

Цифровой двойник производства как этап новой цифровой бизнес-модели промышленного предприятия

Т.С. Сахапова✉, Т.Ш. Исмагилов, В.А. Тихонов
ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация
✉ t.sahapova@azottech.ru

Резюме: Организация производства в условиях цифровой экономики задает тренды для внедрения новых цифровых решений. На основании исследований российских и зарубежных ученых выделяют четыре направления развития цифровых технологий: облачные сервисы, интернет вещей, анализ больших данных и технологии искусственного интеллекта. В рамках развития российской промышленности компании горнодобывающей отрасли идут по пути автоматизации производственных мощностей и анализа больших данных. Компания ООО «АЗОТТЕХ» на одном из своих автоматизированных производств по изготовлению невзрывчатых компонентов взрывчатых веществ реализовала проект цифрового двойника, который позволил дистанционно контролировать и управлять технологическим процессом приготовления компонентов взрывчатого вещества, проводить мониторинг состояния технологического оборудования и предиктивный анализ основных узлов технологического процесса. Цифровой двойник реализован на специальной аналитической платформе с визуализацией опасного производственного объекта и технологического оборудования. Модульная архитектура платформы имеет возможность структурированного хранения сведений об объектах на основе интерактивной карты, оперативного уведомления пользователей об отклонениях показателей и формирования отчетов на основании данных показателей. Цифровой двойник производства является частью цифровой трансформации компании, которая затрагивает все этапы жизненного цикла продукта и решает несколько важных задач на этапе внедрения цифровой бизнес-модели.

Ключевые слова: индустрия 4.0, цифровизация, цифровая трансформация, аналитика больших данных, цифровой двойник

Для цитирования: Сахапова Т.С., Исмагилов Т.Ш., Тихонов В.А. Цифровой двойник производства как этап новой цифровой бизнес-модели промышленного предприятия. *Горная промышленность*. 2023;(2):62–68. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-2-62-68>

A digital twin of the manufacturing system as a stage in the new digital business model of an industrial company

T.S. Sakhapova✉, T.Sh. Ismagilov, V.A. Tikhonov
AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation
✉ t.sahapova@azottech.ru

Abstract: Industrial engineering in conditions of the digital economy is setting trends towards introduction of new digital solutions. Studies of Russian and foreign researchers identify four areas of digital technology development: cloud services, Internet of Things, big data analytics and artificial intelligence technologies. Following the trends of the Russian industrial development, mining companies are introducing automation of production facilities and big data analytics. At one of its automated production lines for manufacturing non-explosive components of explosives, AZOTTECH LLC has implemented a digital twin project that enables remote control and management of the technological process to prepare components for explosives, as well as monitoring of the technological equipment health and conducting predictive analysis of the key units of the technological process. The digital twin is built on a dedicated analytical platform that visualizes the hazardous production facility and the process equipment. The modular architecture of this platform offers structured storage of the facility information based on an interactive map, prompt user notification of deviations in performance indicators and generation of reports based on the performance data. The digital twin of the manufacturing system is part of the company's digital transformation, which affects all stages in the product lifecycle and addresses several important tasks in the implementation phase of the digital business model.

Keywords: Industry 4.0, digitalization, digital transformation, big data analytics, digital twin

For citation: Sakhapova T.S., Ismagilov T.Sh., Tikhonov V.A. A digital twin of the manufacturing system as a stage in the new digital business model of an industrial company. *Russian Mining Industry*. 2023;(2):62–68. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-2-62-68>

Введение

Развитие цифровых технологий задает тренды для трансформации предприятий и улучшения бизнеса с точки зрения организации внутренних и внешних процессов деятельности компании. И теперь, чтобы выжить в цифровой экономике, предприятиям необходимо перестраивать бизнес-модели, трансформируясь под заданные тренды Индустрии 4.0. Переход к пятому и шестому технологическому укладу на этапе четвертой промышленной революции позволяет плавно внедрять и масштабировать цифровые решения на любом уровне жизненного цикла продукта, переводя физические и аналоговые формы информации в цифровую. Внедрение цифровых технологий на сегодняшний день является потребностью любого предприятия для выстраивания бизнес-процессов, логистики, обеспечения внутренней и внешней экосистемы. Общая концепция цифровой трансформации заключается в увеличении скорости принятия решений, оптимизации задействованных в работе сотрудников, увеличении вариативности производственных процессов и аккумулировании всей информации в одном месте. На данный момент российская цифровая модель включает трансформацию ключевых отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления, в то время как в реальном секторе цифровизация не так широко внедрена из-за недостаточных инвестиций по сравнению с США и Китаем [1].

