники для оптимизации технологических процессов и оборудования, детально анализируют Е. В. Попова и Д. И. Никифоров [10, с. 52]. Вопросы повышения энергоэффективности посредством цифровых инструментов в промышленных условиях исследуют О. А. Романова, Д. В. Сиротин, подчёркивая экономический и экологический потенциал таких решений [11, с. 136]. Эти исследования демонстрируют потенциал цифровых технологий, однако их практическая реализация в условиях ограничений может быть затруднена из-за зависимости от импортных платформ и компонентов. Методологические подходы к оценке уровня цифровой зрелости металлургических предприятий предложены в работах В. В. Печаткина, А. И. Ялаловой, они позволяют системно оценить готовность компаний к цифровым трансформациям [5, с. 1869]. Эти методики полезны для оценки текущего состояния, но не всегда учитывают специфические требования к устойчивости в условиях импортозамещения.

Особое внимание в последнее время уделяется проблемам импортозамещения в контексте цифровизации. В. И. Жигалов в своих исследованиях глубоко анализирует структуру зависимости российских промышленных предприятий от импортного программного обеспечения, выявляя критические точки и связанные с этим риски для операционной стабильности и дальнейшего развития [3, с. 95]. С. О. Шуляк расширяет эту проблематику, рассматривая вызовы импортозамещения не только в сфере ПО, но и в области промышленного оборудования и технологий, что создаёт комплексные барьеры для цифрового развития [7, с. 279]. Исследования В. И. Жигалова и С. О. Шуляка чётко обозначают проблему зависимости от импорта, но не предлагают конкретных концептуальных решений для её преодоления в рамках цифровой трансформации. Вопросы развития отечественной ИТ-экосистемы и решения проблем

совместимости различных отечественных продуктов освещают А. Е. Трубин, С. Н. Чевычелов, А. Ю. Анисимов, указывая на необходимость стандартизации и развития открытых интерфейсов. Аналитические отчёты Ассоциации разработчиков программных продуктов «Отечественный софт» предоставляют ценные статистические данные и экспертные оценки текущего состояния и перспектив рынка промышленного ПО в России [4, с. 705; 6, с. 81]. Указанные данные важны для понимания текущего состояния рынка, однако не дают готовой концепции для металлургического производства.

В научных работах по данной проблематике недостаточно внимания уделено цифровой трансформации на концептуальном уровне, предполагающем изменение стратегии управления производством, направленной на преодоление зависимости от импорта, с учётом технологических, экономических и геополитических ограничений. Это требует анализа принципов, которые лежат в существующих подходах к цифровизации металлургического производства. Как правило, они заложены в Четвёртой промышленной революции (Индустрия 4.0) и концепции умного производства и предполагают высокую степень интеграции, использование передовых аналитических инструментов и построение сложных взаимосвязанных информационных систем. Их сравнительный анализ представлен в таблице 1, составленной по данным [9, с. 676; 10, с. 52; 11, с. 136].

Таблица 1 – Сравнительный анализ концепций цифровизации промышленного производства

Table 1 – Comparative analysis of the concepts of digitalization of industrial production

Ключевые элементы	Цель	Технологии	Преимущества	Ограничения в контексте импортозамещения
Индустрия 4.0				
Киберфизические системы, промышленный Интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект и машинное обучение, вертикальная и горизонтальная интеграция	Создание «умного производства», повышение производительности, оптимизация затрат, адаптация к новым экономическим реалиям	ПоТ, аналитика больших данных, искусственный интеллект и машинное обучение, облачные вычисления, цифровые двойники, аддитивное производство, робототехника	Повышение эффективности, гибкости, скорости и прозрачности производственных процессов; оптимизация затрат, улучшение качества продукции, ускорение внедрения инноваций	Высокая стоимость внедрения, сложность интеграции, зависимость от импортных технологий, нехватка квалифицированных кадров, риски, связанные с кибербезопасностью
Интеллектуальное производство				
Интеграция данных, автоматизация, оптимизация процессов, предиктивное обслуживание, «самообучающиеся» системы	Оптимизация производственных процессов, повышение эффективности использования ресурсов, улучшение качества продукции, снижение затрат, повышение безопасности	ПоТ, искусственный интеллект и машинное обучение, аналитика данных, облачные вычисления, автоматизированные системы, датчики	Повышение эффективности, снижение затрат, улучшение качества, повышение безопасности, оптимизация принятия решений на основе данных	Зависимость от качества данных, необходимость интеграции с существующими системами, сложность внедрения, высокая стоимость, необходимость изменений в организационной структуре и культуре

