

Орлов Павел Романович
Санкт-Петербургский государственный университет

Механизмы повышения финансовой устойчивости промышленных предприятий на основе технологий Индустрии 4.0: возможности и ограничения

Аннотация. В статье рассматривается влияние современных цифровых технологий, входящих в концепцию Индустрии 4.0, на финансовую устойчивость предприятий. На основе проведенного анализа актуальных отечественных и зарубежных научных исследований был выделен ряд преимуществ от внедрения и использования искусственного интеллекта, интернета вещей, больших данных и облачных вычислений. Было выявлено, что указанные технологии эффективны в оптимизации производственных и бизнес-процессов предприятия, оказывают значительное влияние на сокращение его операционных расходов и улучшают качество принимаемых управленческих решений, что напрямую способствует укреплению финансовой устойчивости хозяйствующих субъектов.

Особое внимание в работе уделено различным препятствиям и ограничениям, находящимся на пути эффективной цифровой трансформации промышленных предприятий. К их числу может быть отнесена высокая стоимость внедрения новейших информационных систем, нехватка специалистов в этой области, консерватизм топ-менеджмента и несовершенство нормативно-правовой базы.

Впрочем, несмотря на эти ограничения, стратегическое и комплексное внедрение технологий, образующих концепцию Индустрии 4.0, становится все более необходимым фактором для повышения конкурентоспособности и финансовой устойчивости предприятий в условиях глобальной неопределенности.

Ключевые слова. Индустрия 4.0, цифровизация, финансовая устойчивость, промышленные предприятия, цифровые технологии, искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей, облачные вычисления.

Orlov Pavel Romanovich
Saint Petersburg State University

Mechanisms for improving the financial stability of industrial enterprises based on Industry 4.0 technologies: possibilities and limitations

Abstract. The article examines the impact of modern digital technologies included in the Industry 4.0 concept on the financial stability of enterprises. Based on the analysis of relevant domestic and foreign scientific research, a number of advantages from the implementation and use of artificial intelligence, the Internet of Things, big data and cloud computing were identified. It was found that these technologies are effective in optimizing production and business processes of the enterprise, have a significant impact on reducing its operating costs and improve the quality of management decisions, which directly contributes to strengthening the financial stability of business entities.

Particular attention in the work is paid to various obstacles and limitations on the path of effective digital transformation of industrial enterprises. These may include the high cost of implementing the latest information systems, a shortage of specialists in this area, conservatism of top management and imperfections of the regulatory framework. However, despite these limitations, the strategic and comprehensive implementation of technologies that form the concept of Industry 4.0 is becoming an increasingly necessary factor for increasing the competitiveness and financial stability of enterprises in the context of global uncertainty.

Keywords: Industry 4.0, digitalization, financial stability, industrial enterprises, digital technologies, artificial intelligence, big data, Internet of Things, cloud computing.

За последние годы многими отечественными и зарубежными исследователями подчеркивается, что цифровизация способствует оптимизации бизнес-процессов, автоматизации рутинных операций и, как следствие, повышению эффективности и снижению затрат предприятия, что, в свою очередь, положительно сказывается на финансовых показателях организации и укрепляет ее устойчивость.

Для более глубокого понимания механизмов, лежащих в основе повышения финансовой устойчивости, необходимо обратиться к рассмотрению технологий Индустрии 4.0, которые представляют собой новейший этап цифровизации. Такие технологии как Искусственный интеллект (Artificial Intelligence), Интернет вещей (Internet of Things), Большие данные (Big data) и облачные вычисления (Cloud computing), не только оптимизируют операционные процессы, но и создают новые возможности для управления рисками, повышения прозрачности и адаптивности организаций. Таким образом, анализ конкретных преимуществ технологий Индустрии 4.0 позволяет более детально раскрыть их роль в укреплении финансовой устойчивости, что является логическим продолжением ранее проведенных исследований в данной области.