За последние годы отечественная промышленность отстала от западных стран в вопросах цифровизации на 6 лет¹. По данным из доклада партнера Bain&Company Лорана-Пьера Бакулара, представленного на форуме «Открытые инновации» в 2018 г., на 2017 г. доля цифровой экономики в России составляла 5%, в то время как в западных странах – 16–35%. По итогам 2020 г. использование цифровых технологий в организациях Российской Федерации увеличилось до 26% (рис. 1). Согласно отчету PwC к 2030 г. из-за ускорения развития цифровых технологий рост мирового ВВП увеличится на 14%, или на 15,7 трлн долл.², что говорит о перспективах внедрения цифровизации во всем мире.

Согласно данным Росстата цифровая индустриализация в Российской Федерации в большей степени коснулась отрасли добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, отрасли обеспечения энергией, газом и паром, кондиционирования воздуха, то есть тех отраслей, которые выпускают высокотехнологичную и сложную продукцию и услуги. Самыми востребованными цифровыми технологиями в российской промышленности являются машинное обучение, интернет вещей, блокчейн, искусственный интеллект, дополненная реальность и другие. На рис. 2 представлен рейтинг технологий, составленный Институтом стратегических исследований НИУ ВШЭ³, исходя из которого можно сделать вывод о востребованных цифровых технологиях в России. Таким образом, цифровая трансформация так или иначе касается всех направлений реального сектора, без которой невозможно представить функционирование современной технологичной компании.



Рис. 1
Использование цифровых технологий в организациях по странам в 2020 г. в процентах от общего числа организаций
Источник: [2]

Fig. 1
Use of digital technologies in organizations by countries in 2020 as a percentage of the total number of organizations
Source: [2]

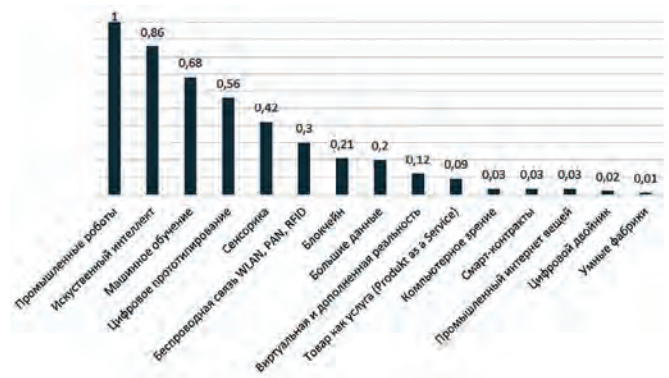


Рис. 2
Основные цифровые решения в промышленности
Источник: Топ-5 цифровых технологий по итогам 2020 года. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/474593170.html>

Fig. 2
Major digital solutions in the industry
Source: Top 5 digital technologies at the end of 2020. Available at: <https://issek.hse.ru/news/474593170.html>

Эффективная цифровая бизнес-модель

В условиях высокой конкуренции отечественные предприятия стараются внедрять все больше и больше цифровых технологий, упуская важные элементы построения бизнеса. В своих попытках извлечь выгоду от цифровой трансформации компании часто спешат с коммерциализацией новых цифровых бизнес-моделей без оценки рисков и выявления реальной потребности перехода к новым цифровым решениям. Чтобы определить уровень зрелости компании для внедрения цифровых технологий, необходимо сформировать стратегию и методоло-

1 Цифровая информация промышленного предприятия: мода или закономерный переход в новую эпоху индустриализации. Режим доступа: <https://integral-russia.ru/2021/03/17/tsifrovaya-transformatsiya-promyshlennogo-predpriyatiya-moda-ili-zakonomernyj-perehod-v-novuyu-epohu-industrializatsii>

