КРЕАТИВНАЯ ЭКОНОМИКА
Том 13 ● Номер 6 ● июнь 2019
ISSN 1994-6929
Journal of Creative Economy

издательство
Креативная экономика

Анализ готовности металлургического предприятия к «Индустрии 4.0» и стратегия внедрения цифровых решений

Фролов В.Г.[1], Трофимов О.В.[1], Мартынова Т.С.[1]

[1] ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Институт экономики и предпринимательства, Нижний Новгород, Россия

АННОТАЦИЯ:

Целью статьи является повышение качества реализации стратегии цифровой трансформации производственного предприятия металлургической промышленности. В ходе исследования был проведен анализ уровня готовности развития металлургического предприятия к цифровой трансформации. В результате определен уровень цифровой трансформации, выявлены проблемные элементы и предложена пошаговая стратегия внедрения основных компонентов концепции «Индустрия 4.0».

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-010-00781.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: металлургическое предприятие, Индустрия 4.0, промышленное предприятие, цифровые решения, стратегия, методы оценки.

Analysis of readiness of the metallurgical enterprise to “Industry 4.0” and strategy for implementation of digital solutions

Frolov V.G.[1], Trofimov O.V.[1], Martynova T.S.[1]

[1] Lobachevsky University – Institute of Economics and Entrepreneurship, Russia

Введение

Внедрение компонентов «Индустрии 4.0» меняет структуру экономики стран и целых регионов, повышает конкуренцию внутри отрасли, расширяет рынки, повышает конкурентоспособность и гибкость компаний. В России так же, как и в ведущих зарубежных странах, взят курс на цифровую трансформацию [1, 4, 6–8] *(Kupriyanovskiy, Dobrynin, Sinyagov, Namiot, Utkin, 2017; Shvab, 2016; Shu, Anderl, Gauzemayer, ten Khompel, Valster i dr., 2017; T. von Leipziga, Gampa, Manza, Schöttlea P. Ohlhausena, Oosthuizenb, Palma, K. von Leipzig, 2017)*. Правительством разработана программа «Цифровая экономика», одной из основных целей которой является «повышение конкурентоспособности на глобальном рынке как отдельных отраслей экономики Российской Федерации, так и экономики в целом» [1]. Цифровые тех-

нологии представлены серией сетевых технологий, таких как «*облачные» вычисления, интернет вещей, анализ больших данных и искусственный интеллект*. Эти компоненты создают новые бизнес-модели и реконструирует старые, и цифровая трансформация, таким образом, становится важнейшей стратегией для всех отраслей промышленности.

Металлургическая отрасль не является исключением. В последние десятилетия российские металлургические предприятия являются основными поставщиками стальной продукции на мировом рынке. Главным преимуществом, которое приводит к успеху экспорта металлургических предприятий России, является то, что высокое качество продукции соответствует требованиям мировых стандартов. Сохранить конкурентоспособность в современном мире в условиях четвертой промышленной революции представляется наиболее важной задачей российских металлургических предприятий. Необходимо быть постоянно развивающейся, гибкой компанией, готовой непрерывно адаптироваться к меняющимся условиям за счет соответствующих технологий, организационного обучения и процессов принятия решений с применением данных высокого качества, доступных в более короткие сроки [7].

В настоящее время следует выделить различные проблемы, которые препятствуют цифровой трансформации. Эти проблемы могут возникать на всех этапах цифровой трансформации. Типичные барьеры включают недостаточный уровень цифровизации, отсутствие необходимых компетенций, неэффективные бизнес-процессы, высокие риски и затраты на внедрение [5] *(Sidorenko, Frolov, Pavlova, 2017)*. Также большое значение имеют барьеры корпоративной культуры, которые часто недооцениваются и обычно не признаются компаниями. В связи с этим появляется необходимость оценки

ABSTRACT:

The purpose of the article is to improve the quality of implementation of the strategy of digital transformation of the production enterprise of the metallurgical industry. The study analyzed the level of readiness of the metallurgical enterprise for digital transformation. As a result, the level of digital transformation is determined, problematic elements are identified and a step-by-step strategy for the implementation of the main components of the concept "industry 4.0"is proposed.

