

## **ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ**

УДК 338.45:338.2:330.88

**В. П. ВИШНЕВСКИЙ**,  
*профессор, доктор экономических наук,  
академик НАН Украины,  
завотделом финансово-экономических проблем использования производственного потенциала  
Института экономики промышленности НАН Украины,*  
**С. И. КНЯЗЕВ**,  
*кандидат экономических наук,  
ученый секретарь Отделения экономики НАН Украины  
(Киев)*

### **СМАРТ-ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ**

*Раскрыты отличительные особенности промышленного смарт-предприятия (как гибкого киберфизического производства, обеспечивающего точную настройку на потребителя и основанного на использовании "больших данных"), а также смарт-промышленности (как комплекса смарт-предприятий, объединенных через глобальные компьютерные сети с исследователями, разработчиками, поставщиками, дистрибьюторами, конечными потребителями и др.). Определены новые перспективы, возможности и проблемы, связанные с развитием смарт-промышленности.*

**Ключевые слова:** смарт-промышленность, Индустрия 4.0, смарт-предприятие, промышленный интернет вещей, киберфизические производственные системы, информационно-коммуникационные технологии, "большие данные".

---

**V. P. VISHNEVSKII**,  
*Professor, Doctor of Econ. Sci.,  
Academician of the NAS of Ukraine,  
Head of Department of Financial and Economic Problems of the Use of Production Potential,  
Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,*  
**S. I. KNIAZIEV**,  
*Cand. of Econ. Sci.,  
Scientific Secretary of the Department of Economics of the NAS of Ukraine  
(Kiev)*

### **SMART INDUSTRY: PROSPECTS AND CHALLENGES**

*The distinctive features of industrial smart factory (as a flexible cyber-physical production, which provides accurate tuning to the consumer and based on the use of "big data"), as well as smart industry (as a complex of smart factories, united through global computer networks with researchers, developers, suppliers, distributors, end-users, etc.) are revealed. New prospects, opportunities and problems associated with the development of the smart industry are identified.*

**Keywords:** smart industry, Industry 4.0, smart factory, industrial Internet of things, cyber-physical production systems, information and communication technologies, "big data".

---

© Вишневский Валентин Павлович (Vishnevskii Valentin Pavlovich), 2017; e-mail: vvishn@gmail.com;

© Князев Святослав Игоревич (Kniaziev Svyatoslav Igorevich), 2017; e-mail: ksi@nas.gov.ua.

Ключевыми характеристиками мировой экономики после глобального финансового кризиса 2008–2009 гг. являются “смарт (“умный”)-рост” (“smart growth”), базирующийся на знаниях и инновациях \* , и его ведущее звено – “смарт (“умная”)-промышленность” (“smart industry”).

Особая роль промышленности в современном мире обусловлена, во-первых, тем, что она повышает производительность общественного труда, создает новые рабочие места и возможности получения доходов, что, в свою очередь, способствует искоренению нищеты и достижению других целей человеческого развития, решению многих социальных проблем (включая обеспечение гендерного равенства и создание достойной занятости для молодежи) \*\*, а также, во-вторых, принципиально новыми возможностями, которые открывает перед человечеством современная промышленная революция, известная под названием “Индустрия 4.0”.

Для Украины значение смарт-промышленности определяется тем обстоятельством, что традиционная индустрия переживает теперь глубокий кризис [1]. В силу этого **цель статьи** – определиться с пониманием смарт-промышленности, а также новых перспектив и проблем, обусловленных ее развитием.

Термин “Индустрия 4.0” был введен в научный оборот в 2011 г. по инициативе немецких бизнесменов, ученых и политиков, направленной на поддержание позиций Германии как мирового промышленного центра, и поэтому часто используется в немецкоязычной среде (Industrie 4.0) [2]. Цифра “4” характеризует четвертую ступень (или стадию) индустриализации. Обычно считается, что первая промышленная революция (первая ступень индустриализации) знаменовала собой механизацию производства, вторая – электрификацию и массовое производство, третья – его автоматизацию и компьютеризацию. В свою очередь, четвертая промышленная революция предполагает переход к ориентированному на потребителя производству на основе киберфизических систем. Кроме того, отмечают, что эта ступень характеризуется слиянием технологий с “размыванием” границ между физическими, цифровыми и биологическими сферами [3].

В англоязычной среде используются также термины “промышленный интернет” (Industrial Internet), “промышленный интернет вещей” (Industrial Internet of Things – IIoT) и “смарт-промышленность” (Smart Industry). В нашей работе последнему термину отдается предпочтение на том основании, что первичный элемент производственных киберфизических систем составляют объединенные через интернет смарт-машины и смарт-продукты. В дальнейшем все эти термины (“Индустрия 4.0”, “промышленный интернет”, “промышленный интернет вещей” и “смарт-промышленность”) используются как синонимы (но с учетом того, что каждый из них имеет несколько специфическое наполнение, отраженное в названии \*\*\*).