2 4AI set to add potential \$15.7 trillion to global economy. Available at: <https://www.consulting.us/news/2926/ai-set-to-add-potential-157-trillion-to-global-economy>

3 Топ-5 цифровых технологий по итогам 2020 года. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/474593170.html>

гию цифровизации предприятия. Для этого достаточно выявить характеристики цифрового предприятия, сформулировать гипотезы, которые позволят решить проблемы производства, оптимизировать и усовершенствовать производственные процессы компании, а также на основе разработанной дорожной карты реализовать внедрение и масштабирование цифровизации на всех этапах жизненного цикла продукта.

Ключевыми характеристиками цифровых компаний являются [3]:

- 1) использование информации в цифровой форме;
- 2) управление процессами с помощью цифровых устройств;
- 3) обеспечение кибербезопасности;
- 4) автоматизация процессов и принятия решений;
- 5) повышение гибкости и эффективности производства;
- 6) интеграция всех процессов в единую цифровую бизнес-модель.

Основными характеристиками современной цифровой бизнес-модели предприятия являются [4]:

- 1) ориентация на ценности как самой компании, так и клиента;
- 2) создание цифровых платформ для принятия бизнес-решений;
- 3) переход от модели оценки капитальных затрат (CAPEX) к модели оценки операционных расходов (OPEX).

На рис. 3 представлена концепция цифровой трансформации бизнес-модели в рамках Индустрии 4.0 российской компании ООО «АЗОТТЕХ». ООО «АЗОТТЕХ» является передовым предприятием в горнодобывающей отрасли, занимающимся буровзрывными работами, производством взрывчатых веществ, транспортировкой и заряджанием взрывчатого вещества в местах взрывных работ, а также производством специального оборудования для открытых горных работ. В качестве специального оборудования компания предлагает смесительно-зарядные машины, модульные пункты производства невзрывчатых компонентов взрывчатых веществ, модульные линии патронирования, модульные станции по очистке масла, а также дорожную технику – забочные машины, дистанционно-распределительные машины и т.д. В качестве предлагаемых услуг компания специализируется на буровзрывных работах, маркшейдерских и геодезических работах, поставках химических веществ и средств инициирования для буровзрывных работ, а также предлагает сервисные и консалтинговые услуги.

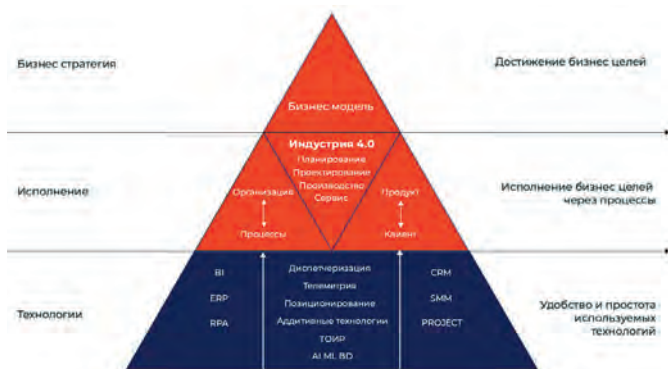


Рис. 3
Концепция цифровой трансформации бизнес-модели отечественного предприятия

Fig. 3
A concept for digital transformation of the business model in a Russian company

С помощью IT-технологий «АЗОТТЕХ» встраивает свои внутренние и внешние процессы в единую цифровую экосистему. В рамках концепции цифровой трансформации на предприятии происходит внедрение отечественного программного обеспечения, структуризация и оптимизация ресурсов компании в одном цифровом поле, планирование и управление производством на всех этапах жизненного цикла, в том числе общение с государственными организациями (налоговая служба, органы Ростехнадзора и Гостехнадзора и т.д.). Проектирование и конструирование специального оборудования происходит с помощью отечественного программного комплекса КОМПАС-3D, все специальное оборудование, производимое компанией, управляется с помощью автоматизированной системы управления технологическим процессом, все внутренние процессы управляются с помощью программного обеспечения 1С ERP. И сейчас компания стоит на пороге внедрения общей цифровой модели, которая будет структурировать и аккумулировать информацию не только по действующим процессам, но и управлять этими процессами, прогнозируя результаты конкретных решений руководства.