Продолжение таблицы 1
 Continuation of table 1

Ключевые элементы	Цель	Технологии	Преимущества	Ограничения в контексте импортозамещения
Цифровая трансформация				
Сквозная цифровизация всех бизнес-процессов, от поставщиков до клиентов, создание новых цифровых продуктов и услуг	Полное преобразование бизнеса за счёт использования цифровых технологий, повышение конкурентоспособности, улучшение клиентского опыта, создание новых источников дохода	Облачные вычисления, аналитика больших данных, искусственный интеллект и машинное обучение, мобильные технологии, социальные сети, Интернет вещей	Повышение гибкости, адаптивности, скорости реагирования на изменения рынка, улучшение клиентского опыта, создание новых бизнес-моделей и источников дохода	Сложность внедрения, высокая стоимость, необходимость изменений в организационной структуре и культуре, риски, связанные с кибербезопасностью, нехватка квалифицированных кадров
Цифровые Близнецы				
Виртуальные модели физических активов, процессов и систем, мониторинг в реальном времени, прогнозирование, оптимизация	Мониторинг в режиме реального времени, прогнозирование поведения, оптимизация параметров и профилактическое обслуживание оборудования, снижение затрат, повышение эффективности	IoT, искусственный интеллект и машинное обучение, симуляция, моделирование, аналитика данных	Оптимизация работы оборудования, повышение его надёжности, снижение затрат на обслуживание, улучшение качества продукции, ускорение разработки новых продуктов	Зависимость от точности данных, высокая стоимость разработки и внедрения, сложность интеграции с существующими системами, необходимость изменений в организационной структуре и культуре
Умное предприятие				
Интеграция всех функциональных областей (ERP, MES, SCM, PLM), единое информационное пространство, прозрачность бизнес-процессов	Повышение прозрачности и управляемости бизнес-процессов, улучшение координации между подразделениями, оптимизация использования ресурсов, повышение эффективности принятия решений	ERP, MES, SCM, PLM, BI, аналитика данных	Улучшение координации, повышение прозрачности, оптимизация ресурсов, улучшение процесса принятия решений, повышение эффективности, снижение затрат	Сложность внедрения, высокая стоимость, необходимость изменений в организационной структуре и культуре, риски, связанные с зависимостью от одного поставщика, сложность интеграции разнородных систем

Анализ, представленный в таблице 1, позволяет сделать вывод о том, что фундаментальные концепции цифровизации, несмотря на доказанную эффективность в условиях открытого рынка, основаны на глубокой интеграции продуктов ведущих зарубежных вендоров. Это делает их неприменимыми в условиях, требующих технологического суверенитета, поскольку уход иностранных поставщиков, прекращение технической поддержки и лицензионных соглашений, а также санкционные ограничения, делают невозможным их дальнейшее использование

и развитие. В связи с этим возникает острая необходимость в разработке концептуальных положений цифровой трансформации, адаптированных к российским реалиям, ориентированных на отечественные решения и обеспечивающих технологический суверенитет.

Чёткое понимание этой специфики становится важной задачей на пути к разработке концептуальной модели, учитывающей специфику металлургической отрасли в условиях санкционных ограничений. Но обозначенная важность не делает её менее сложной, так как металлургическое производство представляет собой сложную систему взаимосвязанных процессов, каждый из которых оказывает влияние на общую эффективность и конкурентоспособность компании. В контексте цифровизации и импортозамещения критическими являются те бизнес-процессы, которые непосредственно влияют на качество продукции, себестоимость, скорость производства, безопасность и экологичность. На основе трудов отечественных учёных, с учётом специфики металлургической отрасли и в рамках данного исследования выделено восемь основных бизнес-процессов.

Управление производственным циклом. Этот процесс охватывает весь цикл производства металла, от приёмки и подготовки сырья до выплавки, разлива, прокатки и финишной обработки готовой продукции. Эффективность данного процесса напрямую влияет на объём производства, качество металла и расход сырья.

Контроль качества и лабораторные исследования. Обеспечение соответствия продукции заданным стандартам качества является ключевым фактором конкурентоспособности. Данный процесс включает в себя отбор проб, проведение химического анализа, механических испытаний и выдачу сертификатов качества.

Технологическое планирование и оптимизация. Точное планирование производственных операций, моделирование технологических процессов и оптимизация параметров производства позволяют снизить затраты и брак, улучшить качество продукции.

Управление запасами и логистикой. Эффективное управление запасами сырья, материалов и готовой продукции, а также оптимизация логистических потоков, критически важны для бесперебойного производства и снижения затрат.

Техническое обслуживание и ремонт оборудования. Надёжная работа оборудования является необходимым условием для стабильного производства. Превентивное обслуживание, оперативный ремонт и оптимизация загрузки оборудования снижают простои и повышают эффективность использования производственных мощностей.

