

У ИСТОКОВ «ИНДУСТРИИ 4.0»: КАК РАЗВИВАЕТСЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ГЕРМАНИИ

ДМИТРИЙ ШВЕЦОВ
shvetsov@prosoft.ru

Известно, что концепция «Индустрия 4.0» изначально была сформулирована в Германии — как стратегия развития обрабатывающей промышленности. В статье рассмотрены влияние данной концепции на немецкую и мировую экономику и современное производство, новые бизнес-стратегии, а также роль облачных платформ (CPS).

Первая промышленная революция была основана на использовании воды и пара, движущей силой второй стало электричество, а ключевым элементом третьей послужила ЭВМ. Сейчас мы находимся в начале четвертого этапа — «Индустрии 4.0», связанной с внедрением «Интернета вещей» (Internet of things, IoT). Термин IoT изначально предназначался для рекламирования RFID-меток, однако теперь имеет гораздо более широкий смысл — подразумеваемая вычислительная сеть физических объектов, которые взаимодействуют с уникальными или виртуальными идентификаторами и позволяют осуществлять обмен данными между всеми компонентами системы производства, а также с внешней средой. В связи с продвижением таких технологий во многих странах появились проекты по развитию промышленности. Так, в Германии была сформулирована стратегия «High Tech Strategy 2020 Action Plan», три варианта которой были опубликованы в 2006, 2010 и 2012 гг. [1]. Полной интернетизации промышленности немецкие предприятия планируют достичь к 2030 г. Существует и другая модель новой промышленной реальности — американская, где во главу угла ставится «Интернет вещей» в широком понимании, т. е. применимый по отношению к любым активам, не только производственным, и не ограниченный обрабатывающей промышленностью. В таком случае вопросы стандартизации, совместимости и безопасности предполагается решить в будущем [2].

Ведущая позиция Германии в области обрабатывающей промышленности, производства оборудования и машиностроения позволила ей стать центром развития «Индустрии 4.0». Научные исследования, разработка технологий производства и систем управления способствуют формированию нового подхода к индустриализации. Основные принципы «Индустрии 4.0» можно сформулировать следующим образом [3]:

1. Функциональная совместимость. Киберфизические системы (носители обрабатываемых деталей, сборочных станций и продуктов), люди и «умные» производства должны иметь возможность общаться посредством «Интернета вещей» и интернет-услуг.
2. Виртуализация. «Умный» завод должен иметь виртуальную копию (т. н. цифрового двойника), созданную посредством связывания данных от датчиков (получаемых в ходе мониторинга физических процессов) с виртуальными имитационными моделями производства.
3. Децентрализация. Киберфизические системы должны быть способны принимать собственные решения в рамках «умных» производств.
4. Функционирование в режиме реального времени. Сбор и анализ данных должны происходить в реальном времени, с мгновенной выдачей результатов.
5. Ориентация на услуги. Киберфизические системы, люди и «умные» заводы должны иметь возможность оказывать услуги через Интернет.

6. Модульность. «Умным» заводам необходима гибкая адаптация к изменяющимся требованиям — путем замены или расширения отдельных модулей.

«ИНДУСТРИЯ 4.0» СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

По мере внедрения «Интернета вещей» начнут появляться глобальные сети, которые объединят машины, системы управления и хранения, а также производственные мощности «умных» заводов. Условная модель будущего интеллектуального предприятия представлена на рис. 1. Все объекты, включенные в общую сеть, могут обмениваться данными, инициировать те или иные действия и управлять друг другом. Это позволяет упростить модернизацию производственных процессов, проектирования, цепочки поставок, использования материалов и управления жизненным циклом. Также «Индустрия 4.0» дает возможность повысить качество, гибкость и надежность всей работы предприятия.

В основе четвертой промышленной революции лежат «умные» заводы. На таких предприятиях можно реализовать производственные процессы любой сложности, при этом сведя к минимуму риск сбоев и обеспечив эффективное создание «умных» продуктов. Одной из важных составляющих подобных производств являются беспроводные сети, которые охватывают все процессы, машины, ресурсы и сотрудников, а также позволяют наладить обмен данными между компаниями.