Для создания эффективного производства предприятия российская промышленность активно внедряет программное обеспечение планирования и управления ресурсами, ERP-систему, которая позволяет регулировать и оптимизировать бизнес-процессы на основе специальных программных MES-комплексов [5; 6]. MES-комплекс представляет собой программу, осуществляющую отслеживание, контроль, документирование и управление процессом производства от сырья до готовой продукции. С помощью MES-комплекса руководство компании принимает решение на основе полученных данных для повышения эффективности работы и оптимизации производства [7; 8]. Для формирования объема информации в ERP- и MES-системах используются автоматизированные системы управления технологическими процессами предприятия – АСУ ТП, которые считывают и передают всю информацию благодаря специальным программным комплексам SCADA, цифровым электронным системам PLC и технологическим параметрам IOT и сигналам (рис. 4).

Целью внедрения цифровых технологий является обеспечение централизованного контроля и удаленного мониторинга производственных показателей, затрат материалов и энергоресурсов на изготовление компонентов



Рис. 4
Иерархия системы управления промышленного предприятия

Fig. 4
Hierarchy in the industrial enterprise management system

взрывчатого вещества и управление ресурсами и процессами производства в единой MES-системе.

Цифровизация процесса изготовления компонентов взрывчатых веществ

Основные принципы цифровой бизнес-модели компании «АЗОТТЕХ» частично отработаны в проекте по цифровизации производственного комплекса, который был направлен на создание интерактивного умного производства с возможностью удаленного мониторинга изготовления компонентов взрывчатых веществ и предиктивного анализа работающего оборудования. В ходе реализации проекта был создан цифровой двойник модульных пунктов производства невзрывчатых компонентов взрывчатых веществ. До момента внедрения цифрового двойника процесс контроля производственных показателей, закупка необходимых материалов и плановое техническое обслуживание проводились на основании анализа отчетов, предоставляемых отдельными производственными площадками. На сегодняшний день перед компанией стоит задача масштабировать цифровой двойник на другие производственные подразделения и управлять общим производственным процессом с помощью удаленного доступа с минимальным задействованием человеческого ресурса.

Цифровизация физической модели производства компонентов взрывчатых веществ позволила:

- визуализировать весь технологический процесс изготовления компонентов взрывчатого вещества «Березит®» [9];
- контролировать производственные показатели, затраты материалов и энергоресурсов;
- определять ежегодные критичные отклонения в удельном расходе взрывчатого вещества при зарядке скважин;
- проводить предиктивную аналитику.

Изготовление компонентов взрывчатых веществ происходит в специальных модульных пунктах. Модульные пункты в зависимости от производительности изготавливают эмульсионную матрицу и газогенерирующие добавки, то есть компоненты взрывчатого вещества. В компании «АЗОТТЕХ» эксплуатируются модульные пункты производительностью от 20 тыс. т/год и мини-заводы производительностью 5 тыс. т/год [10].

В качестве первого этапа внедрения цифрового двойника рабочая группа ООО «АЗОТТЕХ» создала и протестировала прототип аналитической платформы для осуществления контроля производства эмульсии в модульном пункте производства невзрывчатых компонентов взрывчатых веществ МПП НК ЭВВ 20. Функционал системы потокового сбора данных позволил сделать анализ изготовления эмульсии «Березит®» и энергоносителей, затраченных в процессе производства, визуализировать технологический процесс в реальном времени, осуществить анализ выработки ресурса оборудования и провести учет производства компонентов взрывчатого вещества.

Аналитическая платформа обладала следующими возможностями:

- потоковый сбор данных с датчиков АСУ ТП;
- анализ данных;
- оперативное реагирование на изменение;
- уведомление при отклонении от норм;
- загрузка показателей стандартов и регламентов;

- сравнение фактических показателей с показаниями технического регламента;
- визуализация технологического процесса;
- прогнозирование технического обслуживания, аварийных отказов и т.д.