KEYWORDS: metallurgical enterprise, Industry 4.0, industrial enterprise, digital solutions, strategy, evaluation methods

JEL Classification: L61, M11, O31 **Received: 07.05.2019 / Published: 30.06.2019**

© Author(s) / Publication: CREATIVE ECONOMY Publishers
For correspondence: Frolov V.G. (frolov.unn@gmail.com)

CITATION:

Frolov V.G., Trofimov O.V., Martynova T.S. (2019) Analiz gotovnosti metallurgicheskogo predpriyatiya k «Industrii 4.0» i strategiya vnedreniya tsifrovyh resheniy [Analysis of readiness of the metallurgical enterprise to "Industry 4.0" and strategy for implementation of digital solutions]. Kreativnaya ekonomika. 13. (6). – 1117-1132. doi: 10.18334/ce.13.6.40708

готовности российских металлургических компаний к «Индустрии 4.0», анализа текущей ситуации и определения стратегических целей.

Анализ готовности металлургического предприятия к «Индустрии 4.0»

В настоящее время как российскими, так и зарубежными учеными разработаны различные подходы к оценке готовности предприятий к «Индустрии 4.0» и текущего состояния бизнеса в условиях цифровой трансформации. Одним из таких подходов является исследование компании Acatech «Индекс зрелости Индустрии 4.0». Данная модель помогает компаниям определить, на каком этапе своей трансформации в развивающуюся, гибкую компанию они находятся на данный момент. Возможно выполнить оценку с технологической, организационной и культурной точек зрения с упором на бизнес-процессы производственных компаний [6].

В статье «Инициирование ориентированной на клиента цифровой трансформации на предприятиях» авторы Т. фон Лейпцига, М. Гампа, Д. Манза, К. Шеттлеа предлагают модель для инициализации цифрового преобразования на предприятиях. Модель основана на непрерывном цикле улучшений, а также включает триггеры для инновационного и цифрового мышления на предприятии [8]. Модель успешно прошла валидацию в немецком секторе услуг.

В данной работе использована методика оценки степени развития производственной компании П. Н. Биленко и др. в условиях четвертой промышленной революции [2] *(Bilenko i dr., 2017)*. Оценка уровня цифровой зрелости является одной из составляющих методики по оценке и мониторингу эффективности развития сложных экономических систем в соответствии с концепцией «Индустрии 4.0» [3] *(Zakharov, Trofimov, Frolov, Kaminchenko, Pavlova, 2018)*.

Анализ проведен на примере данных ПАО «Русполимет» – металлургического и металлообрабатывающего комплекса с полным производственным циклом от выплавки широкого спектра специальных сталей и сплавов до изготовления кольцевых заготовок и дисков различной геометрии и широкого диапазона типоразмеров. «Русполимет» – это наукоемкое, высокотехнологичное, инновационное производство.

ОБ АВТОРАХ:

Фролов Владислав Генрихович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики предприятий и организаций (frolov.unn@gmail.com)

Трофимов Олег Владимирович, доктор, экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики предприятий и организаций (oleg_trofimov@mail.ru)

Мартынова Татьяна Сергеевна, аспирантка кафедры экономики предприятий и организаций (tatka128235@mail.ru)

ЦИТИРОВАТЬ СТАТЬЮ:

Фролов В.Г., Трофимов О.В., Мартынова Т.С. Анализ готовности металлургического предприятия к «Индустрии 4.0» и стратегия внедрения цифровых решений // Креативная экономика. – 2019. – Том 13. – № 6. – С. 1117-1132. doi: 10.18334/ce.13.6.40708

На пути сохранения своих позиций в области создания стоимости менеджмент компании видит необходимость внедрения компонентов цифровой экономики, цифровизации производства и разрабатывает свою технологию диджитализации, включающую и работу с большими данными (Big Data), автоматизацию, промышленный интернет, электронную коммерцию и другие. Ниже приведены результаты анализа *(табл. 1)* согласно вышеописанному подходу [2]. Полученные результаты были апробированы на конференции «Молодежь и предпринимательство: проблемы теории и практики» в декабре 2018 года.

