

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА — ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Аннотация

Концепция Industry 4.0 получила глобальное распространение в рамках инициативы German Industrie 4.0 и преподлагает сценарий четвертой промышленной революции, которая привнесла ИКТ (информационные и коммуникационные технологии) в производство, нацеленное на развитие интеллектуальных фабрик на основе интегрированных производственных систем. Помимо технологической перспективы, Industry 4.0 можно использовать как совокупный термин для технологий и концепций организации це-

почки создания стоимости. В результате мировые процессы характеризующиеся высокой гибкостью и динамичностью, позволяют индивидуализировать массовое производство в отраслях промышленности. На базе модульно структурированных интеллектуальных фабрик киберфизические системы (CPS) отслеживают физические процессы, создается виртуальное представление о физическом мире и принимаются необходимые решения. Традиционная структура пирамиды автоматизации и границ ИТ / ОТ (Информационные технологии / Операционные технологии) размыта, CPS обеспечивает новые средства связи и взаимодействия между устройствами, производственными активами и информационными системами в режиме реального времени. Через портал интернет услуг (IoS) заинтересованные стороны используют как внутренние, так и межорганизационные услуги в цепочке создания стоимости.

Ключевые слова

Цифровое производство, цифровой клон, Индустрия 4.0, горнодобывающее предприятие цифровая платформа.

M. A. Komissarova, I. N. Storozhuk

TRANSFORMATION OF BRANCHES OF NATIONAL ECONOMY — DIGITAL PLATFORMS

Введение

Среди различных определений Индустрия 4.0 существует общее понимание того, что кибер-физические системы (CPS), интернет вещей (IoT), анализ баз данных и интернет услуг (IoS) являются основными компонентами, которые воплощают Индустрию 4.0. Помимо технологической перспективы Индустрия 4.0 можно понимать как совокупный термин для технологий и концепций организации цепочки создания стоимости [3]. В результате специфики 2020 г. в промышленных отраслях во всем мире стали развиваться процессы, которые необходимо было изменить, позволяя индивидуализировать массовое производство [4].

Регионы и государства разработали свои собственные программы для достижения пятой революции. Например, правительство Германии и Европейский союз (ЕС) продвигают программу «Индустрия 4.0» [5], в то время как в Соединенных Штатах коалиция «Умное производство» (SMLC) является основной инициативой [6]. Другие важные страны-производители, такие как Япония и Ко-

рея, также создали национальные программы по умному производству.

В рамках модульно структурированных интеллектуальных фабрик киберфизических систем (CPS), отслеживающих физические процессы производства вещей, были созданы имитационные модели виртуального представления физического мира для принятия решений. Традиционная структура пирамиды автоматизации и границ ИТ / ОТ (Информационные технологии / Операционные технологии) стала максимальной размытой, CPS позволило обеспечить новые средства связи и коммуникации между устройствами, производственными активами и информационными системами в организованном и децентрализованном режиме в режиме реального времени. Через интернет услуг (IoS) заинтересованные стороны цепочки производства предлагают и используют как внутренние, так и межорганизационные услуги.

Первые шаги к цифровизации российской промышленности были сделаны в 2014 г. рабочей группой «Индустрия 4.0». Были представлены: концепция,

особенности интеграции, приоритетные области для действий и примеры реализации сценария четвертой промышленной революции. Тем не менее по-прежнему существуют проблемы на пути его правильной реализации. Среди них: сложность концепции Индустрии 4.0, которая представляется не совсем понятной руководителям компаний; отсутствие подробной дорожной карты, необходимость стратегического руководства и четких деталей реализации; большие инвестиции в ИТ, необходимые для достижения вертикальной и горизонтальной интеграции, неопределенность в отношении результатов, а также степень зрелость и возможности компаний.

Методы

В результате широкого внедрения процесса оцифровки системы управления производственной системой возникает целый ряд проблем в области управления материальными потоками, машинами, механизмами, а также проблемам интеграции, которые начали возникать в процессе производства, поскольку машины и устройства уже не изолированы, а являются частями системы, где все компоненты эффективно скоординированы.