В качестве основных функциональных требований к системе предъявлялись:

- 1) система должна иметь web-интерфейс;
- 2) хранение данных должно осуществляться в локальном отказоустойчивом кластере и дублироваться на главном сервере компании;
- 3) система должна уметь разграничивать доступ пользователей к функционалу системы;
- 4) все данные должны передаваться через зашифрованный канал.

Для решения задачи создания прототипа новой аналитической программы использовались такие инструменты, как Excel, InfluxDB и Grafana.

При создании прототипа были проанализированы 3 показателя при производстве промежуточного компонента эмульсии – горячего раствора окислителя (ГРО), а именно температура, давление подачи вещества и уровень вещества в емкости. Все данные с датчиков были выгружены в программу Excel, которые дальше загружались в систему управления базами данных с открытым кодом InfluxDB (рис. 5). Визуализация процесса изготовления горячего раствора окислителя происходила в программе Grafana (рис. 6).

В качестве участников при взаимодействии в модулях программы выделяются такие роли, как:



Оператор – следит за технологическим процессом производства компонентов взрывчатых веществ, отвечает на сообщения модератора и технолога в случае возникновения ошибки или при критических показателях.



Модератор – имеет возможность проводить выгрузку данных, редактировать программу.



Технолог – имеет возможность вносить корректировки в регламентные и пороговые значения и выгружать отчеты из системы.



Эксперт – имеет возможность выгружать отчеты из системы и формировать разрешительную документацию.



Дирекция – имеет возможность следить за технологическим процессом.

На рис. 6 представлено окно модуля аналитической программы для горячего раствора окислителя, в нем отображаются все значения датчиков модульного пункта за рабочую смену, что позволяет следить за показаниями датчиков в реальном времени. Для каждого компонента или узла технологического процесса предусматривается отдельное окно. Визуализация данных может быть представлена по-разному: линейный график процесса, график повторяемости значений, график среднего показателя за смену и т.д. По этим данным технолог и дирекция следят за производственным процессом изготовления компонентов взрывчатого вещества. При превышении регламентных значений оператору, модератору и технологу приходят

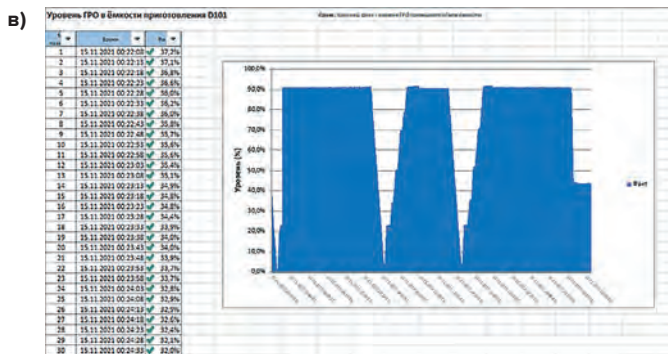
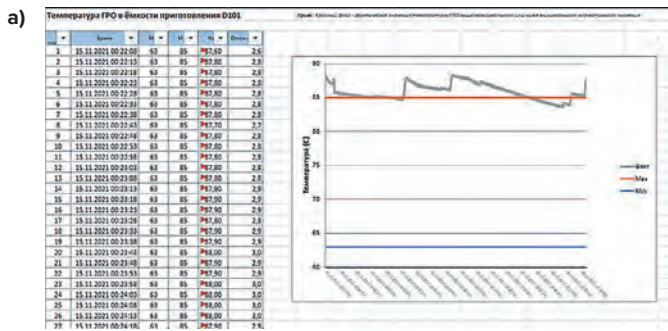


Рис. 5
Данные датчиков АСУ ТП горячего раствора окислителя в зависимости от времени:
а – температура,
б – давление потока,
в – уровень в емкости

Fig. 5
Time-dependent data of the hot oxidant solution sensors in Automatic Process Control System: a – temperature,
б – flow pressure,
в – tank level