В рамках нового производства «умные» продукты можно точ-

но идентифицировать, узнать их текущее состояние, какие производственные процессы они уже прошли, а какие только предстоят — во всех подробностях. В зависимости от полученной информации «умные» заводы выстраивают маршрут следования продукта и работу оборудования. Такой подход позволяет обеспечить мобильность и улучшить логистику.

Благодаря глобальным сетям «умные» продукты можно будет отслеживать в течение всего цикла производства в режиме реального времени. В некоторых случаях они даже смогут практически автономно контролировать процесс своего производства, обеспечивая оптимизацию данных этапов с точки зрения логистики, обслуживания и интеграции с остальными процессами предприятия. Также в дальнейшем в любой момент можно будет интегрировать в «умную» продукцию некоторые сервисные функции и задать специфические параметры конструкции, формирования заказа, планирования производства, эксплуатации и утилизации, что особенно важно при выпуске небольших партий товара.

«Умные» предприятия будут способны учитывать индивидуальные требования заказчиков, в любую минуту меняя режим работы производства и быстро реагируя на сбои в работе поставщиков. Полная прозрачность производственных про-



Рис. 1. ◀
Модель узла сети «умного» предприятия

цессов позволяет принимать оптимальные решения и создавать новые бизнес-модели.

Важно отметить, что на интеллектуальных производствах работники будут освобождены от необходимости выполнять рутинные задачи за счет возможности контролировать производственные процессы и управлять ими через сети. Специалисты смогут уделить больше внимания профессиональному развитию и более творческим заданиям. При этом больше будут востребованы пожилые сотрудники в связи с нехваткой квалифицированных работников, знакомых с производством. Гибкая организа-

ция производства также будет способствовать более эффективному сочетанию работы и качества жизни сотрудников.

Также для внедрения «Индустрии 4.0» необходимо развивать сетевую инфраструктуру, увеличивать пропускную способность для ресурсоемких приложений и повышать качество обслуживания сети, особенно в тех случаях, когда время выполнения задачи критически важно. Возможный вариант построения глобальных сетей на «умном» предприятии с указанием связей между интеллектуальными объектами и службами приведен на рис. 2.

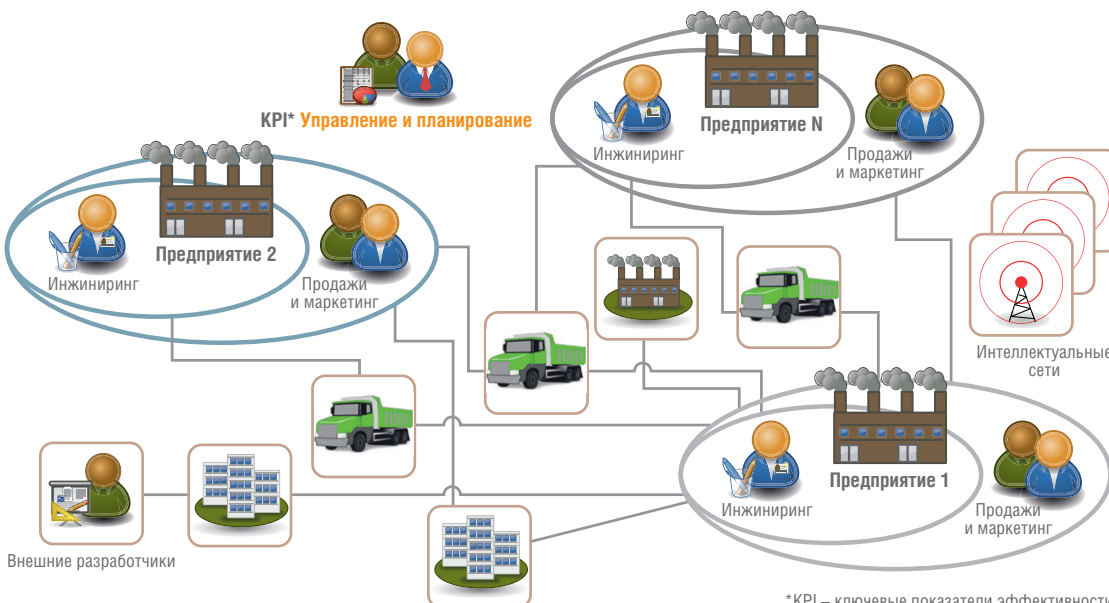


Рис. 2. ◀
Архитектура сети «умных» предприятий и управления ими

*KPI – ключевые показатели эффективности.

