

Достижение устойчивости для предприятий отрасли черной металлургии в условиях цифровизации

Алексей Б. Мурашов

*Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН», Москва, Россия, Murashov-ab@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения цифровых технологий для достижения и повышения уровня устойчивости предприятий, специализирующихся в отрасли черной металлургии.

Цель исследования заключается в разработке стратегических мероприятий по внедрению основополагающих цифровых инструментов в отрасли. Для проведения исследования были применены такие научные методы, как дедукция, анализ и синтез, обобщение, метод научных абстракций, исторический и логический анализ, системный подход.

Исследованы ключевые тенденции и текущее состояние отрасли черной металлургии, выделены главные задачи для достижения структурной модернизации предприятий. Изучены основные этапы развития отрасли черной металлургии в контексте промышленных революций: особым образом выделены прорывные инновации для автоматизации производственных процессов в рамках Индустрии 4.0 – это киберфизические системы, аналитика больших данных и децентрализованные системы управления. С учетом национальных приоритетов развития Российской Федерации отмечена необходимость достижения устойчивости развития промышленных предприятий, в том числе в отрасли черной металлургии.

Выделены актуальные ключевые проблемы в отрасли, и на их основе в заключении статьи определены необходимые мероприятия для их решения (такие, как внедрение цифрового оборудования для мониторинга и контроля всех производственных и управленческих процессов, а также создание комплексных автоматизированных систем управления для координации всех функциональных областей предприятия, специализирующегося в черной металлургии).

Ключевые слова: черная металлургия, цифровые технологии, устойчивое развитие, стратегическое управление, автоматизация производственных процессов, оптимальное управление

Для цитирования: Мурашов А.Б. Достижение устойчивости для предприятий отрасли черной металлургии в условиях цифровизации // Наука и искусство управления / Вестник Института экономики, управления и права Российского государственного гуманитарного университета. 2025. № 2. С. 38–48. DOI: 10.28995/2782-2222-2025-2-38-48

Achieving sustainability for iron and steel enterprises in a digitalized environment

Aleksey B. Murashov

Moscow State University of Technology “STANKIN”

Moscow, Russia, Murashov-ab@yandex.ru

Abstract. The paper considers the use of digital technologies to achieve and increase the level of sustainability of enterprises specializing in iron and steel industry. The aim of the study is to develop strategic activities for implementation of fundamental digital tools in the industry. To conduct the research, such scientific methods as deduction, analysis and synthesis, generalization, method of scientific abstraction, historical and logical analysis, system approach were applied. The key trends and current state of the iron and steel industry are studied, the main tasks for achieving structural modernization of enterprises are identified. The author studies the main stages of iron and steel industry development in context of industrial revolutions: breakthrough innovations for automation of production processes within Industry 4.0 are defined – such as cyberphysical systems, Big data analytics and decentralized management systems. Taking into account national development priorities of the Russian Federation, the need to achieve sustainable development of industrial enterprises, including the iron and steel industry, is determined.

The article highlights current key issues in the industry, and on that basis the paper concludes on necessary measures to solve them (such as introduction of digital equipment for monitoring and controlling all production and management processes, as well as creation of integrated automated control systems to coordinate all functional areas of an enterprise specializing in iron and steel industry).

Keywords: iron and steel industry, digital technology, sustainable development, strategic management, automation of production processes, optimal management

For citation: Murashov, A.B. (2025), “Achieving sustainability for iron and steel enterprises in a digitalized environment”, *Science and Art of Management / Bulletin of the Institute of Economics, Management and Law of the Russian State University for the Humanities*, no. 2, pp. 38–48, DOI: 10.28995/2782-2222-2025-2-38-48

Введение

В рамках трансформации обрабатывающей промышленности цифровые технологии играют основополагающую роль, преимущественно путем существенного улучшения всей цепочки создания стоимости. В предстоящие годы наиболее важными движущими силами являются устойчивое развитие, цифровая трансформация, инновации и предпринимательство [Ordieres-Mere, Remon 2020].

