

(формування планів навчальних заходів, запис і навчання, контроль). Впровадження цієї платформи необхідне для HR-фахівця задля оптимізації й автоматизації рутинних процесів; керівника підприємства – для підвищення ефективності та продуктивності співробітників; власника бізнесу – для підвищення контролю над компанією та зростання за рахунок швидкого досягнення цілей. Це дозволить скоротити витрати на управління персоналом у результаті зниження рівня ризиків при підборі персоналу, ефективного розподілу людських ресурсів, автоматизації й оптимізації HR-процесів, раціонального інвестування в розвиток співробітників, контролю за витратами.

Список використаних джерел

1. Хемерлинг Дж., Килманн Дж., Данозасстро М., Штутц Л., Ахерн К. Без цифровой культуры нет цифровой трансформации. 11 июля 2019 г. URL: <https://www.management.com.ua>.
2. Цифровая трансформация-2019: главные направления инвестиций. URL: <https://www.globalcio.ru>.
3. The European Index of Digital Entrepreneurship Systems. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. 44 p.
4. Глобальное исследование цифровых операций в 2018 г. «Цифровые чемпионы». Как лидеры создают интегрированные операционные экосистемы для разработки комплексных решений для потребителей. Москва: PwC, 2018. 64 с.

Турлакова С.С.

к.э.н., доцент

*Институт экономики промышленности НАН Украины,
г. Киев*

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ «СМАРТ» ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время стремительно развиваются и широко используются в промышленности, в производстве, в бизнесе смарт-технологии. Базой развития смарт-технологий являются информационные сети физических объектов (датчиков, машин,

автомобилей, зданий и др.), которые обеспечивают взаимодействие и сотрудничество этих объектов для достижения общих целей [1]. Широкое применение смарт-технологии получили благодаря повсеместному применению и внедрению интеллектуальных электронных систем с цифровыми компонентами – так называемых «умных» сред (smart environments). В [2] смарт-технологии объединены понятием «киберфизические системы». Термин «киберфизическая система» (Cyber-physical systems – CPS) описывает аппаратно-программные системы, которые тесно связаны с физическим и виртуальным миром через датчики и исполнительные механизмы. Такие системы получают потоки данных из физического мира, устанавливают и непрерывно обновляют виртуального близнеца физического мира и включают возможность взаимодействия в реальности, следуя инструкции из виртуальной сферы. Кроме того, CPS не просто сетевые встраиваемые системы, но программно-ориентированные интеллектуальные системы с возможностью совместной работы, адаптации и развития. Именно CPS-системы обеспечивают основу для развития «смарт» промышленности и реализации четвертой промышленной революции (Industry 4.0) [3].

В настоящее время ни одно промышленное предприятие, стремящееся производить конкурентоспособную продукцию, не обходится без применения того или иного вида киберфизических систем в контексте интеграции подключенных к интернету машин наряду с использованием человеческого труда. Основой и ключевым звеном любой CPS-системы является математическая модель объекта и/или процесса. Представление основных процессов на предприятиях в виде математических моделей и последующее их использование в рамках CPS- систем позволяет объединить виртуальный и реальный мир для создания сетевого пространства и smart-предприятий, где умные объекты могут общаться и взаимодействовать друг с другом в рамках параметров математических моделей. Именно использование математических моделей в процессе создания CPS-систем позволяет обрабатывать информацию с датчиков, актуаторов и передавать ее по сети для последующей обработки и анализа. Таким образом, полноценные и современные системы управления производст-

вами в реальном времени должны обеспечивать взаимодействие информационных технологий и автоматизированных систем управления технологическими процессами, базой которых являются математические модели производственных систем.