Реализовать все перечисленные выше технологии можно на основе облачной платформы (Cloud Platform System, CPS). Рассмотрим ее преимущества подробнее.

СЕРВИСНЫЕ CPS-ПЛАТФОРМЫ

CPS-платформа — это решение типа «облако в коробке», предназначенное для поддержки процессов предприятия и объединяющих их сетей. С помощью приложений, предоставленных этой платформой, можно будет обеспечить надежную связь между сотрудниками, объектами и системами. Такие приложения предусматривают [4]:

- гибкость, производительность и простоту использования разработанных сервисов;
- легкое развертывание модели бизнес-процессов напрямую из App Store;
- комплексное, безопасное и надежное резервное копирование всех бизнес-процессов;
- безопасность и надежность всего производственного процесса — от датчиков до пользовательских сетей;
- поддержку мобильных платформ и устройств;

- поддержку совместного производства, процессов обслуживания, анализа и прогнозирования в сетях.

При оркестровке разработки сервисов и приложений на CPS-платформах необходимо учитывать требования вертикальной и горизонтальной интеграции. При этом в рамках «Индустрии 4.0» оркестровка имеет более широкий смысл, чем в случае веб-сервисов: создание общих служб и приложений должно быть частью совместной работы компаний. Условный вариант построения глобальных сетей на базе CPS-платформы с обеспечением связи между интеллектуальными объектами представлен на рис. 3.

Во время оркестровки и последующей реализации производственных и сервисных процессов требуется также учитывать вопросы безопасности, надежности, удобства использования, анализа данных в реальном времени и построения прогнозов. Это позволит решить и проблемы, связанные с огромным количеством источников данных и конечных устройств. Что касается моделирования, то будут разработаны приложения и услуги для CPS-платформ, которые предусматривают изменение функциональности, кластериза-

цию и взаимодействие между службами предприятий. При совместной работе нескольких компаний также потребуются эталонная архитектура, учитывающая перспективы развития промышленности. Гарантировать безопасный обмен информацией будет эффективная и надежная сетевая инфраструктура с широкополосной связью.

НОВЫЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ

Переход к «Индустрии 4.0» влечет за собой формирование новых моделей бизнеса и партнерских взаимоотношений. Эти модели обеспечат доступ малого и среднего бизнеса к дополнительным услугам и программным лицензиям, а также позволят компаниям более гибко организовать ценообразование — с учетом соглашений об уровне обслуживания, сетевом взаимодействии и сотрудничестве клиентов и конкурентов с их партнерами. Благодаря такому подходу станет возможным создание бизнес-сетей, в которых доходы справедливо распределяются между всеми участниками цепочки создания стоимости и при этом все партнеры выполняют расширенные нормативные требования к продукции и производству (например, направленные на сокращение выбросов углекислого газа).

Объединение нескольких предприятий в общую сеть также обусловлено сценариями «Индустрии 4.0», такими как создание сетевого производства, самоорганизующейся адаптивной логистики и клиент-интегрированного машиностроения. Приняв эти меры, можно будет решить проблемы, связанные с финансированием, разработкой, надежностью, ответственностью и защитой IP-адресов. Для отслеживания соблюдения договорных и нормативно-правовых условий будут обеспечены подробный мониторинг и документирование всех этапов бизнес-процессов в режиме реального времени. В случае предоставления индивидуальных услуг также требуется соблюдение гарантированных и указанных в лицензии срок службы и предоставление приемлемых условий работы для привлечения новых партнеров, особенно из малого и среднего бизнеса.