Таблица 1

Оценка степени развития производственной компании в соответствии с концепцией «Индустрия 4.0»

Компонент производства	Наименование состояния	Описание состояния
1. Единая система управления информацией предприятия	Integrated	В 201-ом г. руководством компании принято решение о создании единого информационного пространства (ЕИП). В настоящий момент приближается к стадии завершения проект внедрения интегрированной ERP системы SAP S/4HANA. Внедрены и проработаны основные модули сферы деятельности предприятия (контроллинг, закупка, производство, бухгалтерия, основные средства, сбыт, качество). Нормативно-справочная информация (НСИ) об изделии прорабатывается в КСУ НСИ, представляющей собой автоматизированную систему управления класса MDM (Master Data Management). Данные об изделии, сгенерированные по правилам из справочников в КСУ НСИ, по средствам решений SAP будут мигрировать в ERP. На данном этапе так же внедряется ECM программа DIRECTUM, позволяющая вести электронный документооборот и управлять взаимодействием, нацеленная на повышение эффективности работы всех сотрудников в областях их совместной деятельности. В перспективе: - проработка и внедрение MES системы, системы контроля и мониторинга оборудования, модуля управления персоналом, мобильность, детальное управление основным и вспомогательным производством, складским хозяйством
2. Интеграция в хозяйственную деятельность нематериальных активов и результатов интеллектуальной деятельности	Integrated	Компания работает над своим интеллектуальным потенциалом. Результаты научно-исследовательских и конструкторских разработок внедряются в хозяйственную деятельность (Разработка и апробирование технологии изготовления продукции, освоение новых видов марок, процессов изготовления.). На ежегодной основе составляется и исполняется портфель инвестиционных мероприятий

Продолжение табл. 1

1	2	3
3. Цифровой реверс-инжиниринг		Нет данных
4. Энергоэффективность и экологичность.	Defined	Компания имеет широкий спектр продуктов, отвечающих самым высоким требованиям по энергоэффективности и экологичности. Расход электроэнергии рассчитывается и ведется по всем подразделениям предприятия, рассчитывается энергоемкость продукта, потребление другими объектами. В рамках проекта SAP предполагается учет фактического расхода электроэнергии, ее мониторинг на всех этапах жизненного цикла продукта. Внутренним стандартом процесса на предприятии предусмотрена организация выполнения норм и требований, ограничивающих вредное воздействие процессов производства на ОС и население, рациональное использование природных ресурсов, непрерывное улучшение показателей охраны ОС
5. Трансфер технологий	Managed	На предприятии задействовано европейское оборудование (Danieli, Inteco и др), производителями которого оказывается сервисное обслуживание, удаленный мониторинг. Согласно четырехстороннему соглашению (ПАО «Русполимет», SAP, НИТУ «МИСиС», и ASAPConsulting) на базе новой площадки SAPNext-GenLab студенты МИСиС будут разрабатывать новые проекты с использованием технологий обработки больших данных, решений для автоматизации и цифровизации производства для горнодобывающей и металлургической индустрии. Передача решений, разработанных в рамках данного проекта, будет являться трансфером технологий
6. Управление проектами	Managed	Внедрена корпоративная система управления проектами, методология управления проектами регулярно анализируется и совершенствуется. Проводятся анализ и контрольные мероприятия на всех стадиях развития инвестиционных проектов, существует принцип приоритизации.
7. Производственная система и бережливое производство	Integrated	Компания совместно с «Росатомом» прорабатывает корпоративную внутреннюю «Производственную систему «Русполимет» (ПСР) – система методов и инструментов, направленных на повышение эффективности процессов и создание корпоративной культуры, основанной на стремлении к постоянному улучшению предприятия. В состав которой входят система 5S, кайдзен, «точно вовремя», эффективно реализуются практики lean-management, производятся анализ и оптимизация потока создания ценностей, активно используется банк рационализаторских предложений. Отрабатываются такие задачи, как организация рабочих мест, снижение производительности труда, временных затрат, повышение эффективности трудового процесса