Внедрение ИИ позволит предприятиям укрепить свою финансовую устойчивость за счет большей прозрачности информационных и материальных потоков, повышения отслеживания производственного процесса, более грамотного управления запасами, а также улучшенной интеграции внутренних бизнес-процессов [1, с. 21-24].

Кроме того, данная технология облегчает анализ и интерпретацию бухгалтерской информации, позволяя принимать более точные решения в области ценообразования. В области калькуляции затрат ИИ используется для оценки целевых затрат, используя параметрические методы оценки затрат, основанные на исторических затратах [2, с. 58].

Система ERP, интегрированная с ИИ, может быть использована для выявления неэффективных бизнес-процессов и предложения путей их улучшения, тем самым способствуя минимизации затрат и сокращению потерь материальных ресурсов предприятия.

Более того, ИИ способен обрабатывать огромные объемы данных в режиме реального времени и находить неочевидные для человека корреляции, что позволяет организациям выявлять потенциальные угрозы и своевременно принимать меры для их минимизации. Следовательно, внедрение данной технологии позитивным образом скажется на качестве принимаемых управленческих решений и эффективности хозяйственной деятельности предприятия и, как следствие, на повышении их финансовой устойчивости.

Одним из ключевых преимуществ Интернета вещей для повышения финансовой устойчивости предприятия является возможность снижения операционных затрат. Благодаря внедрению датчиков и интеллектуальных устройств, подключенных к единой сети, становится возможным удаленное отслеживание и контроль за производственными процессами, оборудованием и инфраструктурой. Такая возможность позволяет своевременно выявлять и устранять неисправности, оптимизировать использование ресурсов, сокращать время простоев и повышать общую эффективность производства. В результате предприятия могут значительно снизить операционные затраты, что положительно скажется на их финансовой устойчивости.

Кроме того, Интернет вещей способствует повышению качества выпускаемой продукции, что также влияет на финансовую устойчивость предприятия. Интеллектуальные системы мониторинга и контроля качества на базе Интернета вещей позволяют отслеживать параметры производственного процесса в режиме реального времени, выявлять отклонения и своевременно принимать корректирующие меры, что приводит к сокращению количества брака. Высокое качество продукции и услуг, в свою

очередь, способствует увеличению продаж, повышению лояльности клиентов и увеличению доходов предприятия.

Анализируя влияние новейших информационных технологий на финансовую устойчивость предприятия, необходимо выделить так называемые «большие данные» (Big Data). Благодаря Big data возможен оперативный пересчет себестоимости производимой продукции, постоянный мониторинг рынка для получения конкурентных преимуществ, отслеживание репутации организации в интернете, управление запасами на складе, предотвращение случаев мошенничества внутри организации и моделирование возможного оттока покупателей. Более того, в связке с Интернетом вещей, данная технология способна улучшать поступающую информацию, используя изображения и данные, генерируемые датчиками Интернета вещей, что может положительным образом сказаться на снижении затрат, принятии более эффективных решений и выпуске продуктов, наиболее удовлетворяющих потребителя.

Цепочка поставок — одна из областей, где большие данные и аналитика могут сыграть решающую роль в сокращении затрат. Анализируя данные из различных источников, например, от поставщиков, логистических компаний или же путем анализа рыночных тенденций, предприятия могут получить полное представление о работе своей цепочки поставок. В свою очередь, это позволит снизить затраты на транспортировку, упаковку и хранение продукции, что станет возможным благодаря более точному прогнозированию спроса, более эффективному маршруту доставки с визуализацией и отслеживанием в режиме реального времени, а также более оптимальному управлению дистрибутивной сетью. Кроме того, это позволит избежать и чрезмерного уровня материальных запасов, устранив проблему неэффективного использования складских площадей.

Облачные вычисления являются еще одной фундаментальной новейшей информационной системой, включающей в себя хранение и управление большими объемами данных, а также обмен ими со всеми заинтересованными сторонами.