Управление предприятием. Интеграция всех бизнес-процессов, от планирования производства и закупок до финансов и управления персоналом, в единой системе обеспечивает прозрачность, управляемость и принятие обоснованных решений.

Производственная аналитика и мониторинг. Сбор, анализ и визуализация данных о производственных процессах в реальном времени позволяет оперативно выявлять отклонения, оптимизировать параметры и повышать эффективность.

Энергоэффективность и ресурсосбережение. Металлургия является энергоёмкой отраслью. Оптимизация энергопотребления и снижение выбросов загрязняющих веществ становятся всё более важными как с экономической, так и с экологической точек зрения [12, с. 51].

Каждый из вышеперечисленных бизнес-процессов может быть значительно усовершенствован с помощью цифровых технологий. Однако в условиях импортозамещения необходимо учитывать доступность и функциональность отечественных решений.

Отечественные производители предлагают широкий спектр SCADA-систем и PLC-платформ, которые могут заменить иностранные аналоги. Данные решения

обеспечивают автоматизацию систем управления технологическими процессами, сбор и визуализацию данных.

На российском рынке представлены MES-решения, способные управлять производственными операциями, отслеживать выполнение заказов, контролировать качество и управлять ресурсами. Однако критически важны вопросы интеграции с существующими ERP-системами и адаптации к специфике металлургических процессов.

Отечественные ERP-системы могут быть использованы для управления ресурсами предприятия, планирования производства, закупок и финансов. Переход на отечественные ERP требует тщательного планирования и может сопровождаться значительными затратами на миграцию данных и кастомизацию.

На рынке существуют российские LIMS-системы, позволяющие автоматизировать процессы лабораторного контроля, управлять данными испытаний и обеспечивать соответствие требованиям качества.

Перспективы использования отечественных платформ IIoT для сбора и обработки данных с датчиков и оборудования огромны. Развитие отечественных датчиков и средств передачи данных является критически важным для обеспечения независимости от иностранных поставщиков.

Для анализа больших данных, предиктивной аналитики и оптимизации производственных процессов можно использовать отечественные решения, такие как платформы VK Cloud Solutions, Yandex Cloud или собственные разработки.

Российские разработчики предлагают программные продукты для проектирования и моделирования, которые могут заменить иностранные аналоги [4, с. 705; 6, с. 81; 8, с. 66]. Но, несмотря на возможность их применения, внедрение отечественных решений в металлургии сталкивается с рядом серьёзных вызовов. Российские аналоги часто уступают по функциональности и удобству использования зарубежным решениям. Необходимо проводить тщательный анализ функциональных возможностей и практичности, тестировать решения и оценивать их соответствие требованиям бизнеса.

Интеграция отечественных решений с существующей IT-инфраструктурой, состоящей из различных программных продуктов, представляет собой сложную задачу по причине разнородности используемых систем, из-за этого требуются разработки специальных интерфейсов и адаптации данных.

Обеспечение кибербезопасности является критически важным фактором при внедрении любых цифровых решений. Необходимо учитывать вопросы защиты данных, авторизации доступа и предотвращения кибератак.

Цифровые решения часто требуют доработки и адаптации под специфику конкретного металлургического предприятия и его технологических процессов. Это может потребовать дополнительных затрат и времени.

Вызовы, связанные с импортозамещением в области цифровизации металлургии, требуют формирования новых концептуальных положений, обеспечивающих технологический суверенитет и устойчивость отрасли. Как показал анализ существующих концепций (таблица 1), традиционные подходы, ориентированные на глобальные рынки и иностранные технологии, в условиях ограничений становятся неактуальными, поскольку основаны на интеграции зарубежных продуктов и не предусматривают быструю адаптацию к внешним шокам.

В связи с этим в рамках данного исследования разработаны научно-теоретические положения, призванные обеспечить устойчивость и эффективность цифровой трансформации в условиях ограничений.

В отличие от подходов, рассматривающих импортозамещение как вынужденную меру, наша концепция позиционирует его как стратегическое преимущество, способствующее достижению технологического суверенитета и долгосрочной

устойчивости металлургического производства. Это обусловлено необходимостью снижения рисков, связанных с лицензированием и поддержкой зарубежного ПО, а также созданием условий для развития отечественной IT-индустрии, что полностью соответствует государственной политике импортозамещения.

Одним из основополагающих принципов является приоритетное использование отечественного программного обеспечения, аппаратно-программных комплексов и технологий с открытым исходным кодом. Данный принцип напрямую направлен на снижение зависимости от иностранных поставщиков и минимизацию рисков, связанных с санкциями.