Продолжение табл. 1

1	2	3
8. Учебные производственные центры	Integrated	ПАО «Русполимет» осуществляет инвестиции в развитие навыков и карьеры сотрудников компании на разных этапах подготовки и роста кадров. Персонал компании проходит непрерывное повышение квалификации: - на базе договоров о развитии и подготовке молодых специалистов на базе вузов/колледжей, центров обучения и профподготовки; - самообучение. Приобретена электронная площадка корпоративного дистанционного обучения iSpring Suite; - на предприятии организована программа внутреннего самообучения «Школа мастеров», обучение и презентации по текущему проекту внедрения SAP, развитие внутреннего тренерства; - обучение и разработка новых решений в рамках соглашения по новой площадке SAPNext-GenLab. В Лаборатории молодые специалисты получат доступ к обучающим материалам, ИТ-решениям SAP, а также к технологическому оборудованию для тестирования и экспериментов
9. Цифровое управление логистикой	Managed	Управление закупками и сбытом воплощено в модулях интегрированной ERP системы SAP, в которых от заказа клиента формируется сквозное ППМ по всем переделам изготовления, а также в сбыте реализован раздельный учет по направлениям ГОЗ и коммерция, по сегментам рынка, клиентам. Анализируются лучшие практики управления логистикой, в перспективе планируется управление потоками сырья, полуфабрикатов, готовой продукции через считывание штрих кодов с передачей информации о движении в MES-систему. В настоящий момент реализован контроль и отслеживание по GPS-трекерам грузового автотранспорта, что позволило сократить как временные, так и материальные издержки
10. Кросс-отраслевая кооперация		Нет данных
11. Цифровое моделирование бизнес-процессов и технологических процессов компании	Managed	Обеспечено партнерство с: - SAP S/4HANA, что позволяет получить цифровые модели бизнес-процессов в едином пространстве; - системой КСУ НСИ, по средствам которой из множества справочников на основе правил и ограничений формируются модели технологических карт и спецификаций (маршрута и состава изделия)
12. Конвергенция цифрового и физического в разрабатываемом продукте		Нет данных

Окончание табл. 1

1	2	3
13.Автоматизированные рабочие места в цехах	Managed	На предприятии используется современное европейское и российское автоматизированное производственное оборудование. Введен в эксплуатацию мощнейший в России кольцепрокатный стан SMS Meer, построен комплекс электрометаллургических печей, завершен проект по увеличению мощностей термической обработки кольцевой продукции, функционирует современный кузнечно-прессовый участок, радиально-ковочная машина, пятикоординатные станки механической обработки, закупается современное оборудование производства порошков. Так же компанией организован и реализован пилотный проект по установке на единицу оборудования системы класса MDC-Foreman
14. Полная информационная модель выпускаемого продукта	Managed	На предприятии проектирование ведется в 3D CAD, модели не дополняются до полной цифровой модели продукта ввиду отсутствия комплектующих и сложных узлов сборки.
15. Аддитивное производство и быстрое прототипирование		Нет данных

Источник: анализ проведен по данным промышленного предприятия ПАО «Русполимет» на основе методики [2] (П. Н. Биленко и др.)

Анализ развития предприятия по ключевым компонентам цифрового производства показывает, что компания находится на стадии перехода от управляемого уровня развития к интегрируемому. Высший менеджмент компании активно вовлечен в процесс цифровизации. Организация внедряет технологии с помощью проектного подхода, процесс тесно скоординирован со стратегическими целями компании. Внедрение программных продуктов планируется синхронизировать с продуктами других систем, а также внедрить решения, разработанные совместно с партнерами.

Искусственный интеллект как цифровое решение для металлургических предприятий

Стратегически предприятия ставят задачи максимально возможного внедрения компонентов концепции «Индустрия 4.0», специфичных и необходимых для конкурентоспособной и эффективной деятельности предприятий металлургической отрасли. Примером может быть внедрение искусственного интеллекта, позволяющего:

- сократить расход сырья;
- оптимально управлять установкой/агрегатом;
- предсказывать события или качество производимой продукции;
- использовать компьютерное зрение и другие.

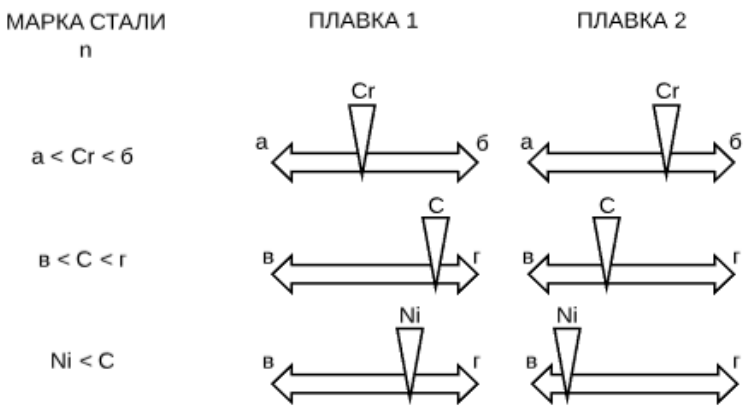

Рисунок 1. Карта диапазонов компонентов шихты
Источник: составлено авторами

Рисунок 2. Сокращение расхода сырья
Источник: составлено авторами

Выплавка стали в металлургии осуществляется на основании норм и нормативов. Конкретной марке стали соответствует целый набор диапазонов содержащихся в ней элементов в соответствии с химическим составом. Например, марка n должна содержать хрома (Cr) от а до б, углерод (C) должен находиться в диапазоне от в до г, а никеля (Ni) должно быть не больше, чем C. *(рис. 1).*