Данная технология повышает финансовую устойчивость предприятия за счет нескольких ключевых механизмов. Во-первых, использование облачных сервисов позволяет трансформировать капитальные затраты в операционные, что улучшает структуру баланса компании и повышает ее ликвидность. Вместо единовременных инвестиций в приобретение ИТ-активов предприятие может учитывать затраты на облачные сервисы как текущие расходы, что повышает прибыльность и оборачиваемость активов. Во-вторых, облачные вычисления позволяют оптимизировать расходы на персонал и повысить производительность труда. Предприятие может передать часть функций по обслуживанию ИТ-инфраструктуры на аутсорсинг поставщику облачных услуг, что позволяет сократить штат специалистов по ИТ и снизить затраты на оплату труда.

Основываясь на существующих тенденциях, можно предположить, что рассмотренные технологии будут все больше интегрироваться в производственные и бизнес-процессы предприятий.

В пользу данного утверждения может говорить факт увеличения размера и доли мирового рынка технологий Индустрии 4.0. Так, согласно отчетам MarketsandMarkets, одного из ведущих агентств в области исследований рынка систем автоматизации производства, глобальный рынок технологий Индустрии 4.0 в 2022 году оценивался в 42,86 млрд. долл. США, тогда как в 2023 году данный показатель составил уже 52,17 млрд. долл. США. Более того, аналитики агентства прогнозируют увеличение объема рынка до 182,01 млрд. долл. США к 2028 году, при среднегодовом темпе роста в 28,4% в течение прогнозируемого периода [3].

В еще больший объем оценило рынок Индустрии 4.0 другое аналитическое агентство Global Market Insight. Согласно их отчетам в 2022 году размер рынка составил 103,9 млрд. долл. США, тогда как по итогам 2023 года он был оценен уже в 114,3 млрд. долл. США. Среднегодовой рост в прогнозируемый период, как ожидается, превысит

20%, что обусловлено растущим внедрением автоматизированного оборудования и созданию благоприятных условий для усиленного сотрудничества между предприятиями и учеными [4].

Подобные оптимистичные прогнозы свидетельствуют о том, что уже сейчас технологии Индустрии 4.0 способны эффективно применяться в области повышения финансовой устойчивости организаций.

Исследованию барьеров внедрения цифровых технологий в промышленных предприятиях, а также имеющимся недостаткам новейших информационных систем посвящено множество работ как в российской, так и зарубежной литературе.

В работе Г.Г. Налбандяна и Т.В. Ховаловой приведена классификация потенциальных барьеров на основе обзора отечественных и зарубежных публикаций. Авторы выделяют шесть основных групп барьеров, среди которых: финансово-экономические, управленческие, компетентностные, правовые, технические и барьеры внедрения [5, с. 104-108].

В статье авторов С.В. Марковой, И.Ф. Юлдашева, Н.Н. Ворониной отмечается ряд вызовов, с которыми сталкиваются предприятия, при переходе к Индустрии 4.0. С точки зрения исследователей цифровая трансформация требует изменения производственных процессов и моделей управления предприятием, а во-вторых, сопряжена с рисками в области кибербезопасности и возросшими требованиями к персоналу организации [6, с. 235].

Схожие проблемы развития и внедрения технологий Индустрии 4.0 на промышленных предприятиях России выделяются и исследователями Т.К. Сталиневичем и Д.А. Вишневецким. К числу таких проблем авторы относят: риск кражи коммерческих данных и интеллектуальной собственности организации, желание компании привлечь человеческий капитал за сравнительно небольшую плату, а также риски девальвации национальной валюты [7, с. 901-909].

В качестве одной из наиболее фундаментальных работ, изучающих недостатки и проблемы, возникающие от внедрения технологий Индустрии 4.0 можно выделить статью М. Н. Мечиковой, Т. Д. Климачева, в рамках которой, исследователи выделяют наиболее полный перечень таких проблем [8, с. 100-102].