Для решения проблем интеграции компьютерно-интегрированные производственные системы (CIMS) начинают широко применяться различными предприятиями и корпорациями. В этом контексте предприятие Chenetal [9] изучив перспективы и возможности интегрированного и интеллектуального производства, пришло к выводу о начале периода «Расширяющихся возможностей» — данное заключение было сделано с помощью технологий IoT (интернета вещей) и CPS, которые позволяют производить интеграцию более открыто с привлечением значительного количества отраслей экономики, включая три уровня интеграции в производстве: вертикальная, горизонтальная и сквозная интеграция [10].

Согласно мнению ряда зарубежных ученых [1, 2, 6], интеллектуальные производственные платформы являются инструментами для реализации интеллектуальных производственных технологий. При этом ряд французских предприятий [7] демонстрируют инновационный подход к пониманию стратегии Индустрии 4.0 для производственных систем, основанный на концепции «цифровая фабрика». Особое внимание в «цифровой фабрике» уделяется технологиям, таким как IoT, IoS, системная интеграция и кибер-физическая производственная система (CPPS). Представленная концепция в значительной степени опирается на распределенные вычисления как основную концепцию Индустрии 4.0, в отличие от наиболее распространенных производственных сред, которые централизованы. Авторы объясняют связь между технологиями и стандартами с ролью RAMI 4.0 и ее важностью в руководстве ростом CPPS.

Другим технологическим аспектом является облачное производство, которое относится к усовершенствованной производственной модели при поддержке облачных вычислений, IoT, виртуализации и сервис-ориентированных технологий. Он охватывает весь жизненный цикл продукта, начиная с его проектирования, моделирования, производства, тестирования и обслуживания, с целью предоставления производственных услуг по требованию из облака.

Рассмотрим технологическую перспективу, первым шагом в исследовании которой является представление о том, какие технологические факторы делают возможным развитие платформ цифрового производства. Основные характеристики платформы IoT хорошо изучены, учитывая опыт разработчиков, и поиск сосредоточен на основных участниках информационных технологий (ИТ), которые предоставляют прикладные платформы поддержки для горизонтальных доменов, охватывающие возможности

подключения, сбора данных, хранения данных, мониторинга устройств, анализ данных и возможности визуализации данных. Поскольку объем научных разработок в этой области пока невелик, источниками данных в исследованиях были в основном веб-источники и документы поставщиков ИТ-услуг отечественных и зарубежных ИТ-компаний, представленных на рынке России. В исследование были также включены мелкие и специализированные поставщики IoT (цифровых) платформ.

Следующим этапом данного исследования был поиск и анализ производственных платформ, в частности изучение и понимание разработки концепции цифровых производственных платформ. Источниками были как исследовательские работы, так и документы, разработанные Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации в рамках реализации Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.», в том числе с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере.

Правительством Российской Федерации на базе программы «Цифровая экономика Российской Федерации» сформирована национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 04.06.2019 № 7. Таким образом, влияние разработки политики цифровизации с помощью данной стратегии оказало заметное влияние на изучаемую проблематику.

Следующим этапом стало получение исследовательских инициатив и основных результатов на базе программы

«Цифровая экономика Российской Федерации» в отношении платформ цифрового производства. В этом случае основными источниками информации были веб-источники, содержащие документы Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации и отечественные исследовательские проекты. Исследование и поиск были сосредоточены на российских исследованиях и инновациях в рамках направлений, включенных в программу «Цифровая экономика Российской Федерации», связанных с цифровым производством.

Последний этап исследования включает стратегию и подход, применяемый поставщиками промышленного оборудования и иными предприятиями машиностроительной отрасли.

Результаты

Платформа IoT — это промежуточное ПО между устройствами IoT и шлюзами IoT, с одной стороны, и приложениями, с другой. Платформа IoT позволяет создавать приложения, а также называется платформой поддержки приложений. Основные функции и возможности платформы IoT находятся на уровне подключения и управления сетью, управления устройствами, сбора данных, безопасности, обработки событий, мониторинга, анализа, визуализации, интеграции, хранения и поддержки приложений.

Существует несколько поставщиков с различными архитектурами, способами подключения и управления устройствами IoT, возможностями для управления и анализа данных, возможностями для создания приложений и возможностями значительного использования IoT для любого конкретного случая использования IoT в контексте потребителя, корпоративные приложения IoT являются приложениями, разработанными для программного обеспечения, используемого для внедрения Industrial IoT или Индустрии 4.0.