Подобная карта может содержать до нескольких десятков элементов и соответствующих диапазонов. При этом процесс плавления достаточно сложный, химические элементы в нем нелинейным способом влияют друг на друга (часть элементов

преобразуется в шлак, часть выгорает, часть реагирует с другим элементом). Все это зависит не только от заданных нормативов, но и от текущих параметров, например, текущей температуры. Поэтому выплавить две абсолютно идентичные плавки одной марки невозможно. Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что при продаже слитков одной и той же марки стали их себестоимость не равна.

Благодаря возможностям искусственного интеллекта, анализируя множество различных параметров и понимая количество стали на выходе, важно формировать знания о том, сколько каких элементов должно быть использовано, чтобы с одной стороны попасть в заданные технические требования, а с другой – оптимизировать расход ингредиентов *(рис. 2)*.

Таким образом, из рисунка видно, что для выплавки марки стали n по средствам искусственного интеллекта подобраны оптимальное количество и состав сплава, что позволит улучшить качество, сократить издержки, следовательно, снизить себестоимость.

На рисунке 3 представлена схема внедрения цифрового решения для примера, описанного выше. В данном случае цепочка действий охватывает основные этапы внедрения до конечного решения проблемы/задачи металлургического предприятия.

Но необходимо учитывать, что наиболее весомыми и решающими на пути внедрения являются оценка текущего цифрового состояния предприятия, анализ уровня автоматизации, определение готовности персонала к внедрению, оценка рисков, выбор наиболее эффективного для предприятия решения, то есть разработка собственной стратегии цифрового развития и совершенствования.

Стратегия внедрения цифровых решений

Внедрять компоненты концепции «Индустрия 4.0» в металлургии затруднительно. Консервативность данной отрасли обусловлена сложностью производственных процессов, высокими рисками остановки производства или снижения качества продукции, повышенной осторожностью в использовании новых решений. При внедрении компонентов концепции «Индустрия 4.0» предприятие должно достигнуть следующих стратегических целей:

Рисунок 3. Цепочка внедрения цифрового решения
Источник: составлено авторами

- видеть объективную информацию в онлайн- режиме и исключить человеческий фактор в отчетности;
- сокращать сроки производства и повысить управляемость производством;
- работать на опережение в ремонтах и обслуживании оборудования;
- превзойти конкурентов в качестве продукции, кастомизировать продукт, стать максимально гибкой компанией.

В связи с этим в работе предложена стратегия по проработке и реализации цифровых инициатив для предприятия, которая в дальнейшем может применяться и совершенствоваться компаниями по субъективным целям и стратегическим направлениям цифровизации. Для расчетов использованы данные экспертных оценок на примере металлургического предприятия ПАО «Русполимет».

1. Первым шагом является определение подхода. Руководству предприятия необходимо определить способ освоения, разработки и внедрения цифровых инициатив:

- стратегический (направление цифровых инициатив исходит от целей и показателей эффективности компании);
- обратный (цифровые инициативы рассматриваются на уровне самих процессов и агрегируются до портфелей);
- свободный (цифровые инициативы рассматриваются на уровне самих процессов по индивидуальным метрикам).

Так же необходимо определить направленность действий в соответствии с конкретной отраслью, то есть начинать ли с операционных процессов, бизнес-модели или точек контакта с клиентами. В данном случае необходимо начать с операционных процессов. Наибольший удельный вес в себестоимости продукта составляют материальные затраты или затраты на передел, поэтому необходимо рассматривать возможное удешевление некоторых операций, повышение производительности или повышение рациональности в использовании ресурсов.

2. Далее необходимо проведение аудита информационных систем и инфраструктуры металлургического предприятия. С этой целью руководству предприятия необходимо создать проектную группу по внедрению и проработке цифровых решений. Предлагается опросный лист, разработанный компанией ООО «Цифра» [9]. Данный опросник составлен по восьми аспектам с разными степенями оценки *(табл. 2)*.