Fig. 6
Prototype of the system interface architecture

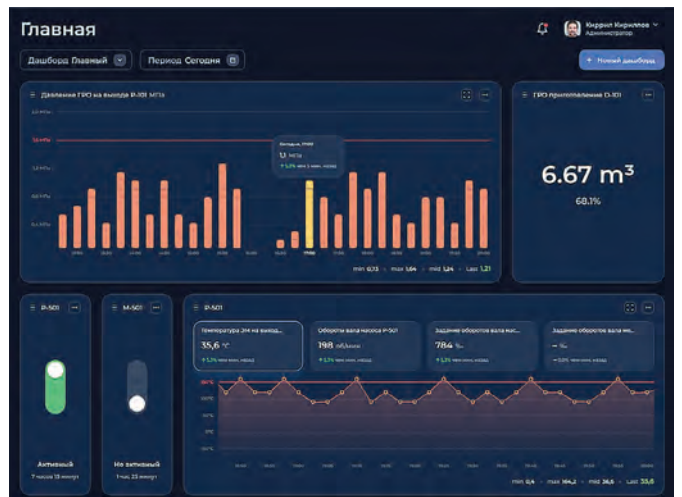


Fig. 7
User interface of a digital twin of the manufacturing system

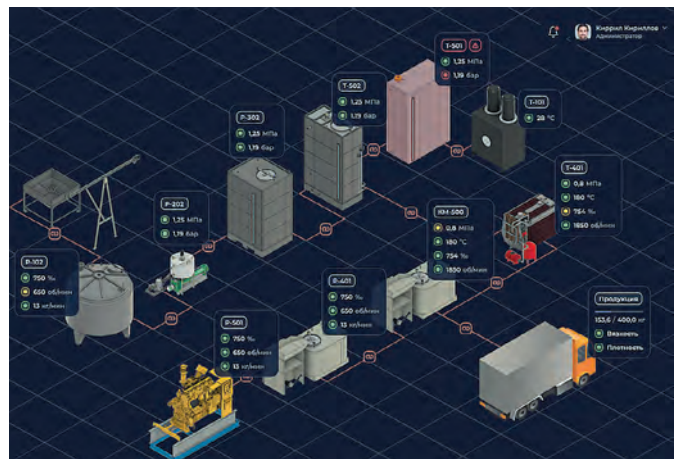


Fig. 8
Visualization of the digital twin of the manufacturing system in the graphical user interface

оповещения, после которых сотрудник должен совершить соответствующее действие.

В случае ошибки программы модератор должен внести соответствующие корректировки, и после обновления программа продолжает считывать данные, занося в отчет ошибку системы. В случае ошибки технологического процесса (выход из строя оборудования, несоблюдение регламента и т.д.) технолог связывается с оператором или наоборот, и в ходе работы принимаются меры по решению проблемы. Процесс возобновляется, система приходит в норму, ошибка устраняется, при этом оператор должен внести сообщение о причине ошибки.

Все пользователи имеют возможность следить за технологическим процессом и показателями в реальном времени только после того, как зарегистрируются и выберут должностную роль, чтобы определить функционал при работе с системой.

Данный прототип прошел тестовый режим, после которого в компании ООО «АЗОТТЕХ» приняли решение внедрять цифровой двойник в реальное производство. На сегодняшний день функционирует пользовательская программа цифрового двойника с модульной платформой (рис. 7–8). С помощью данной программы происходит дистанционная обработка, анализ и управление данными с нескольких производственных площадок. Архитектура пользовательского интерфейса разработана рабочей командой под руководством IT-директора. Управление и мониторинг могут осуществляться как с компьютера, так и с переносных носителей.

В качестве общих данных для цифрового двойника используются:

- данные с датчиков, счетчиков, расходомеров системы автоматического управления;
- данные о количестве сырья, необходимого для производства;
- данные о фактических расходах сырья с контрольно-измерительных приборов;
- данные о необходимом количестве энергоносителей для производства;
- данные о фактических расходах энергоносителей.

Реализация цифрового двойника позволяет компании на данном этапе оценивать свой уровень цифровой зрелости, разрабатывать новую стратегию развития бизнеса, определять необходимые ресурсы для достижения целей, которые в дальнейшем позволят преобразовать традиционное промышленное предприятие в цифровое.