Все указанные характеристики новых бизнес-моделей могут при-

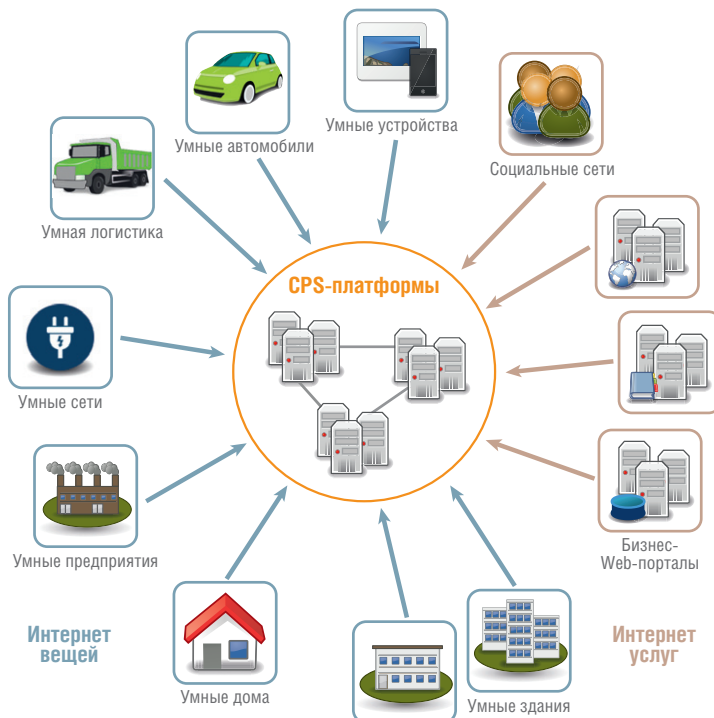


РИС. 3. ► CPS-платформы и взаимные связи между интеллектуальными интернет-объектами

вести к непредсказуемым изменениям мировой экономики и высокодинамичной трансформации рынка. Новые технологии могут оказать разрушительное влияние на правовые вопросы (касающиеся, например, важных корпоративных данных и их защиты, ответственности, торговых ограничений и т. д.), поэтому требуется проверять соответствие всех разработок закону и до, и во время внедрения. Кроме того, не менее важную роль в «Индустрии 4.0» играют защита узлов сети и общая безопасность — обеспечить ее только на уровне отдельных компонентов будет недостаточно.

КАДРОВЫЙ ВОПРОС

«Индустрия 4.0» окажет влияние и на социальную организацию труда. Уже сейчас в некоторых отраслях промышленности не хватает молодых и квалифицированных сотрудников — особенно актуальна эта проблема для таких стран, как Германия, где очень высок процент старого населения (второе место в мире), а средний возраст работников производств составляет 40–45 лет. Чтобы демографические изменения прошли как можно более гладко и это не сказалось на производительности сотрудников, в Германии планируют эффективно использовать существующие резервы рынка труда — например, увеличив долю женщин и пожилых людей в сфере занятости. Ведь, по данным исследований, производительность человека зависит не от возраста или пола, а от организации рабочих мест и того, в каком положении сотрудник выполняет свои обязанности. Чтобы обеспечить высокую производительность, необходимо также контролировать и при необходимости изменять здравоохранение, обучение, модель карьерного роста и структуру команд. Для этого требуется трансформировать и систему образования. Таким образом, влияние на конкурентоспособность немецких компаний в рамках «Индустрии 4.0» окажут не только юридические и технические факторы, но и организация социальной инфраструктуры.