Данный метод был апробирован авторами, на основе экспертных оценок был получен следующий результат: P = 100/24*15 = 62, 5% (п. 9 таблицы 2, где 15 – это сумма всех полученных баллов по восьми пунктам опроса), что говорит о среднем уровне автоматизации основных производственных процессов. Согласно этому методу, определяются бизнес-процессы, начальный цифровой слой которых готов к дальнейшему анализу. Для перехода на новый уровень цифрового производства и дальнейшего повышения производительности необходимо продолжать внедрение it-решений. Главным образом это касается основного производственного процесса. Таким образом, с помощью оценки аспектов автоматизации возможно проанализировать уже

Таблица 2

Оценка уровня автоматизации предприятия

№	Направление автоматизации	Критерии оценки
1	Планирование работы производственного оборудования	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует – 0.
2	Подготовка отчетности о текущем режиме производства и аналитики по исполнению производственной программы	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует – 0.
3	Накопление и систематизация данных о выполнении планов производства с целью анализа и поиска источников отклонений	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует – 0.
4	Визуализация аналитической информации и КПЭ	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует – 0.
5	Контроль качества продукции в соответствии с технологическими операциями	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует – 0.
6	Контроль перемещения деталей и сборочных единиц (ДСЕ) между складами подразделения по маршруту изготовления	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует– 0
7	Использование цифровых баз знаний: нормативно-справочной информации, инструкций, описания технологий, требований к сырью	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
		ПО отсутствует – 0.
8	Управление заказами: проверка качества поставок,= определение и управление приоритетностью заказов	Реализовано полностью – 3;
		Реализовано частично – 2;
		Нужна замена или доп. ПО – 1;
9	Расчет нормированного уровня ПО, используемого для автоматизации основных производственных процессов,%	$P = \frac{100}{24} \times \sum_{i=1}^{8} ai$
		где ***ai*** – оценка i-го показателя
10	Определение уровня автоматизации основных производственных процессов	«высокий уровень», более 80%;
		«средний уровень», от 50 до 80%
		«низкий уровень», менее 50%

Источник: анализ проведен по данным промышленного предприятия ПАО «Русполимет» на основе подхода в практикуме [9] ООО «Цифра»

имеющиеся информационные системы и оборудование, а также выявить узкие места («черные ящики»), где данные не являются достоверными и прозрачными.

3. На следующем шаге необходимо соотнести те бизнес-процессы, которые определены проектной командой для приоритетной проработки, с результатами полученного выше анализа. Строится матрица бизнес-процессов с указанием их уровня автоматизации. Согласно данному соотношению, определятся приоритетные бизнес-процессы с наивысшей степенью автоматизации. Их проектная команда может прорабатывать в первую очередь. Для «узких» мест определяется необходимость внедрения тех или иных информационных ресурсов и оценивается бюджет.

4. Следующий шаг реализуется компанией самостоятельно или с привлечением сторонних организаций. Прорабатываются сами решения, оценивается их эффективность с точки зрения ресурсов на реализацию и ожидаемого эффекта от внедрения, а также времени на пилотный проект и пуск в промышленную эксплуатацию. В рамках подготовки к переходу к цифровому производству были выбраны 4 решения, которые наилучшим образом могут быть встроены в производственные и бизнес-процессы предприятия.

На данном этапе, имея 4 возможных решения, необходимо с помощью простейших метрик оценить их и выявить наиболее эффективное, пилотный проект которого будет запущен в первую очередь. Представленная модель выбора приоритетных цифровых решений разработана компанией ООО «Цифра» [9]. Метод заключается в оценках проектных аналитиков, технических и экономических служб, с целью получения заключения на основании наивысшей мета-оценки *(табл. 3, 4, 5)*.

Данные таблицы по длительности внедрения получены согласно мнениям внутренних и внешних экспертов; затраты определены как сумма всех издержек, требуемых для благополучного внедрения каждого из решений; размер эффекта от внедрения того или иного решения определен как потенциальные затраты минус потенциальный результат. Результат может быть определен положительной динамикой одного из показателей (снижение себестоимости, рост производительности и пр.). После того, как получены оценки проектных аналитиков, необходимо оценить техническую сторону и получить оценки экономической службы *(табл. 4)*.