Инструменты цифровизации в условиях Индустрии 4.0 представляют собой на сегодняшний день ключевую тенденцию для внедрения быстрых и радикальных изменений в обществе и экономике, в том числе в отрасли черной металлургии. Оптимальная эксплуатация минеральных ресурсов является необходимым предварительным условием выживания и устойчивого развития. Быстрый экономический рост и устойчивость как индикатор экономического и социального развития, в свою очередь, требуют внедрения цифровых технологий.

Обширное внедрение новых технологий и цифровых инструментов вносит новые вызовы в деятельность предприятий черной металлургии. Следовательно, цифровые технологии обеспечивают новый способ управления в современных бизнес-процессах и позволяют достичь устойчивого развития в отрасли.

Целью данного исследования является поиск стратегических решений для успешного внедрения цифровых технологий на предприятиях, специализирующихся в отрасли черной металлургии.

Для достижения цели были применены следующие методы: метод анализа и синтеза, дедукция, обобщение, метод научных абстракций, исторический и логический анализ, системный подход.

Современное состояние отрасли черной металлургии: ключевые тенденции

В настоящее время мировая черная металлургия состоит из групп стран, поставляющих сырье, производящих и потребляющих готовую металлическую продукцию. В частности, Бразилия, Австралия, Индия и Либерия занимаются экспортом железной руды на мировой рынок. Япония, Россия, США, Украина и Германия производят сталь. Развитые страны преобладают в потреблении готовой металлургической продукции.

В 2024 г. мировыми лидерами в производстве стали был достигнут объем в 1,88 млрд т (из которых объем российского производства составил 70,7 млн т)¹.

Использование понятия «переработка» в отношении технологического процесса не только внутри промышленности, но и на некоторых металлургических предприятиях является характерной чертой отрасли. В черной металлургии взаимосвязаны три основных технологических процесса: производство электрической стали, литейное производство железа и производство металлов.

Для повышения уровня конкурентоспособности предприятий отрасли черной металлургии требуется разработка задач для достижения структурной модернизации отрасли. Выполнение таких задач позволит обеспечить:

- снижение стоимости производства;
- повышение уровня предложения на внутреннем рынке дешевой и высококачественной продукции из черных металлов;
- рост реальных доходов и валютных поступлений в результате импорта дешевой продукции и своевременного экспорта дешевой продукции на мировые рынки.

Структурная модернизация, в свою очередь, требует применения современных и актуальных цифровых технологий, необходимых для автоматизации производственных и управленческих процессов.

Парадигма развития отрасли черной металлургии: роль промышленных революций

Текущий этап трансформации промышленности является результатом нескольких промышленных революций, произошедших за последние два столетия. Термин «Индустрия 4.0» обозначает четвертую технологическую революцию и относится к внедрению передовых решений по автоматизации производственных процессов с применением цифровых инструментов. Данная концепция подразумевает взаимосвязь между искусственным интеллектом, техникой и устройствами, а также интернетом вещей для улучшения возможностей самомониторинга, диагностики, прогнозирования и самооптимизации систем автоматизации [Duft, Durana 2020]. Концепция «Индустрии 4.0» в итоге представляла собой новый

¹ Итоги 2024 года в черной металлургии РФ и дайджест событий от ЦНИИЧермет // Металлоснабжение и сбыт. 2025. URL: <https://www.metalinfo.ru/ru/news/168991> (дата обращения 3 марта 2025).

промышленный этап, в рамках которого происходило обеспечение различных цифровых решений, ставшее результатом формирования инструмента «умной фабрики» [Osterrieder et al. 2020].

С позиции отрасли черной металлургии (в частности, для предприятий производства стали) первая промышленная революция характеризовалась разработкой и началом масштабного использования парового двигателя, что, в свою очередь, привело к массовому производству железа. Дальнейшее совершенствование производственного процесса было достигнуто в рамках второй промышленной революции на основе электрификации, которая позволила существенно удешевить стоимость производства благодаря внедрению метода производства в открытой печи. Третья промышленная революция была ознaменована автоматизацией производства, ввиду развития конвейера, оптимизации и сокращения ручного труда, а также последующей компьютеризации [Gehrke et al. 2015].