С точки зрения Т.В. Мезиной и А.В. Зоули промышленное производство стран, а в особенности развивающихся, в ближайшие 10–20 лет в контексте внедрения достижений четвертой промышленной революции будет вынуждено решать целый пакет фундаментальных задач, связанных с [9, с. 71-76]:

1. Старой базой сырья (дефицит сырья, его высокая стоимость, что требует новых конструктивных и функциональных материалов);
2. Возрастающей сложностью производства (сложность при организации производственного процесса, огромные затраты на производство, необходимость в качественном инженеринговом скачке и в управлении производственными процессами в направлении нелинейности);
3. Устаревшей индустриальной инфраструктурой (дороговизна и негибкость инновационных систем будут требовать все более новых, гибких и открытых инфраструктур).

Таким образом, несмотря на многочисленные преимущества от использования рассмотренных в предыдущем параграфе технологий, они не лишены недостатков, причем многие из них свойственны сразу для нескольких информационных систем. Проведенный анализ научных исследований, посвящённых проблемам и недостаткам технологий Индустрии 4.0 в контексте их внедрения на российских промышленных предприятиях, позволил выявить ключевые дискуссионные аспекты, на которых акцентируют внимание исследователи. Разнообразие авторских подходов к данному вопросу свидетельствует о необходимости комплексного рассмотрения возникающих проблем и недостатков, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении новейших технологий.

Для повышения отдачи от внедрения любой из рассмотренных технологий необходимо комплексно проработать экономическую и процессную бизнес-модель организации с учетом затрат на их разработку и внедрение, а также подготовить или создать необходимую инфраструктуру для их дальнейшего обслуживания. Следовательно, внедрение решений на основе новейших информационных систем требует значительных инвестиций в технологические платформы (датчики, программное обеспечение), развитие инфраструктуры, техническое обслуживание и решения в области безопасности. Соответственно, высокая стоимость внедрения и обслуживания технологий может стать серьезной проблемой для малого и среднего бизнеса, вследствие чего данные системы остаются все еще недостаточно распространенными.

Кроме того, существует необходимость значительных вложений в обучение квалифицированного персонала, поскольку его нехватка или недостаточная подготовка может замедлить процесс внедрения цифровых технологий, что также скажется на эффективности деятельности предприятия и его финансовых результатах.

Помимо прочего, наблюдается и некоторый скепсис со стороны сотрудников различных предприятий, ставивших под сомнение степень точности данных, поступающих с датчиков, а также грамотность принятий тех или иных решений искусственным интеллектом. Кроме того, скепсис персонала во многом основывается на возросшем уровне автоматизации многих бизнес-процессов, что может повлечь за собой сокращение численности работников, а также более пристального контроля за ними.

Кибербезопасность — еще один важный аспект, влияющий на финансовую устойчивость предприятий в условиях цифровизации. Цифровая трансформация бизнес-процессов организации,кратно повышает вероятность кибератак, утечек данных или сбоев в работе информационных систем. Любая потеря данных или нарушение конфиденциальности может привести к значительным финансовым потерям, а также нанести репутационный ущерб, что негативным образом отразится на финансовой устойчивости предприятия.

Немаловажным недостатком внедрения технологий Индустрии 4.0 является зависимость от импорта цифровых решений, программного обеспечения, оборудования для автоматизации и роботизации. Проблема импортозависимости особенно актуальна в условиях нестабильных международных экономических и политических отношений, которые могут привести к ограничению использования технологий в определенных регионах, сбоям в поставках оборудования и, как следствие, привести к росту временных и материальных затрат организации на внедрение новейших технологий в процесс производства. В результате предприятия сталкиваются с удорожанием производственных процессов и увеличением эксплуатационных расходов, что снижает их общую конкурентоспособность. Кроме того, зависимость от иностранных технологий создает определенные риски для конфиденциальности данных, так как иностранные поставщики могут иметь доступ к информации о бизнес-процессах компаний.