Таблица 3

Оценка проектных аналитиков

Описание	Оценка проектных аналитиков		
№ решения	Эффект, млн руб.	Длительность, мес	Затраты, млн руб.
1	157	8	60
2	398	10	132
3	415	18	55
4	277	3	351

Источник: данные таблицы рассчитаны на основе подходов практикума [9] ООО «Цифра»

Таблица 4

Оценка экспертной технической комиссии и экономической службы

Описание	Оценка экспертной технической комиссии					Оценка экономического департамента		
Границы оценки	0-4	0-4	0-2	0-2	0-2	0-10	0-5	0-10
№ решения	Уверенность в успехе	Простота внедрения	Наличие и качество данных	Релевантный опыт	Наследственность	Экономический эффект	Время разработки	Стоимость разработки
1	3	2	1	2	1	2	3	8
2	2	4	2	0	0	6	2	6
3	1	1	0	0	0	8	0	8
4	3	4	0	2	2	4	4	0

Источник: результаты таблицы получены по данным промышленного предприятия ПАО «Русполимет» на основе подходов практикума [9] ООО «Цифра»

Таблица 5

Метрики для оценки экономической службы

Метрика для экономического эффекта		Метрика для времени разработки		Метрика для стоимости разработок	
0	Менее 100 млн руб.	0	Больше 15 месяцев	0	Свыше 250 млн руб.
2	от 100 до 200 млн руб.	1	от 12 до 14 месяцев	2	от 200 до 250 млн руб.
4	от 200 до 300 млн руб.	2	от 9 до 11 месяцев	4	от 150 до 200 млн руб.
6	от 300 до 400 млн руб.	3	от 6 до 8 месяцев	6	от 100 до 150 млн руб.
8	от 400 до 500 млн руб.	4	От 3 до 5 месяцев	8	от 50 до 100 млн руб.
10	свыше 500 млн руб.	5	1–2 месяца	10	менее 50 млн руб.

Источник: практикум [9] ООО «Цифра»

Данные экспертной технической комиссии получены путем опроса по каждому из решений. Рассчитывался средний балл по пяти критериям. При этом определены границы баллов: «уверенность в успехе» – 0–4; «простота внедрения» – 0–4; «наличие и качество данных» – 0–2; «релевантный опыт» – 0–2; «наследственность» – 0–2. Далее с помощью метрик необходимо рассчитать заключение экономической службы *(табл. 5)*.

Согласно данным *таблицы 5,* экономической службе необходимо по метрикам для трех аспектов (экономический эффект, время и стоимость разработки) проставить балл по результатам опросов и расчетов таблицы 3. Например, согласно данным таблицы 3, эффект от внедрения первого решения составит 157 млн. руб., а согласно данным таблицы 5, это попадет в диапазон 2, следовательно, необходимо поставить 2 балла.

После того, как экономическая и техническая службы дали свои оценки, необходимо посчитать результат для каждого решения. Он определяется как отношение суммы баллов по каждому решению к сумме верхних границ бальной оценки из шапки таблицы 4. Таким образом, величина знаменателя будет равна 39 и во всех четырех решениях будет одинакова.

Например, итоговая оценка для решения

$$1 = (3+2+1+2+1+2+3+8) / (4+4+2+2+2+10+5+10) = 62\%.$$

Результат для решения 1, 2 равен 56%, для решения 3 – 46%, для 4 – 49%.

Анализ, согласно данной методике, показал, что решения 1 и 2 являются одинаково эффективными для данной компании.

5. Следующим шагом является пилотный проект решения и его пуск в промышленную эксплуатацию.

На стадии планирования процесса внедрения элементов цифровизации необходимо предупреждать и продумывать пути решения возможных рисковых ситуаций таких, как сопротивление, скептический настрой, низкая заинтересованность персонала, внешнего консалтинга. А также других возможных рисков: пере- или недооценка своей готовности к реализации проектов; технологическая, физическая и организационная неготовность. Благодаря вышеуказанным методам оценки готовности предприятия возможно снизить вероятность появления рисковых ситуаций и наиболее точно оценить текущее состояние, а так же определить эффективный путь тактического и стратегического целеполагания компании.

Заключение

Таким образом, в данной работе проведен анализ основных методов оценки готовности предприятий к «Индустрии 4.0», их развития на примере российского металлургического предприятия. Проанализированы отраслевая специфика и пример одного из решений. Как видно из представленного выше анализа, несмотря на достаточный уровень зрелости компании в рамках оценки развития ключевых компонентов производства, использование моделей оценки зрелости компании и установка целей в соответствии с предлагаемыми моделями может дополнительно повысить управляемость компанией и ее эффективность.