Построение IT-инфраструктуры основано на принципе модульности, предусматривающем возможность быстрой замены отдельных компонентов без нарушения работоспособности всей системы. Использование микросервисной архитектуры и открытых API обеспечивает гибкость и адаптивность к изменяющимся требованиям бизнеса. Данный принцип позволяет оперативно реагировать на рыночные изменения и внедрять новые технологии с минимальными вложениями в короткие сроки, что особенно важно в условиях неопределённости.

Реализация цифровой трансформации предусматривает поэтапное внедрение цифровых решений, начиная с локальных участков производства и постепенно двигаясь к интеграции всех бизнес-процессов в единую систему. Такой подход позволяет снизить риски, оптимизировать затраты и обеспечить плавную адаптацию персонала к новым технологиям. При этом внедрение цифровых технологий направлено на решение конкретных бизнес-задач, таких как повышение производительности, снижение себестоимости, улучшение качества продукции, повышение безопасности и снижение негативного воздействия на окружающую среду, что будет отражено в методике выбора и привязки цифровых проектов к конкретным бизнес-целям.

Надёжная защита цифровой инфраструктуры от киберугроз является неотъемлемой частью концепции, включая использование отечественных средств защиты информации, реализацию мер по предотвращению несанкционированного доступа к данным и обеспечение непрерывности бизнес-процессов. Также критически важна совместимость и взаимодействие между различными цифровыми системами и устройствами. Использование открытых стандартов и протоколов обмена данными позволяет создать единое информационное пространство и обеспечить эффективный обмен информацией между различными подразделениями и уровнями управления.

На основе синтеза теоретических подходов и с учётом выявленных в ходе исследования ограничений, предложена концептуальная модель цифровизации, характеризующаяся трёхуровневой архитектурой управления. Такая структура позволит поэтапно внедрять цифровые решения, начиная с автоматизации на уровне оборудования и заканчивая формированием единой цифровой экосистемы. Также модель призвана учесть специфику российских предприятий, что особенно важно в условиях ограниченных финансовых ресурсов и необходимости поэтапного импортозамещения.

Первый уровень – автоматизация и сбор данных. Обеспечивает непосредственное взаимодействие с технологическим оборудованием и получение данных о производственных процессах. В функции этого уровня входит сбор данных с датчиков, контроллеров, исполнительных механизмов, управление оборудованием в режиме реального времени, визуализация технологических параметров, оценка аварийной сигнализации и защиты.

Для этого понадобятся применение таких компонентов, как программируемые логические контроллеры (ПЛК), системы сбора и диспетчеризации данных (SCADA), датчики, исполнительные механизмы, промышленные сети связи.

В приоритете использовать отечественные ПЛК, такие как Fastwel I/O, Owen Logic, и SCADA-систем, например КРУГ-2000, MasterSCADA. А также разработка и внедрение собственных решений для сбора и передачи данных на базе открытых протоколов, импортозамещающим аналогом может выступить MQTT. В итоге на первом уровне предлагается отказ от проприетарных протоколов обмена данными и переход на открытые стандарты (например, OPC UA, MQTT), что обеспечивает совместимость с различными устройствами и системами, а также снижает зависимость от конкретных поставщиков.

Второй уровень – управление производством и оптимизация. Отвечает за оперативное управление производственными процессами, контроль качества продукции, планирование и оптимизацию использования ресурсов. Выполняет такие операции, как оперативное планирование производства, управление производственными заказами, отслеживание перемещения материалов и продукции, контроль качества, управление лабораторными исследованиями, моделирование технологических процессов, оптимизация параметров производства, формирование отчётности.

На этом уровне используются системы управления производством (MES), системы управления лабораторной информацией (LIMS), системы автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства (CAD/CAM/CAE), системы управления техническим обслуживанием и ремонтами (EAM/CMMS).

Также, как и для предыдущего уровня, в приоритете использование импортозамещающих инструментов. Как пример можно рассмотреть «Эффективное производство» или «Монитор» среди MES-систем, «LIMS-Эксперт» или «Аналитика» среди LIMS-систем и «ЛОГОС» или «FlowVision» из CAE-систем. Также это должно сопровождаться интеграцией с отечественными системами АСУ ТП и ERP, в частности, с отраслевым решением «1С: ERP Металлургия», которое обеспечивает оперативное планирование производственных процессов, управление заказами, материалами и контроль качества за счёт своей специализированной базы. Кроме того, системы «ПАРУС» могут быть адаптированы для обеспечения оперативного управления производственными процессами, управления заказами и материалами, интегрируясь с АСУ ТП и предоставляя необходимую аналитику для тактического уровня.