Этап Индустрии 4.0 в рамках развития отрасли черной металлургии способствовал внедрению прорывных инновационных технологий, связанных с промышленным Интернетом вещей и автоматизацией (на основе таких технологий, как киберфизические системы, аналитика больших данных и децентрализованные системы управления). Киберфизическая система – это система взаимодействующих вычислительных объектов, находящихся в интенсивной взаимосвязи с окружающим физическим миром и его текущими процессами, с предоставлением и оценкой данных с использованием сети Интернет. Аналитика больших данных предполагает обработку массивных объемов данных и информации, генерируемой в производственной среде (включая данные, полученные с помощью датчиков машин и оборудования, производственных процессов и других систем), с целью предотвращения брака и минимизации потенциальных проблем в рамках производства. Децентрализованная система управления предполагает постоянный обмен информацией о производственных данных между различными службами и приложениями, а распределение ролей осуществляется на динамической основе, в зависимости от состояния выполнения производственной задачи и производственной инфраструктуры предприятия в целом [Дмитриев 2011]. В отличие от предыдущих этапов, Индустрия 4.0 рассматривается как возможность достижения дополнительного эффекта через инновационные технологии обновления и поддержки уже существующих процедур (особенно в силу высокой степени автоматизации производственных процессов, наблюдаемых в настоящее время) и появление новых рабочих мест [Atkinson, Wu 2017].

Для измерения достигнутого уровня цифровизации в странах ЕС был разработан комплексный показатель – индекс цифровой экономики и общества (the Digital Economy and Society Index, DESI), обобщающий показатели, связанные с инструментами цифровизации и конкурентоспособностью². В соответствии с ключевыми трендами развития инновационной деятельности в рамках цифровизации, путь реализации парадигм Индустрии 4.0 представляет собой интеграцию технологий, позволяющих экосистемам интеллектуальных, автономных и децентрализованных отраслей (в особенности на основе передовой автоматизации и искусственного интеллекта) осуществить значительные преобразования в промышленности.

В российской экономике, в соответствии с национальными целями развития, промышленная деятельность предприятий должна осуществляться с учетом создания и поддержания экологического благополучия, устойчивой и динамичной экономики, а также цифровой трансформации³.

В этом контексте предприятия отрасли черной металлургии реализуют инновации в цифровых и экологически чистых технологиях и играют значимую роль в прогрессе, экономическом росте и создании рабочих мест. Данная отрасль является высокоспециализированной в области производства и внедрения передовых технологий, а также продуктов и решений с высокой добавленной стоимостью благодаря инвестициям в научно-исследовательскую и инновационную деятельность. Кроме того, устойчивое развитие и сокращение выбросов CO₂ представляют собой инновационные проблемы и возможности для сохранения конкурентоспособности предприятий.

Еще одной важной составляющей является наличие взаимозависимости устойчивой экономики и цифровизации: концепции цифровизации и устойчивого развития приобретают все большее значение, и поэтому они могут стать движущими силами для развития отрасли черной металлургии. В частности, устойчивое развитие является одним из основных преимуществ Индустрии 4.0

² DESI Digital Economy and Society Index. Methodological Note // European Commission. 2018. URL: https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2018-20/desi-2018-methodology_E886EDCA-B32A-AEFB-07F5911DE975477B_52297.pdf (дата обращения 3 марта 2025).

³ Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73986> (дата обращения 3 марта 2025).

вместе с оптимизацией производительности или автоматизированными знаниями. Кроме того, в рамках концепции возможно улучшение производственных процессов с точки зрения совершенствования операций для достижения экологической устойчивости производственной деятельности [Jabbour et al. 2018]. Кроме того, цифровые технологии могут помочь получать, обрабатывать, анализировать и понимать данные и сложные информационные потоки. Инструменты цифровизации, в свою очередь, могут также выступать в качестве катализатора для устойчивого общества и устойчивой экономики, приводя к появлению новых отраслей промышленности, новых рабочих мест, инноваций и возможностей.

Особенности стратегического управления и текущие задачи в отрасли черной металлургии

В рамках ключевых проблем развития предприятий черной металлургии на сегодняшний день необходимо выделить следующие:

- устаревание большей части основных средств;
- недостаточная организация процессов железнодорожных грузовых перевозок;
- расширение производственных циклов;
- высокая зависимость производства от государственных заказов;
- нехватка высококвалифицированных управленческих кадров;
- высокие процентные ставки по кредитам на производство;
- низкий уровень конкурентоспособности конечной продукции.