Благодаря цифровизации изготовления компонентов взрывчатых веществ удалось минимизировать складские запасы сырья и энергоносителей, осуществить поступление материальных единиц в необходимом количестве точно в срок, тем самым снижая затраты, координируя отгрузку продукции и производственную готовность, и, самое главное, оптимизируя временные и человеческие ресурсы.

Заключение

По данным президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий от 23 июля 2021 г. планируется увеличить индекс технологической независимости до 60% к 2024 г., а в условиях жестких санкций по отношению к России из-за возникшей политической ситуации в мировом пространстве роль импортозамещения в отрасли цифровых технологий и обеспечения информационной безопасности стоит на первом месте. Важными факторами, ограничивающими реализацию цифровой трансформации на

промышленном производстве, стоит выделить:

- 1) сложность освоения цифровых возможностей персоналом промышленных предприятий;
- 2) высокую стоимость внедрения цифровых решений;
- 3) недостаточную цифровую зрелость компании, которая заключается в необоснованной потребности к применению цифровых решений;
- 4) недоверие персонала к внедрению новых цифровых технологий;
- 5) низкий уровень инвестиционных ресурсов, направляемых на цифровизацию.

Поэтому, преодолевая ограничивающие факторы с помощью информирования и обучения персонала, предоставления мер поддержки внутренним проектам компании, разработки стратегических планов цифровизации, введения новых стандартов и регламентов взаимодействия, промышленные компании смогут «безболезненно» переставить «поезд на другие рельсы». Кроме того, внедрение цифровизации и новых способов принятия управленческих решений способствует не только поддержанию конкурентоспособности компании, но и расширению возможностей и роста, то есть цифровые технологии создают доступные выходы на чужие рынки, которые ранее не представляли интереса для той или иной деятельности. Стоит отметить, что процессы цифровой трансформации отечественных предприятий происходят в сложных для страны условиях, при этом роль цифровых компаний в мировом пространстве только возрастает. Таким образом, создание единой цифровой инновационной экосистемы позволит промышленному предприятию выйти за пределы традиционных отраслевых границ и реализовать себя как современной, двигающейся в ногу со временем, компанией.

Компания «АЗОТТЕХ» реализует свой потенциал в соответствии с трендами нового времени. Внедрение новых технологий позволяет чувствовать все изменения на рынке и определять будущую бизнес-модель, а цифровой подход к управлению производством дает возможность не только оценивать, анализировать и структурировать производственные мощности, но и применять гибкое управление, прогнозирование ситуаций и переориентацию производства в условиях нестабильной политической ситуации в мире. Цифровой двойник промышленного объекта лишь малая часть цифровой трансформации, которая сейчас происходит во внутренних и внешних процессах предприятия, поэтому, решая одну цифровую задачу, мы реализуем цифровую бизнес-модель в соответствии с тенденциями цифровой трансформации и стоим на пороге новой промышленной революции Индустрии 5.0 с готовностью сделать следующий шаг.

Список литературы

1. Лепеш Г.В. Цифровая трансформация промышленного сектора экономики. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2022;(2):3–15.
2. Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневецкий К.О., Гохберг Л.М., Демидкина О.В., Демьянова А.В. и др. *Цифровая экономика: 2022: краткий статистический сборник*. М.: НИУ ВШЭ; 2022. 124 с. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2599-9>
3. Лимонова Е.В. Цифровые компании: дефиниции и атрибуты. *Экономическая безопасность и качество*. 2018;(1):37–40.
4. Хачатурян М.В. Особенности развития цифровых бизнес-моделей организаций в современных условиях. *Креативная экономика*. 2022;16(5):1975–1992. <https://doi.org/10.18334/ce.16.5.114648>
5. Гатилова И.Н., Коптелова Л.В. Реализация цифрового потенциала предприятия посредством внедрения ERP-систем. *Вест-*

ник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2022;(3):122–134. <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2022-3-122-134>

6. Дмитриев А.Н., Мустафин И.Г. Анализ используемых в строительстве цифровых продуктов ERP для создания цифровой среды управления компанией. *Недвижимость: экономика, управление*. 2022;(2):44–49.