Изменится и отношение человека к технологиям и окружающей среде, ведь появится возможность выполнять работу на заводе удаленно, с помощью виртуальных рабочих

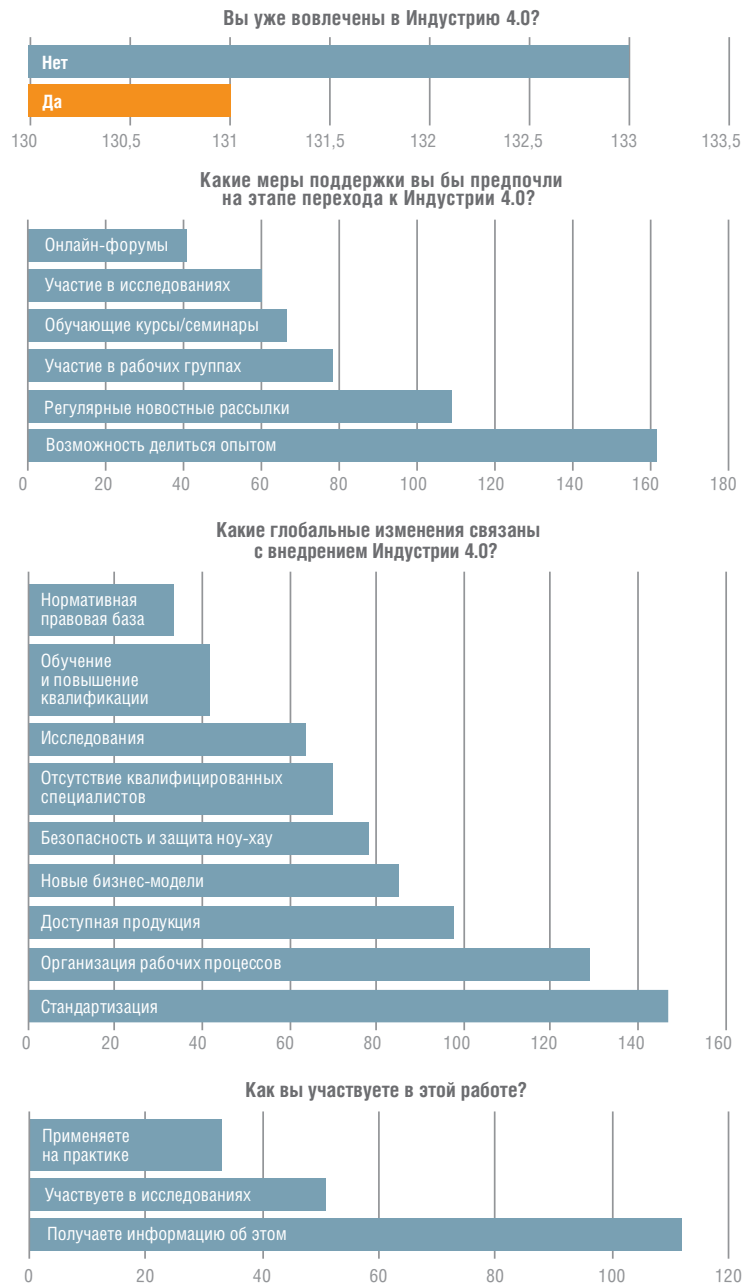


РИС. 4. Результаты исследования перспектив развития «Индустрии 4.0» в Германии

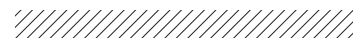
мест и мобильных устройств с удобными мультимодальными интерфейсами. Не менее важное значение будут иметь проектные модели с высокой степенью саморегуляции и управленческими решениями: сотрудники смогут свободнее принимать собственные решения, регулировать свою нагрузку и активнее участвовать в производстве.

ПУТЬ К «ИНДУСТРИИ 4.0»

Несколько лет назад профессиональные ассоциации BITKOM, DMA

и ZVEI¹ провели опрос немецких производителей на тему перспектив «Индустрии 4.0»: около 47% респондентов заявили, что они уже активно используют новые технологии, 18% приняли участие в соответствующих исследованиях, а 12% испытали преимущества «Индустрии 4.0» на практике. Результаты опроса приведены на рис. 4. В целом,

¹ BITKOM — Ассоциация информационных технологий, телекоммуникаций и новых средств связи; DMA (англ. Direct Marketing Association) — Ассоциация прямого маркетинга; ZVEI (нем. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) — Ассоциация производителей электротехнической и электронной промышленности. — Прим. ред.