Крупным препятствием на пути внедрения технологий Индустрии 4.0 является несовершенство законодательства, регулирующего их использование. Нормативно-правовая база зачастую существенно отстает от темпов технологического прогресса, что приводит к неясности норм и стандартов по применению передовых технологий в промышленности, в результате чего, предприятия испытывают правовую неопределенность, что создает дополнительные риски, связанные с возможными юридическими последствиями.

Консерватизм топ-менеджмента представляет собой еще один серьезный барьер для внедрения новых технологий. Топ-менеджмент зачастую не готов подвергать компанию значительным переменам и рискам, связанным с внедрением инновационных решений, ввиду неопределенности от принятия такого решения и опасений по поводу и возможности технологических сбоев, а также недостаточного понимания потенциала технологий Индустрии 4.0.

Высокая степень износа основных фондов предприятий является еще одним существенным ограничением для успешного внедрения технологий Индустрии 4.0. На многих предприятиях, уровень изношенности оборудования достигает критических показателей, что делает невозможным полноценное использование новейших цифровых технологий без масштабной модернизации производственного оборудования. Процесс его модернизации может занять длительное время и потребовать значительных материальных затрат, что может оказаться непосильной задачей, особенно для предприятий с ограниченными финансовыми ресурсами, что создает дополнительные экономические риски и снижает приоритет внедрения и потенциальную эффективность технологий Индустрии 4.0.

Немаловажной проблемой является и фрагментарное внедрение технологий Индустрии 4.0, которое проявляется в избирательном использовании отдельных инструментов без их интеграции в единую цифровую экосистему. Подобный подход приводит к формированию «цифровых островов», где локальные решения не взаимодействуют между собой, что минимизирует синергетический эффект. Например, внедрение датчиков интернета вещей для мониторинга оборудования без подключения к системам предиктивной аналитики или ERP-платформам ограничивает возможность прогнозирования отказов и оптимизации логистики. В результате предприятия недополучают потенциальную прибыль, связанную с сокращением простоев, снижением затрат на обслуживание и повышением гибкости производства. Данная проблема дополнительно усугубляется отсутствием стратегического видения цифровизации как сквозного процесса, требующего перестройки бизнес-моделей и организационной культуры.

Значительным барьером является недостаточная автоматизация систем управления технологическими процессами (АСУТП). Многие промышленные предприятия продолжают использовать устаревшие SCADA-системы с ограниченными возможностями адаптивного управления, что приводит к нерациональному использованию сырья, энергоресурсов и человеческого капитала. Отсутствие цифровых двойников, способных моделировать производственные циклы, и слабая интеграция с системами предиктивного обслуживания не позволяют оптимизировать жизненный цикл оборудования. В результате сохраняется высокая себестоимость продукции, снижающая конкурентоспособность на глобальных рынках. Особенно остро эта проблема проявляется в отраслях с длинными производственными циклами, таких как металлургия или тяжелое машиностроение, где даже незначительные улучшения в управлении процессами могут обеспечить мультипликативный экономический эффект.

Дополнительный комплекс проблем связан с управлением данными, включая работу с уникальными или устаревшими форматами. Многие промышленные предприятия накопили массивы данных в проприетарных системах, несовместимых с современными аналитическими платформами. Например, данные с датчиков оборудования 1990-х годов часто хранятся в закрытых базах, требующих специализированного ПО для интерпретации, что создает «цифровые разрывы» между исторической информацией и актуальными аналитическими инструментами, ограничивая возможности машинного обучения и предиктивной аналитики. Кроме того, отсутствие единых стандартов обмена данными между предприятиями, входящими в одну холдинговую структуру, затрудняет формирование цифровых экосистем. Проблема усугубляется недостатком компетенций в области Data Governance: лишь немногие компании внедрили системы управления метаданными, обеспечения качества информации и кибербезопасности промышленных устройств интернета вещей.

Рассмотренные недостатки и ограничения технологий Индустрии 4.0 оказывают значительное негативное влияние на масштаб и скорость цифровой трансформации бизнеса, что требует разработки и реализации комплекса мер по их минимизации.