Таким образом, в качестве главных стратегических задач на предприятии черной металлургии выступает оптимизация процессов и норм потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов, увеличение энергопотребления и повышение производительности труда, снижение эксплуатационных издержек и дополнительных затрат, минимизация стоимости закупленных сырья, материалов и компонентов [Шадрина и др. 2021].

С позиции стратегического управления успешное применение цифровых технологий требует создания нового видения руководства предприятия, повышение квалификации соответствующего персонала, изменение организационной культуры, создание умелой и гибкой организационной структуры, а также развитие цифровой стратегии [Павлов 2023].

Быстрое развитие черной металлургии будет обеспечено только при условии устойчивого воспроизводства каждого из его компонентов и отрасли в целом.

Обеспечение устойчивого развития металлургической промышленности зависит прежде всего от устранения негативного воздействия природных и экономических факторов, дестабилизирующих производство металлов.

Следовательно, необходимо выделить следующие факторы, влияющие на развитие отрасли черной металлургии:

- 1) наличие государственных программ, предусмотренных специальными программами по размещению и кредитованию инвестиций, содействию интеграции обрабатывающей промышленности с производством и сбытом металлоизделий;
- 2) инновации через науку для совершенствования технологии производства металлических изделий;
- 3) уровень развития отраслей обрабатывающей промышленности;
- 4) Уровень развития сектора транспортных услуг (качество автодорог, снижение железнодорожных тарифов на металлолом и металлическую продукцию и т. п.);
- 5) отраслевые объединения и ассоциации различных общественных организаций, представляющих коллективные интересы производителей черной металлургии;
- 6) услуги по транспортировке, хранению, переработке металлической продукции, страхованию рисков, повышающие эффективность бизнеса предприятий черной металлургии;
- 7) отсутствие барьеров для экспортной инфраструктуры, развития логистических центров и целевых рынков;
- 8) снижение текучести персонала, увеличение предпринимательства и знание современных технологий (в особенности в рамках цифровых инструментов);
- 9) своевременное формирование нормативно-правовой базы для деятельности, определение порядка и суммы государственной поддержки отрасли;
- 10) наличие энергетической инфраструктуры в областях, связанных с производством или переработкой металла, включая приемлемые тарифы на электроэнергию.

Заключение

Огромную роль для достижения устойчивости для предприятий отрасли черной металлургии играет продуманная техническая политика для модернизации и диверсификации производства в промышленности, внедрения современных энергосберегающих

технологий и оборудования, а также расширение сырьевой базы предприятий отрасли.

В металлургической промышленности организация технологических процессов на основе автоматизированного контроля, цифровых технологий и совершенствования системы управления является непрерывным процессом, который включает несколько ключевых этапов:

- внедрение цифрового оборудования, позволяющего объективно оценивать состояние технологических процессов и операционного процесса;
- применение дистанционных контроллеров и датчиков для минимизации несчастных случаев на производстве и эффективного управления;
- внедрение автоматизированных систем управления для обеспечения безопасности персонала и технологического оборудования. Подобные цифровые системы позволяют осуществлять выполнение операций в точной последовательности и в соответствии с заданной программой (например, включение нагревателей, регулировка температуры, оценка процесса плавления и т. п.);
- разработка систем мониторинга и внутреннего контроля с учетом взаимосвязи между производственным процессом и эксплуатацией комплекса технологических устройств. Внедрение данных цифровых систем значительно повысит производительность производственных процессов;
- разработка и внедрение оптимальных систем управления с использованием методов управления и компьютеров в сочетании с системами управления. Главная цель этих систем заключается в объединении существующих подсистем в единую взаимосвязанную систему, что выведет применение технических и экономических показателей и критериев управления на качественно новый уровень;
- создание комплексных автоматизированных систем управления, т. е. создание цифровых автоматизированных систем управления для координации технологического процесса с автоматизированными системами управления производством, стратегиями и тактикой управления производством.