как показало данное исследование, немецкие компании считают, что использовать технологии «Индустрии 4.0» важно для повышения конкурентоспособности, но для их внедрения им необходимо больше информации.

При реализации концепции участники опроса столкнулись с тремя ключевыми проблемами — стандартизацией, организацией труда и доступностью технологий. Что касается информационной осведомленности, то примерно половине компаний помогли в этом профессиональные ассоциации, т. е. сотрудничество с деловыми партнерами, учеными и обществом.

Участники опроса считают, что для плавной реализации «Индустрии 4.0» необходимо принять следующие меры [4]:

1. Обеспечить доступные услуги в сетевой инфраструктуре (с надлежащими пространством, качеством и надежностью), чтобы можно было работать на основе CPS-платформ в режиме реального времени. А также подкрепить их международными стандартами

и политикой — как национальной, так и глобальной.

2. Постепенно заменить старые системы (негибкие, статичные и т. д.) на новые — работающие в реальном времени и ориентированные на сервис.
3. Формировать новые бизнес-модели с той же скоростью, с которой развивается «Интернет вещей».
4. Вовлекать сотрудников с самого начала процессов модернизации, повышать их квалификацию и техническое развитие.
5. Отрасли ИКТ при переходе к «Индустрии 4.0» необходимо тесно сотрудничать с заводами и мехатронными системами поставки, которые имеют более длинные инновационные циклы, чем ИКТ.

ДВОЙНАЯ СТРАТЕГИЯ НА РЫНКЕ

Чтобы достичь целей «Индустрии 4.0», поставщикам необходимо координировать свое развитие с динамикой рынка: с одной стороны, стремиться занять

лидирующую позицию на рынке, а с другой — наладить поставки. Например, внедрить CPS на производстве и одновременно продавать CPS-технологии и их продукты, чтобы благотворно повлиять на производство оборудования промышленности.

Основные характеристики этой двойной стратегии [4]:

- формирование межфирменных сетей и цепочек добавленной стоимости;
- использование цифровых технологий;
- разработка, внедрение и вертикальная интеграция гибких и конфигурируемых производственных систем в рамках предприятий.

Все эти компоненты позволяют предприятию занять стабильную позицию на рынке и адаптировать цепочку создания стоимости к новым условиям. С помощью двойной стратегии компании могут организовать быстрое и эффективное производство продукции по рыночным ценам.

С точки зрения поставок предприятие вполне может занять

ЭФФЕКТИВНОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

На современном производстве некоторое оборудование остается включенным во время перерывов в работе, что позволяет быстро запустить производственный процесс после выходных, но при этом приводит к большим тратам энергии. Около 90% мощности, израсходованной в перерыв, приходится на такие объекты, как роботы (20–30%), экстракторы (35–100%), лазерные источники и их системы охлаждения (0–50%). Например, в течение простоев сборочная линия кузова транспортного средства, на которой используется лазерная сварка, потребляет 12% от общего количества энергии.

На «умном» предприятии роботы будут отключаться даже во время коротких перерывов, а в течение длительных — находиться в режиме ожидания Wake-On-LAN. Экстракторы смогут настраивать в зависимости от текущих условий двигателя с регулируемой скоростью, а лазерные источники будут заменены на новые системы. Повысить энергоэффективность упомянутой сборочной линии поможет координированное включение и отключение узлов. В результате общее потребление энергии можно будет снизить примерно с 45000 до 40000 кВт (на 12%), а расход энергии во время перерывов сократить на 90%. При этом важно учитывать, что обеспечить энергоэффективность необходимо еще в самом начале проектирования CPS.

Соотношение затрат и рисков модернизации производства пока остается не очень привлекательным, но в дальнейшем такой подход станет техническим стандартом для разработки механизмов в рамках «Индустрии 4.0».