7. Асланова И.В., Милёхина О.В. Оценка эффективности внедрения MES-системы в условиях мелкосерийного производства. В: *Цифровая трансформация экономических систем: проблемы и перспективы (ЭКОПРОМ-2022): материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции с зарубежным участием, г. Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2022 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2022. С. 256–259. <https://doi.org/10.18720/IEP/2021.4/74>

8. Черных М.А. Цифровые технологии в производстве. Внедрение MES-систем. В: *Цифровая логистика: материалы Международной студенческой конференции, г. Москва, 14 декабря 2022 г.* М.: Мир науки; 2022. С. 8–10.

9. Морозова Т.С., Радков В.В., Дудник Г.А., Тихонов В.А. Особенности процесса эмульгирования. Опыт использования коллоидного диспергатора. *Горная промышленность*. 2020;(2):104–109. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2020-2-104-109>

10. Тихонов В.А., Радков В.В., Морозова Т.С. Особенности мини-завода для производства невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ. *Горная промышленность*. 2021;(3):92–97. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-20213-92-97>

References

1. Lepesh G.V. Digital transformation of the industrial sector of the economy. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2022;(2):3–15. (In Russ.)

2. Abdrakhmanova G.I., Vasilkovsky S.A., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M., Demidkina O.V., Demyanova A.V. et al. *Digital economy: 2022: A concise statistical compilation*. Moscow: HSE; 2022. 124 p. (In Russ.) <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2599-9>

3. Limonova E.V. Digital businesses: Definitions and attributes. *Economic Security and Quality*. 2018;(1):37–40. (In Russ.)

4. Khachatryan M.V. Development trends of digital business models in modern conditions. *Kreativnaya Ekonomika*. 2022;16(5):1975–1992. (In Russ.) <https://doi.org/10.18334/ce.16.5.114648>

5. Gatilova I.N., Koptelova L.V. Enterprise's digital potential realization through erp systems implementation. *Vestnik Belgorodskogo Universiteta Kooperatsii, ekonomiki i Prava*. 2022;(3):122–134. (In Russ.) <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2022-3-122-134>

6. Dmitriev A.N., Mustafin I.G. Analysis of digital ERP products used in construction to create a digital corporate innovations management environment. *Real Estate: Economics, Management*. 2022;(2):44–49.

7. Aslanova I.V., Milekhina O.V. Evaluation of the effectiveness of the implementation of the MES system in conditions of small-scale production. In: *Digital Transformation of Economic Systems: Problems and Prospects (ECOPROM-2022): Proceedings of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference with foreign participation, St. Petersburg, November 11–12, 2022*. St. Petersburg: POLITEKh-PRESS; 2022, pp. 256–259. (In Russ.) <https://doi.org/10.18720/IEP/2021.4/74>

8. Chernykh M.A. Digital technologies in production. Implementation of MES systems. In: *Digital Logistics: Proceedings of the International Student Conference, Moscow, December 14, 2022*. Moscow: Mir nauki; 2022, pp. 8–10. (In Russ.)

9. Morozova T.S., Radkov V.V., Dudnik G.A., Tikhonov V.A. Specific Features of Emulsifying Process. Experience of Colloid Disperser Application. *Russian Mining Industry*. 2020;(2):104–109. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2020-2-104-109>

10. Tikhonov V.A., Radkov V.V., Morozova T.S. Specific Features of a Mini-Plant to Prepare Non-Explosive Components of Emulsion Explosives. *Russian Mining Industry*. 2021;(3):92–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-20213-92-97>

Информация об авторах

Сахапова Татьяна Сергеевна – ведущий технический писатель, ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: t.sahapova@azotech.ru

Исмагилов Тимур Шамилович – директор IT, ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация

Тихонов Виталий Александрович – генеральный директор, ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация

Information about the authors

Tatyana S. Sakhapova – Technical Writer, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: t.sahapova@azotech.ru

Timur Sh. Ismagilov – Director IT, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation

Vitaly A. Tikhonov – Director General, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 23.03.2023

Поступила после рецензирования: 11.04.2023

Принята к публикации: 14.04.2023

Article info

Received: 23.03.2023

Revised: 11.04.2023

Accepted: 14.04.2023