Своевременное внедрение и эксплуатация цифровых технологий и инструментов на предприятиях черной металлургии позволит повысить общий уровень эффективности и достичь высокого уровня устойчивости в отрасли.

Литература

- Дмитриев 2011 – *Дмитриев С.Г.* О становлении теории «Созидательного разрушения» // Креативная экономика. 2011. № 12. С. 46–50.
- Павлов 2023 – *Павлов В.А.* Цифровизация производственных процессов на металлургических предприятиях Российской Федерации // Прогрессивная экономика. 2023. № 5. С. 64–75.
- Шадрина и др. 2021 – *Шадрина Е.Е., Филин С.А., Якушев Ж.А.* Совершенствование стратегического управления инновационно-инвестиционными процессами в черной металлургии // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. Т. 3. № 5 (113). С. 120–129.
- Atkinson, Wu 2017 – *Atkinson R.D., Wu J.J.* Technological disruption and the US labor market, 1850–2015 // Information Technology and Innovation Foundation. 2017. May. С. 1–28.
- Duft, Durana 2020 – *Duft G., Durana R.* Artificial intelligence-based decisionmaking algorithms, automated production systems, and big data-driven innovation in sustainable industry 4.0 // Economics Management and Financial. 2020. № 15 (4). P. 9–18.
- Gehrke et al. 2015 – *Gehrke L., Kuhn A.T., Rule D.* A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective // VDI. The Association of German Engineers. Dusseldorf, 2015. 28 p.
- Jabbour et al. 2018 – *Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C., Foropon C., Filho M.G.* When titans meet: Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors // Technological Forecasting and Social Change. 2018. № 132. С. 18–25.
- Ordieres-Mere, Remon 2020 – *Ordieres-Mere J., Remon T.P.* Digitalization: An Opportunity for Contributing to Sustainability From Knowledge Creation // Sustainability. 2020. № 12. 1460.
- Osterrieder et al. 2020 – *Osterrieder P., Budde L., Friedli T.* The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review // International Journal of Production Economics. 2020. № 221. 107476.

References

- Atkinson, R.D. and Wu, J.J. (2017), “Technological disruption and the US labor market, 1850–2015”, *Information Technology and Innovation Foundation*, May, pp. 1–28.
- Dmitriev, S.G. (2011), “Evolvement of theory ‘Creative Destruction’”, *Creative Economy*, no. 5 (12), pp. 46–50.
- Duft, G. and Durana, R. (2020), “Artificial intelligence-based decisionmaking algorithms, automated production systems, and big data-driven innovation in sustainable industry 4.0”, *Economics Management and Financial*, no. 15 (4), pp. 9–18.

- Gehrke, L., Kuhn, A.T. and Rule, D. (2015), *A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future. A German and American Perspective*. VDI The Association of German Engineers, Dusseldorf, Germany.
- Jabbour, A.B.L., Jabbour, C.J.C., Foropon, C. and Filho, M.G. (2018), "When titans meet. Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors", *Technological Forecasting and Social Change*, no. 132, pp. 18–25.
- Ordieres-Mere, J. and Remon, T.P. (2020), "Digitalization. An Opportunity for Contributing to Sustainability From Knowledge Creation", *Sustainability*, no. 12, 1460.
- Osterrieder, P., Budde, L. and Friedli, T. (2020), "The smart factory as a key construct of industry 4.0. A systematic literature review", *International Journal of Production Economics*, no. 221, 107476, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.08.011>.
- Pavlov, V.A. (2023), "Digitization of production processes in metallurgical enterprises of the Russian Federation", *Progressive Economy*, no. 5, pp. 64–75.
- Shadrina, E.E., Filin S.A. and Yakushev, Zh.A. (2021), "Improvement of the strategic management of innovation and investment processes in the ferrous metallurgy", *Economics and Management: problems, solutions*, vol. 3, no. 5, pp. 120–129.

Информация об авторе

Алексей Б. Мурашов, аспирант, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия; 127055, Россия, Москва, Вадковский пер., д. 1, Murashov-ab@yandex.ru

Information about the author

Aleksey B. Murashov, postgraduate student, Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia; bld. 1, Vadkovsky Alley, Moscow, Russia, 127055; Murashov-ab@yandex.ru