Предложены пошаговая стратегия внедрения цифровых решений с использованием методов оценки автоматизации бизнес-процессов. Начав реализацию стратегии цифровизации, особенно металлургическим предприятиям, необходимо, по нашему мнению, проводить оценку готовности, автоматизации, чистоты данных, разрабатывать не только мероприятия по внедрению компонентов эффективного производства, но и предупреждать возможные риски. Рекомендации по внедрению компонентов концепции «Индустрия 4.0» на предприятиях металлургической отрасли в дальнейшем могут быть расширены и систематизированы.

ИСТОЧНИКИ:

1. Государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28. 07. 17 г. № 1632-р.
2. Биленко П.Н. и др. Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда // Наукоемкие технологии, 2017. – № 7.
3. Захаров В.Я., Трофимов О.В., Фролов В.Г., Каминченко Д.И., Павлова А.А. Оценка и мониторинг эффективности развития сложных экономических систем в соответствии с концепцией Индустрии 4.0 // Финансовая экономика, 2018. – № 7-0.
4. Куприяновский В.П., Добрынин А.П., Синягов С. А., Намиот Д.Е., Уткин Н.А. Трансформация промышленности в цифровой экономике — экосистема и жизненный цикл // International Journal of Open Information Technologies, 2017. – № 1.
5. Сидоренко Ю.А., Фролов В.Г., Павлова А.А. Основные экономические факторы развития автомобильного производства в России в рамках концепции «Индустрия 4.0 // Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы. – СПб.: СПб. политех. ун-т П. Великого, 2017.
6. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – Эксмо, 2016.
7. Шу Г., Андерл Р., Гауземайер Ю., тен Хомпель М., Вальстер В. (и др.) Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний (Acatech исследование). – Munich: Herbert Utz Verlag, 2017.
8. T. von Leipziga, M. Gampa, D. Manza, K. Schöttlea P. Ohlhausena, G. Oosthuizenb, D. Palma, K. von Leipzig Initialising customer-orientated digital transformation in enterprises // 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 2017.
9. Цифровое производство: онлайн-практикум. Stepik.org. [Электронный ресурс]. URL: https://stepik.org/course/51094/syllabus.

REFERENCES:

Bilenko P.N. i dr. (2017). *Kompleksnaya otsenka razvitiya predpriyatiya kak instrument povysheniya proizvoditelnosti truda* [Comprehensive assessment of enterprise development as a tool to increase labor productivity]. *Naukoemkie tekhnologii. 18* (7). (in Russian).

Kupriyanovskiy V.P., Dobrynin A.P., Sinyagov S. A., Namiot D.E., Utkin N.A. (2017). *Transformatsiya promyshlennosti v tsifrovoy ekonomike – ekosistema i zhiznennyy tsikl* [Industries transformation in the digital economy – the ecosystem and life cycle]. *International Journal of Open Information Technologies. 5* (1). (in Russian).

Shu G., Anderl R., Gauzemayer Yu., ten Khompel M., Valster V. (i dr.) (2017). *Indeks zrelosti Industrii 4.0 – Upravlenie tsifrovym preobrazovaniem kompaniy (Acatech issledovanie)* [Index of the maturity of the Industry 4.0 – the digital transformation of companies (acatech study)] Munich: Herbert Utz Verlag. (in Russian).

Shvab K. (2016). *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya* [The fourth industrial revolution] Eksmo. (in Russian).

Sidorenko Yu.A., Frolov V.G., Pavlova A.A. (2017). *Osnovnye ekonomicheskie faktory razvitiya avtomobilnogo proizvodstva v Rossii v ramkakh kontseptsii «Industriya 4.0»* [Key economic factors development of automobile production in Russia within the concept of "industry 4.0"] SPb.: SPb. politekh. un-t P. Velikogo. (in Russian).

T. von Leipziga, M. Gampa, D. Manza, K. Schöttlea P. Ohlhausena, G. Oosthuizenb, D. Palma, K. von Leipzig (2017). *Initialising customer-orientated digital transformation in enterprises 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing.*

Zakharov V.Ya., Trofimov O.V., Frolov V.G., Kaminchenko D.I., Pavlova A.A. (2018). *Otsenka i monitoring effektivnosti razvitiya slozhnyh ekonomicheskikh sistem v sootvetstvii s kontseptsiey Industrii 4.0*[Assessment and monitoring of efficiency of development of complex economic systems in accordance with the concept of Industry 4.0]. *Financial economics*. (7-0). (in Russian).