Разработанные к настоящему времени модели и методы описания и анализа основных процессов промышленных предприятий в рамках построения CPS-систем охватывают различные инженерные и программные аспекты [3]. В процессе обеспечения инновационного развития предприятий промышленности в рамках концепции Industry 4.0 необходимо использование математических моделей, соответствующих технологиям машинного зрения, роботизированной техники, автоматизированных и интеллектуальных систем производства и управления в рамках CPS-систем на предприятиях. Такие CPS-системы должны быть связаны с внешним миром через датчики и исполнительные механизмы, получать потоки данных из физического мира, устанавливать и непрерывно обновлять виртуального близнеца физического мира и включать возможность взаимодействия в реальности по инструкции из виртуальной сферы. Это позволит обеспечить возможность совместной работы, адаптации и развития всех систем промышленного предприятия для улучшения условий труда, повышения качества продукции, сокращения потребности в рабочей силе и повышения эффективности производства. Применение математических моделей соответственно классам решаемых на производствах задач позволят выполнять формализацию основных процессов для последующего использования параметров моделей в сетевом взаимодействии систем на смарт-предприятиях [3]. Наиболее перспективными для внедрения на предприятиях промышленности являются модели искусственных нейронных сетей, что связано с широким спектром возможных решаемых задач, который включает моделирование машинного зрения, мехатронных и робототехнических систем, задач автоматизации производства, интеллектуальных производственных систем. Модели искусственных нейронных сетей выгодно отличаются от других моделей способностью к обучению и самонастраиванию, отказоустойчивостью и быстротой работы, что особенно важно для смарт-производств. Их ограничением является необходимость предварительного обучения сети не зависимо от решаемой задачи, что требует наличия достаточно большого количества данных по конкретным процессам на пред-

приятии.

Для решения задач автоматизации производства в машиностроении в рамках построения смарт-предприятий актуальным также является использование марковских и полумарковских моделей, математических моделей теории систем массового обслуживания, сетей Петри для описания производственных процессов. Использование таких моделей позволяет создавать новое оборудование, совершенствовать технологические процессы и систему организации производства и объединять эти системы в рамках сетевого пространства предприятия на базе ключевых формализованных параметров. Ограничением моделей выступает выделение в отдельное состояние каждого процесса, т.к. состояния систем здесь являются непосредственно наблюдаемыми. Это может приводить к неоправданному увеличению числа состояний системы и излишнему нагромождению параметров. Однако при грамотном подходе такие модели находят применение для описания производственных процессов и неплохо зарекомендовали себя в процессе выявления и устранения «узких мест» в технологических процессах, выбора наиболее подходящей структуры производственного процесса при проектировании, оценки производительности автоматизированной системы и др.

Также следует отметить, что в результате применения математического моделирования в процессе развития смарт-предприятий в рамках формализованных параметров математических моделей будет обеспечиваться взаимодействие CPS в едином сетевом пространстве с различными системами автоматизированного проектирования, автоматизированными системами технологической подготовки производства, другими системами управления и единой базой данных предприятия (Big Data). Поэтому, важной для обеспечения перехода промышленных предприятий к смарт-производствам является необходимость создания соответствующие условия: подготовки квалифицированного персонала в области IT технологий, обеспечения наличия соответствующего программного обеспечения, организации облачных хранилищ или серверов данных, обеспечения широкополосной связи, организации взаимосвязи CPS прои-

зводствених процесів і систем управління підприємствами, забезпечення безпеки в рамках єдиної інформаційної системи підприємства і експлуатації CPS.

В цілому, розглянуті математичні моделі для створення смарт-підприємств вимагають урахування специфіки виробництва, структури підприємства, використовуваних нових технологій, ступеня автоматизації процесів виробництва і управління, уже створених на підприємстві кіберфізических «островів» і т.д. В цій зв'язі перспективним напрямком подальших досліджень є удосконалення і адаптація наведених моделей і відповідних підходів до їх реалізації для використання на конкретних підприємствах в процесі впровадження концепції Industry 4.0 в промисловості.

Список использованной литературы

1. Jeschke S., Brecher C., Song H., Rawat D. B. Industrial Internet of Things. Cybermanufacturing Systems. – Herausgeber: Springer International Publishing Switzerland, 2017. 715 p.
2. Road2CPS. Priorities and Recommendations for Research and Innovation in Cyber-Physical Systems. Meike Reimann, Carsten Ruckriegel and oth.: Steinbeis-Edition, Stuttgart. 1st edition, 2017. 58 p.
3. Тарасов А.Ф., Турлакова С.С. Математическое моделирование передовых машиностроительных технологий для смарт-предприятий: обзор подходов и пути внедрения. *Економіка промисловості*. 2018. 3(83). С. 57-75. DOI: doi.org/10.15407/econindustry2018.03.055.

Федулова С.О.

д. е. н., доцент

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний
університет»,
м. Дніпро*

ЦИФРОВІ ТРАНСФОРМАЦІЇ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ

Глобальна економіка сьогодні зазнає цифрову трансформацію і відбувається це з високою швидкістю. Цифрова економіка руйнує традиційні уявлення про те, як структуровані підприємства; як фірми взаємодіють; і як споживачі отримують послуги,