Применение второго уровня предполагает интеграцию отечественных MES-, LIMS-, ERP- и CAE-систем в единое информационное пространство, что позволит повысить эффективность управления производством, улучшить качество продукции и снизить затраты в условиях технологических и информационных ограничений.

Третий уровень – корпоративное управление и аналитика. На данном уровне реализуются такие функции, как стратегическое планирование, бюджетирование, финансовый учёт, управление персоналом, управление закупками и продажами, управление складом, анализ эффективности деятельности предприятия, прогнозирование.

Реализация этих функций возможна при использовании системы управления ресурсами предприятия (ERP), системы бизнес-аналитики (BI), системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), системы управления цепочками поставок (SCM).

Также предполагается поэтапный переход на отечественные ERP-системы. К ним могут быть отнесены «1С: ERP Управление предприятием», «Галактика ERP» или упомянутые выше «1С: ERP Металлургия» и «ПАРУС». Использование отечественных BI-платформ тоже в приоритете. Например «Форсайт. Аналитическая платформа» и «Visiology», если требуется гибкость в возможности интеграции с различными системами в будущем или «1С: Аналитика», если предприятие активно использует продукты 1С.

Помимо этого, третий уровень продолжает интеграцию с российскими системами MES и LIMS. Тем самым будет учитываться специфика металлургического производства и обеспечиваться сохранение критически важных данных и функциональности.

Предложенная многоуровневая архитектура импортонезависимой цифровой инфраструктуры металлургического предприятия обеспечит функциональную независимость, унифицированный обмен данными и возможность поэтапной реализации импортозамещения [13, с. 117].

С учётом проведённого исследования предлагается концептуальная модель цифровизации бизнес-процессов в металлургическом производстве в условиях санкционных ограничений (рисунок 1). Она основана на трёхуровневой архитектуре управления, обеспечивающей адаптацию к задачам импортозамещения и учитывающей специфику отрасли. Каждый уровень модели напрямую связан с определёнными бизнес-процессами в различной степени (таблица 2).

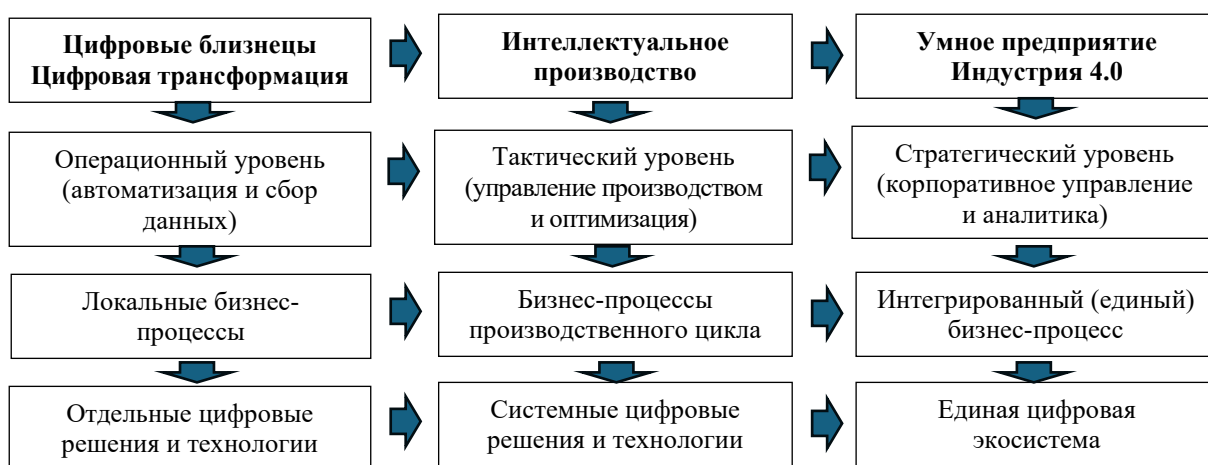


Рисунок 1 – Концептуальная модель цифровизации бизнес-процессов в металлургическом производстве в условиях ограничений

Figure 1 – Conceptual model of digitalization of business processes in metallurgical production under constraints

Таблица 2 – Соответствие уровней концептуальной модели и бизнес-процессов металлургического производства

Table 2 – Correspondence of levels of the conceptual model and business processes of metallurgical production

Функции	Применимость к бизнес-процессам	Отечественные технологии
Операционный уровень (автоматизация и сбор данных)		
Обеспечение взаимодействия с производственным оборудованием, сбор и автоматизация данных	- управление производственным циклом: сбор данных о параметрах сырья, процессах выплавки, разливки, прокатки, финишной обработки. Автоматизация первичных операций; - контроль качества: автоматизированный сбор данных с датчиков, интеграция с лабораторными системами; - техническое обслуживание и ремонт оборудования: сбор данных для предиктивного анализа состояния; - энергоэффективность и ресурсосбережение: мониторинг потребления энергии и сырья	Отечественные ПЛК (Fastwel I/O, Owen Logic), SCADA-системы (КРУГ-2000, MasterSCADA)