На ранних этапах оцифровки отраслей экономики России, на базе внедрения Индустрии 2.0. и Индустрии 3.0, были разработаны и внедрены системы удаленного мониторинга машин (СУММ), которые являются производителями программных продуктов, разработанными для того, чтобы их клиенты могли контролировать свое оборудование в цехах. Система Digital Design была пионером в области решения СУММ, которая позволило клиентам контролировать свои машины по локальной сети или через интернет. Было разработано решение под названием Автоматизация ТОиР, стандарте доступа к данным станков [11]. Появление интернета вещей в промышленном секторе подтолкнуло использование сбора информации на основе датчиков для решения их ключевых проблем, связанных, прежде всего, с простоями машин и задержками процессов.

Таким образом, мониторинг машин и основного технологического оборудования развивается в направлении мониторинга состояния, что является практикой мониторинга оборудования, обычно с помощью внешних датчиков, для сбора необходимых данных для диагностики. Для достижения этой цели системы сбора данных и регистраторы данных используются для мониторинга всех видов промышленного оборудования и устройств. В журнале Research & Markets, опубликованном в 2017 г., говорится, что рынок мониторинга состояния составляет почти 11 млрд долл. для заводов и производителей оборудования. Dell, Caterpillar, Microsoft, IBM, General Electric и Siemens, среди прочих, являются лидерами отрасли, названными в исследовании.

Цифровые производственные платформы позволяют предоставлять производственные услуги в широком смысле. Цифровые платформы предоставляют услуги, которые можно использовать для сбора, хранения, обработки и доставки данных. Эти данные

описывают весь спектр производственных процессов, который включает в себя производимый продукт, производственный процесс, производственные активы, работника и всю стоимость работы. В целом цифровая платформа для производственных предприятий может обеспечить любое «цифровое» расширение функциональных возможностей для физических активов за счет внедрения технологий СУММ. Цифровые платформы играют решающую роль в реализации прикладных сценариев цифрового производства. Все услуги направлены на оптимизацию производства с разных точек зрения, таких как: эффективность, доступность, качество, производительность, гибкость и т. д.

Цифровые платформы могут быть размещены на облачных носителях или в гибридной архитектуре. Тем не менее упор на продуктивную среду включает в себя необходимость соглашений о промышленных интерфейсах и протоколах связи, позволяющих обобщить модели данных, семантические модели с заданной функциональной совместимостью данных.

Платформа цифрового производства является частью многоуровневой архитектуры, объединяющей набор функций или программных служб, которые могут быть реализованы с помощью различных технологий с использованием интерфейсов и предоставлением данных, доступных для использования приложения внешними пользователями информации — акционерами и инвесторами.

Цифровая производственная платформа включает в себя три основных элемента.

1. Аспект сообщества, который воплощает экосистему пользователей в социальной сети, связанной друг с другом. В этом сообществе есть рынок, где предложение и спрос могут быть сопоставлены. Некоторые пользователи являются поставщиками услуг, их сырьем являются данные, а предлагаемый про-

дукт обычно представляет собой программное приложение в качестве услуги, основанной на дополнительных данных. Создание стоимости опирается на надежную технологическую инфраструктуру, и это второй аспект.

2. Инфраструктурный аспект платформы цифрового производства позволяет пользователям и партнерам разрабатывать приложения и создавать услуги на основе дополнительных данных. Возможность разработки и развертывания программных приложений на платформе является основной проблемой для развития растущей экосистемы потребителей и производителей услуг, управляемых данными. Инфраструктура является основным уровнем, стимулирующим цифровую экономику в сфере производства, и для этого необходимо быть открытой инфраструктурой, способной интегрировать и разблокировать технологии и системы.

3. Последний аспект — это роль данных. Данные являются сырьем для цифровых производственных платформ, предоставляемых системами управления предприятием, промышленными активами, устройствами и датчиками, и их необходимо обменивать, получать к ним доступ и обрабатывать надлежащим образом. Результаты этого процесса будут создаваться и использоваться разрешенными пользователями платформы. Кроме того, экосистема платформ цифрового производства состоит из четырех типов игроков. Это владельцы платформ, отвечающих за управление, поставщики, которые взаимодействуют с пользователями, производители, которые создают свои предложения, и потребители.