СОЗДАНИЕ СТОИМОСТИ В РАМКАХ «ИНДУСТРИИ 4.0»

Сегодня цепочка создания стоимости строится на основе требований заказчика к архитектуре и производству. Обычно на ее формирование уходит много лет, и изменяется она нечасто. Кроме того, заказчикам сложно выбрать определенные качества продукта или оказать влияние на процесс производства, поскольку ИТ-системы, как правило, обмениваются информацией в пределах одной системы и не предоставляют полный обзор производственных процессов в реальном времени. Также стоит отметить, что техническое обслуживание ИТ-систем остается дорогостоящим.

«Умные» предприятия, построенные на основе CPS-систем, предусматривают полный цифровой цикл производства, учитывающий все требования заказчика. Все технологические процессы и взаимодействие узлов визуализируются. Развитие обособленных секторов производства влияет на всю систему. Таким образом, стоимость создания отдельных продуктов сохраняется и для последующих партий товара и даже может снизиться.

Благодаря объединению систем предприятия и оптимизации цепочки добавленной стоимости заказчика получают большую свободу выбора в производстве продукции: у них появляется возможность определить отдельные функции и компоненты изделий и по-своему их совместить.

лидирующую позицию в сфере создания, производства и маркетинга продуктов «Индустрии 4.0», если оно снабжает обрабатывающую промышленность последними техническими разработками. Также важно использовать наравне с этими инновациями возможности, появившиеся в области ИТ. Такое сочетание станет основой трансформации рынка и при этом позволит компаниям найти новые средства развития.

Уже доступные информационные технологии необходимо адаптировать к требованиям конкретных производств и выполнению определенных прикладных задач. В частности, на оборудовании, использующем средства CPS, нужно будет модернизировать ИТ-системы и производственные технологии, чтобы повысить эффективность. Для этого требуются новые подходы к разработке и реализации CPS, а в глобальном плане — инвестиции в научные, технологические и учебные проекты, посвященные методологиям и приложениям в области автоматизации моделирования и оптимизации систем.

Также немаловажным будет вопрос использования новых технологий для разработки цепочек добавленной стоимости. Для этого, к примеру, можно будет применить бизнес-модели, направленные

на привязку продукции к соответствующим службам.

Вторая часть стратегии — захват рынка. В «Индустрии 4.0» главная роль принадлежит обрабатывающей промышленности. Для ее успешного развития предприятиям нужно наладить тесное и надежное сотрудничество между собой и между своими филиалами. Будет необходима полная цифровая интеграция различных этапов производства, продуктовых линеек и соответствующих систем — в том числе интеграция новых цепочек добавленной стоимости с уже развернутыми.

Стоит отметить, что на рынке Германии поддерживается баланс между малыми и средними промышленными предприятиями с одной стороны и крупными с другой. Многие представители малого и среднего бизнеса испытывают нехватку квалифицированных кадров для перехода к «Индустрии 4.0» или просто скептически относятся к этой концепции, поэтому необходимо реализовать комплексную передачу знаний и технологий. Для этого, в свою очередь, требуется активно развивать технологическую инфраструктуру (особенно широкополосную передачу данных), заниматься подготовкой квалифицированных специалистов и модернизировать организационные структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере перехода к «Индустрии 4.0» в Германии можно увидеть, что сейчас все еще широко распространены базовые технологии и средства — благодаря этому предприятия могут эффективно взаимодействовать в области промышленной автоматизации. В будущем необходимо адаптировать все средства разработки и автоматизации к использованию в различных компаниях и отраслях промышленности с разными ИТ-системами. Например, создать сервисы, доступные в режиме реального времени и поддерживающие инфраструктурные ИКТ-платформы для горизонтальной и вертикальной интеграции. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
2. Рачковская И. А. Основные тенденции трансформации логистики в ходе неоиндустриализации // Вестник Моск. ун-в. Серия 6. Экономика. 2016. №3.
3. Для осуществимости Индустрии 4.0 необходимо развитие датчиков // Датчики и системы. 2015. №6.
4. Обеспечение будущего немецкой промышленности. Рекомендации по внедрению стратегической инициативы «Индустрия 4.0». Финальный отчет рабочей группы «Индустрия 4.0». www.json.tv/tech_trend_find/buduschee-nemetskoy-promyshlennosti-20160214124513