Продолжение таблицы 2
 Continuation of table 2

Функции	Применимость к бизнес-процессам	Отечественные технологии
Тактический уровень (управление производством и оптимизация)		
Оперативное управление производственными процессами, контроль качества, планирование и оптимизация ресурсов	• управление производственным циклом: оперативное планирование, управление заказами, оптимизация параметров производства; • контроль качества: анализ данных, формирование отчётности; • технологическое планирование и оптимизация: моделирование процессов, снижение затрат и брака; • управление запасами и логистикой: отслеживание материалов, оптимизация запасов; • техническое обслуживание и ремонт оборудования: планирование ТОиР на основе данных; • энергоэффективность и ресурсосбережение: оптимизация энергопотребления и расхода сырья	Отечественные MES-системы (эффективное производство, монитор), LIMS-системы (LIMS-эксперт, аналитика), CAE-системы (ЛОГОС, Flow Vision), интеграция с системами АСУ ТП и ERP (1С: ERP Управление предприятием, 1С: ERP Металлургия)
Стратегический уровень (корпоративное управление и аналитика)		
Стратегическое планирование, анализ эффективности, корпоративное управление	• управление производственным циклом: стратегическое планирование объёмов, анализ эффективности цикла; • контроль качества: анализ общей тенденции качества, формирование стандартов; • технологическое планирование и оптимизация: долгосрочное планирование, оценка инвестиций; • управление запасами и логистикой: стратегическое планирование цепочек поставок; • техническое обслуживание и ремонт оборудования: оценка эффективности ТОиР, планирование инвестиций; • управление предприятием: интеграция всех бизнес-процессов, обеспечение прозрачности и управляемости; • производственная аналитика и мониторинг: сбор, анализ и визуализация данных для выявления отклонений и повышения эффективности; • энергоэффективность и ресурсосбережение: оценка общей энергоэффективности, формирование стратегии	Отечественные ERP-системы (1С: ERP Управление предприятием, 1С: ERP Металлургия), BI-платформы (Форсайт. Аналитическая платформа, «1С: Аналитика», «Visiology»)

Реализация предложенной модели требует создания благоприятных условий для развития отечественной IT-индустрии и обеспечения доступности качественных отечественных решений, что достигается через целенаправленную координацию усилий металлургических компаний и государства. Выявленные в ходе исследования ограничения, связанные с зависимостью от импортных ПО и аппаратных компонентов (таблица 1), обосновывают необходимость следующих мер.

Предоставление налоговых льгот, грантов и субсидий разработчикам отечественного ПО, направленных на снижение их издержек производства и стимулирование вывода продукции на рынок. Эти меры необходимы для нивелирования ценовой конкуренции с уже существующими на рынке зарубежными продуктами и ускорения разработки новых решений.

Использование технологий Open Source, создание открытых платформ для разработки и обмена программным кодом, поддержка участия российских разработчиков в международных Open Source проектах. Данный подход способствует снижению стоимости разработки, ускорению внедрения стандартизированных решений и повышению компетенций отечественных специалистов.

Разработка и внедрение отечественных датчиков, контроллеров и аппаратных комплексов, необходимых для построения устойчивой цифровой инфраструктуры. Это критически важно для преодоления зависимости от импортных аппаратных компонентов и снижения рисков, связанных с их недоступностью или прекращением поддержки.

Оказание консультационной и экспертной поддержки российским ИТ-компаниям, в том числе помощь в адаптации их решений под специфику металлургической отрасли. Цель – ускорить процесс интеграции и повышения эффективности отечественных решений за счёт их точной настройки под производственные процессы.

Целенаправленный поиск и внедрение отечественного ПО и оборудования, что будет стимулировать развитие отечественного рынка. Создание устойчивого спроса со стороны крупных потребителей, таких как металлургические предприятия, является ключевым фактором для дальнейшего развития и совершенствования отечественных ИТ-решений.

Активное участие в пилотных проектах по внедрению отечественных разработок, обеспечение конструктивной обратной связи с разработчиками для совершенствования продукции. Данный подход позволяет провести реальное тестирование решений в условиях эксплуатации, выявить и устранить недостатки, а также ускорить их доработку.

Развитие механизмов сетевой кооперации между предприятиями, разработчиками и научными центрами для решения общих задач цифровизации и импортозамещения, включая совместное финансирование цифровых решений. Такой подход позволяет распределить риски, объединить ресурсы и компетенции, снижая нагрузку на отдельные компании.