Резюмируя все вышесказанное, можно отметить, что ключевые ограничения носят многоуровневый характер: от технологической отсталости и недостаточной автоматизации процессов до институциональных, кадровых и нормативно-правовых дисбалансов. Однако даже в условиях этих вызовов внедрение новейших технологий открывает перспективы для укрепления финансовой устойчивости предприятий, что становится критически важным в условиях глобальной нестабильности и возрастающей конкуренции.

Таким образом, несмотря на объективные барьеры, технологии Индустрии 4.0 все более очевидно становятся стратегическим инструментом укрепления финансовой устойчивости промышленных предприятий, а значит дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на разработке адаптивных моделей цифровой трансформации, учитывающих отраслевую специфику и региональные особенности, что позволит максимизировать экономический эффект при минимизации сопутствующих рисков.

Список источников

1. Haddud A., Desouza A., Khare A., Lee H., Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains, // J. Manuf. Technol. Manage. – 2017, 28, 1055–1085, DOI: 10.1108/JMTM-05-2017-0094.
2. Вылегжанина, А.О. Информационно–технологическое и программное обеспечение управления проектом: учебное пособие/ А.О. Вылегжанина. М.: Директ-Медиа, 2015. – С. 429.
3. Industry 4.0 Market Size, Share & Industry Growth Analysis Report by Technology (Industrial Robots, Blockchain, Industrial Sensors, Industrial 3D Printing, Machine Vision, HMI, AI in Manufacturing, Digital Twin, AGV's, Machine Condition Monitoring) and Geography - Global Growth Driver and Industry Forecast to 2028 // www.marketsandmarkets.com URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industry-4-market-102536746.html> (дата обращения: 28.01.2025)
4. Industry 4.0 Market Size and Share, Analytical Report 2024-2032 // www.gminsights.com URL: <https://clck.ru/3EaxuP> (дата обращения: 28.01.2025).
5. Налбандян, Г.Г. Выявление барьеров использования субъектами МСП цифровых платформ и разработка предложений по их преодолению / Г.Г. Налбандян, Т.В. Ховалова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2020. – № 4. – С. 104-108. – EDN FOCLXP.
6. И.Ф. Юлдашев, Н.Н. Воронина, С.В. Маркова ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ В ИНДУСТРИИ 4.0 // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №3-4 (90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-podhody-v-razvitii-proizvodstvennyh-sistem-vyzovy-i-vozmozhnosti-v-industrii-4-0> (дата обращения: 29.01.2025).
7. Сталиневич, Т.К. Индустрия 4.0: проблемы внедрения инновационных технологий в деятельность предприятий России и стран АТР / Т. К. Сталиневич, Д.А. Вишневецкий // Новая экономика, бизнес и общество : Сборник материалов Апрельской научно-практической конференции молодых исследователей, Владивосток, 11 апреля – 19 2022 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2022. – С. 901-909. – EDN FSZJSA.
8. Мечикова Мария Николаевна, Климачев Тимур Денисович Практика и перспективы внедрения технологий индустрии 4.0 на российских промышленных предприятиях в неблагоприятных внешнеэкономических условиях // Вестник СИБИТа. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-i-perspektivy-vnedreniya-tehnologiy-industrii-4-0-na-rossiyskih-promyshlennyh-predpriyatiyah-v-neblagopoluchnyh> (дата обращения: 29.01.2025).
9. Мезина Т.В., Зозуля А.В., Зозуля П.В., Чернова Т.Ф., Плетнёва А.В. Влияние Индустрии 4.0 на экономику и производство//Вестник университета. 2022. № 2. С. 71–76.

Сведения об авторе

Орлов Павел Романович, аспирант кафедры «Финансы» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Information about the author

Orlov Pavel Romanovich, postgraduate student of the Finance Department of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University”, Saint Petersburg, Russia