Обсуждение

Поскольку восприятие значения данных приобретает все большее значение при создании глобальной стоимости, IDS (международные пространства данных) посвящены формированию основ для экосистем данных и рынков, основанных на принципах доверия и сувере-

нитета данных, что гарантируется создателям данных, в отношении того, кто использует их данные, как долго, для какого применения, сколько раз и в соответствии с текущими условиями деятельности [12].

В дополнение к действиям ведущих поставщиков ИТ, промышленных корпораций (Siemens, GE и т. д.) и инициативам в области НИОКР, производители станков стремятся преобразовать свой бизнес в цифровой виде. Так, используя данные, полученные из создаваемых ими станков, они разрабатывают прогнозирующие и предписывающие решения для клиентов, улучшая производительность обработки, здоровье и безопасность, энергоэффективность, интеграцию бизнес-областей и т. д. Их предложение включает в себя программное обеспечение для управления производством, мониторинга машин и цехов, технической поддержки и т. д.

Обычно для определения решения с клиентом необходимы консультативные услуги по технологиям с глобальным предложением. Поэтому поставщики промышленного оборудования сотрудничают с ИТ-консалтинговыми компаниями.

Ведущие мировые производители станков все больше вкладывают средства в цифровые платформы, чтобы предоставить своим клиентам комплексное решение. Mori с CELOS [13] реализует последовательную стратегию, начиная с машины CELOS, от производства CELOS до цифровой фабрики. DMG Mori начал с CELOS — системы управления и контроля, основанной на данных приложениях. При поддержке ADAMOS [13] CELOS может стать открытой сетью и цифровым рынком для машиностроения. ADAMOS использует инфраструктуру Microsoft Azure.

Машины Homag давно подключены к заводскому уровню, у них даже есть собственная система MES. Они начали с собственной цифровой платформы, которая подключала их к обла-

ку. Теперь это открытая платформа (Tapio), интегрированная в ADAMOS. NomagGroup предлагает своим клиентам решения для оцифрованного производства с полной программной платформой. Они предлагают услуги в области машин и производственных мощностей, в дополнение к соответствующему управляющему программному обеспечению. Bosch Connected Industry объединяет программное обеспечение и услуги для Индустрии 4.0 в обширное портфолио под названием Nexeed.

Siemens Mindsphere — облачная открытая операционная система IoT от Siemens, которая связывает продукты, установки, системы и машины, позволяя использовать обширный объем данных, генерируемых Internet of Things, с помощью расширенной аналитики.

Выводы

Разработка платформ цифрового производства находится на стадии стремительного развития, но поддерживается в зрелом IoT-пространстве. В связи с широким охватом этой концепции потребовалось определение и разработка эталонной реализации Индустрии 4.0. В нынешнем контексте построения платформ речь идет не о том, чтобы делать выбор для тех, кто внедряет платформу, а о том, как планировать постепенную дорожную карту в направлении цифрового преобразования. В этом смысле открытость технологической архитектуры необходима, когда современные технологии, касающиеся IoT, искусственного интеллекта, роботехники, облачных или «больших» данных, будут повторно использоваться и интегрироваться с интерфейсами, описанными в открытых спецификациях. Платформы должны стремиться к открытости, избегать блокировок, предотвращать доминирующее положение отдельных игроков и соблюдать стандарты и правила. Кроме того, открытость платформы цифрового производства является серьезной проблемой, позволяющей цифро-

вым экосистемам стать платформой поддержки приложений.

Преимущества четвертой промышленной революции должны быть применимы для компаний в той мере, в которой технологические достижения становятся реальностью. Определение и поддержка новых бизнес-моделей, масштаб данных будут следующей большой проблемой в отношении цифровых платформ. Все эти вопросы формируют широкий спектр задач для будущего изучения в цифровых производственных платформах.