Реализация данных мер направлена на создание благоприятной экосистемы, необходимой для успешного внедрения предложенной концептуальной модели и обеспечения устойчивого снижения зависимости от импорта.

Выводы

По итогам проведённого исследования можно говорить о том, что существует высокая зависимость бизнес-процессов металлургического производства Российской Федерации от импортного ПО. Его использование в условиях санкций ограничено. При этом существующие концепции цифровизации (Industry 4.0, Smart Manufacturing) ориентированы на импортное ПО. Это требует разработки иной концепции цифровизации бизнес-процессов.

В отличие от чисто инженерных решений, ориентированных на применение конкретных ИТ-технологий, в цифровизации бизнес-процессов целесообразно сочетать принципы модульности и киберустойчивости с приоритетностью отечественных и Open Source решений. Это лежит в основе разработанной структурно-функциональной модели цифровизации. Она предусматривает многоуровневую архитектуру (АСУ ТП/IoT, MES/LIMS/CAE, ERP/BI), где каждый уровень ориентирован на использование конкурентоспособных российских аналогов и открытых стандартов, что обеспечивает снижение зависимости отрасли от импорта и, тем самым, достижение поставленной цели исследования. Также предложенная модель подтверждает выдвинутую гипотезу о целесообразности такого подхода для обеспечения технологического суверенитета.

Перспективы дальнейших исследований включают: разработку детальной методики оценки экономической эффективности перехода на предложенную архитектуру, проведение пилотных кейс-стади внедрения модели на конкретных производственных участках, а также исследование механизмов стандартизации и унификации отечественных промышленных решений для обеспечения их интеграции.

Список источников / References

1. Анисимов А. Ю., Плахотникова М. А., Грабский А. А. Цифровизация бизнес-процессов металлургического предприятия как направление обеспечения устойчивого развития // Вестник СурГУ. 2023. № 4(42). С. 6-15. <https://doi.org/10.35266/2949-3455-2023-4-1>.

Anisimov A. Yu., Plakhotnikova M. A., Grabsky A. A. Digitalization of business processes of a metallurgical enterprise as a direction for ensuring sustainable development // Bulletin of SurGU. 2023. No. 4(42). P. 6-15. <https://doi.org/10.35266/2949-3455-2023-4-1>. (In Russian)

2. Долженко Р. А., Малышев Д. С. Проблемы на пути цифровой трансформации на российских промышленных предприятиях // Вестник НГУЭУ. 2022. № 1. С. 31-51. <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2022-1-031-051>.

Dolzhenko R. A., Malyshev D. S. Problems on the path of digital transformation in Russian industrial enterprises // Bulletin of the NGUEA. 2022. No. 1. P. 31-51. <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2022-1-031-051>. (In Russian)

3. Жигалов В. И. Цифровая экономика и импортозамещение: этапы и перспективы развития в России // Дискуссия. 2023. № 2(117). С. 95-106. <https://doi.org/46320/2077-7639-2023-2-117-95-106>.

Zhigalov V. I. Digital economy and import substitution: stages and prospects of development in Russia // Discussion. 2023. No. 2(117). P. 95-106. <https://doi.org/46320/2077-7639-2023-2-117-95-106>. (In Russian)

4. Аксёнов К. А., Спицина И. А. Решение задачи интеграции информационных систем на примере автоматизированной системы выпуска металлургической продукции // ИВД. 2023. № 6(102). С. 705-718. URL: [https://sciencedata.urfu.ru/portal/ru/publications/\(5b43fb77-26df-4c76-a0a9-c8c49c6a5264\).html](https://sciencedata.urfu.ru/portal/ru/publications/(5b43fb77-26df-4c76-a0a9-c8c49c6a5264).html).

Aksenov K. A., Spitsina I. A. Solving the problem of integrating information systems using the example of an automated metallurgical production system // IVD. 2023. No. 6(102). P. 705-718. URL: [https://sciencedata.urfu.ru/portal/ru/publications/\(5b43fb77-26df-4c76-a0a9-c8c49c6a5264\).html](https://sciencedata.urfu.ru/portal/ru/publications/(5b43fb77-26df-4c76-a0a9-c8c49c6a5264).html). (In Russian)

5. Печаткин В. В., Ялалова А. И. Цифровая зрелость промышленных предприятий: понятийный аппарат и методические подходы к оценке // Креативная экономика. 2025. Т. 19, № 7. С. 1869-1890. <https://doi.org/10.18334/ce.19.7.123492>.

Pechatkin V. V., Yalalova A. I. Digital maturity of industrial enterprises: conceptual framework and methodological approaches to assessment // Creative Economy. 2025. Vol. 19, no. 7. P. 1869-1890. <https://doi.org/10.18334/ce.19.7.123492>. (In Russian)

6. Трубин А. Е., Чевычелов С. Н., Анисимов А. Ю. Анализ проблем и возможностей перехода отечественных предприятий от импортозамещения к импортоопережению бизнес-приложений в ИТ-сфере в условиях цифровой трансформации // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2025. Т. 27, № 1. С. 81-96. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2025.1.7>.

Trubin A. E., Chevychelov S. N., Anisimov A. Yu. Analysis of the problems and opportunities of the transition of domestic enterprises from import substitution to import-saving business applications in the IT sector in the context of digital transformation // Bulletin of the Volgograd State University. Economy. 2025. Vol. 27, no. 1. P. 81-96. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2025.1.7>. (In Russian)

7. Шуляк С. О. Политика импортозамещения и её роль в современной экономической системе Российской Федерации // Вестник Академии знаний. 2023. № 2(55). С. 279-286. EDN: MTIIFZ.

Shulyak S. O. The policy of import substitution and its role in the modern economic system of the Russian Federation // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2023. No. 2(55). P. 279-286. EDN: MTIIFZ. (In Russian)

8. Злобина О. В., Пешкова Г. Ю. Перспективы автоматизации и цифровизации производства в условиях введения санкций // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 8-1. С. 66-73. <https://doi.org/10.17513/vaael.2347>.

Zlobina O. V., Peshkova G. Yu. Prospects of automation and digitalization of production in the context of sanctions // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2022. No. 8-1. P. 66-73. <https://doi.org/10.17513/vaael.2347>. (In Russian)

9. Хоменко Е. Б., Ватутина Л. А., Злобина Е. Ю. Современные тенденции цифровой трансформации промышленных предприятий // Вестник Удмуртского университета.

Серия «Экономика и право». 2022. № 4. С. 676-682. <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2022-32-4-676-682>.

Khomenko E. B., Vatutina L. A., Zlobina E. Y. Modern trends in the digital transformation of industrial enterprises // Bulletin of the Udmurt University. The series "Economics and Law". 2022. No. 4. P. 676-682. <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2022-32-4-676-682>. (In Russian)

10. Попова Е. В., Никифоров Д. И. Процесс цифровизации производства. Использование технологии цифровых двойников в промышленности // Экономика строительства. 2020. № 4(64). С. 52-58. EDN: QBWWSO.

Popova E. V., Nikiforov D. I. The process of digitalization of production. The use of digital twin technology in industry // Economics of construction. 2020. No. 4(64). P. 52-58. EDN: QBWWSO. (In Russian)

11. Романова О. А., Сиротин Д. В. Цифровизация производственных процессов в металлургии: тенденции и методы измерения // Известия УГГУ. 2021. № 3(63). С. 136-148. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-3-136-148>.

Romanova O. A., Sirotin D. V. Digitalization of production processes in metallurgy: trends and measurement methods // Izvestiya UGGU. 2021. No. 3(63). P. 136-148. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-3-136-148>. (In Russian)

12. Васильцов В. С., Сушинская А. В., Шадрина Е. В., Вячеславова В. В. Управление рисками бизнес-процессов промышленных предприятий: аналитические и прикладные аспекты // Экономика и экологический менеджмент. 2024. № 1. С. 51-59. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2024-17-1-51-59>.

Vasiltsov V. S., Sushinskaya A. V., Shadrina E. V., Vyacheslavova V. V. Risk management of business processes of industrial enterprises: analytical and applied aspects // Economics and Environmental Management. 2024. No. 1. P. 51-59. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2024-17-1-51-59>. (In Russian)

13. Ташкинов А. Г. Этапы формирования стратегии цифровой трансформации промышленного предприятия // π-Economy. 2023. № 6. С. 117-141. <https://doi.org/10.18721/JE.16609>.

Tashkinov A. G. Stages of formation of the strategy of digital transformation of an industrial enterprise // π-Economy. 2023. No. 6. P. 117-141. <https://doi.org/10.18721/JE.16609>. (In Russian)

Информация об авторах

М. С. Оборин – доктор экономических наук, профессор;
М. Д. Воротов – аспирант.

Information About the Authors

M. S. Oborin – Doctor of Sciences (Economic), Professor;
M. D. Vorotov – postgraduate student.

Вклад авторов: авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.10.2025; одобрена после рецензирования 08.11.2025;
принята к публикации 10.11.2025.
The article was submitted 08.10.2025; approved after reviewing 08.11.2025;
accepted for publication 10.11.2025.