Библиографический список

1. Ван, К. Система интеллектуального прогнозного обслуживания (IPdM) — сценарий «Индустрия 4.0» // WIT. — 2016. — № 113. — С. 259–268.
2. Мюллер, Ж. М., Булига, О., Фойгт, К. И. Фортуна одобряет подготовленное: как МСП подходят к инновациям бизнес-модели в индустрии 4.0 // Technol. Прогноз. Soc. Чанг. — 2018. — № 132. — С. 2–7.
3. Герман, М., Пентек, Т., Отто, Б. Принципы проектирования сценариев промышленного производства 4.0 // IEEE 2016 : 49-я Гавайская междунар. конф. по системным наукам (HICSS). — Колоа, HI, 2016. — С. 3928–3937.
4. Тобен, К. Д., Wiesner, S., Wuest, T. Industrie 4.0 и Smart Manufacturing — обзор проблем исследования и примеры применения // International Journal of Autom. Technologies. — 2017. — № 11. — С. 4–16.
5. Кагерманн, Х., Helbig, J., Хеллингер, А., Wahlster, W. Рекомендации по реализации стратегической инициативы INDUSTRIE 4.0: Обеспечение будущего немецкой обрабатывающей промышленности / Заключительный отчет рабочей группы Industrie 4.0. — Берлин, 2013.
6. Чен, Ю. Интегрированное и интеллектуальное производство: перспек-

тивы и возможности // Машиностроение. — 2017. — № 3. — С. 588–595.

7. GE Digital. Predix: промышленная интернет-платформа. — Boston, 2016.

8. Технологическая платформа ThingWorx IoT. — Needham : PTC.

9. Feuer, Z., Вайсман, З. Умная фабрика — фабрика будущего.

10. Alcacer, V., Круз-Мачадо, В. Сканирование промышленности 4.0: обзор литературы по технологиям для производственных систем // Engineering Science Technologies International Journal. — 2019. — № 22. — С. 899–919.

11. Автоматизация технического обслуживания и ремонта [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://digdes.ru>.

12. Комиссарова, М. А. Цифровые производственные платформы в индустрии 4.0 горнодобывающего предприятия // Кластеризация цифровой экономики: глобальные вызовы : сб. трудов нац. науч.-практ. конф. с зарубеж. участием : в 2-х т. — 2020. — С. 112–118.

13. SIEMENS. MindSphere is the leading industrial IoT as a service solution that uses advanced analytics and AI to power IoT solutions from the edge to the cloud [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://new.siemens.com>.

Bibliographic list

1. Wang, K. Intelligent predictive maintenance (of IPPM) — script «Industry 4.0» // VIT. — 2016. — № 113. — P. 259–268.

2. Mueller, John. M., Buliga, O., Voigt, K. I. Fortuna endorsed training toulenne: how SMEs approach the innovation of business models in Industry 4.0 // Technology. Forecast. Soc. Chang. — 2018. — № 132. — P. 2–7.

3. Herman, M., Pentek, T., Otto, B. Principles of designing industrial production scenarios 4.0 // IEEE Standards 2016: 49th Hawaiian International Conference on

Systems Sciences (HICSS). — Koloa, HI, 2016. P. 3928–3937.

4. Toben, K. D., Wiesner, S., Wuest, T. Industry 4.0 and Smart Manufacturing-review of research problems and application examples // International Journal of Autom. Technologies. — 2017. — № 11. — P. 4–16.

5. Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., Wahlster, W. Recommendations for implementation of strategic initiative of Industry 4.0: Ensuring the future of German manufacturing industry / Final report of Industry 4.0 Working Group. — Berlin, 2013.

6. Chen, Yu. Integrated and intellectual production: prospects and opportunities // Mechanical engineering. — 2017. — № 3. — P. 588–595.

7. GE Digital. Predix: an industrial Internet platform. — Boston, 2016.

8. ThingWorx IoT technology platform. — Needham : PTK.

9. Feyer, Z., Weissman, Z. Smart factory — factory of future.

10. Alcacer, V., Cruz-Machado, V. Scanning Industry 4.0: a review of literature on technologies for production systems // Science-intensive technologies Engineering International Journal. — 2019. — № 22. — P. 899–919.

11. Automation of maintenance and repair [Electronic resource]. — Mode of access : <https://digdes.ru>.

12. Komissarova, M. A. Digital production platforms in Industry 4.0 of the mining enterprise // Clusterization of digital economy: global challenges : proceedings of national scient.-pract. conf. with abroad. participation : in 2 vol. — 2020. — P. 112–118.

13. SIEMENS. MindSphere is leading industrial IoT as service solution that uses advanced analytics and artificial intelligence to power IoT solutions from the edge to the cloud [Electronic resource]. — Mode of access : <https://new.siemens.com>.