В технико-технологическом отношении смарт-промышленность интегрирует достижения в сфере физических устройств с достижениями в сфере информационно-коммуникационных технологий (Information and Communications Technologies – ICT), результатом чего является формирование киберфизических производственных

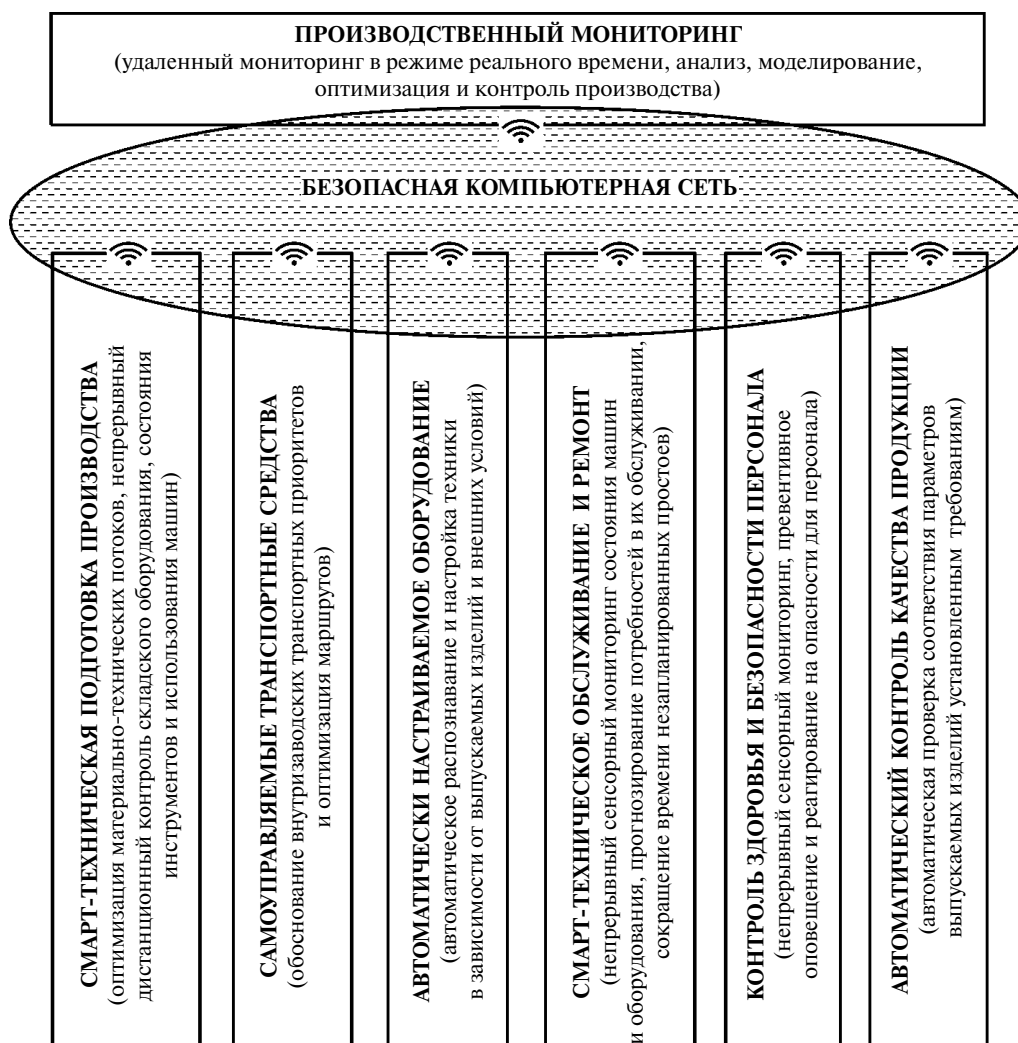
\* Communication from the commission Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM (2010) 2020. – Brussels : European Commission, 2010.

\*\* Лимская декларация. Путь к достижению всеохватывающего устойчивого промышленного развития. – Лима – Перу : 15-я Генеральная конференция ЮНИДО, 2013.

\*\*\* Термин “Индустрия 4.0” акцентирует внимание на ступени промышленного развития, термины “промышленный интернет” и “промышленный интернет вещей” – соответственно, на инструментари, используемом для решения задач промышленного развития (всемирной системе объединенных компьютерных сетей), термин “смарт-промышленность” – на качественных характеристиках новой ступени промышленного развития (ее “умности”, интеллектуальности).

систем – взаимодействующих интеллектуальных сетей физических компонентов (машин, оборудования, датчиков, актуаторов) и вычислительных алгоритмов.

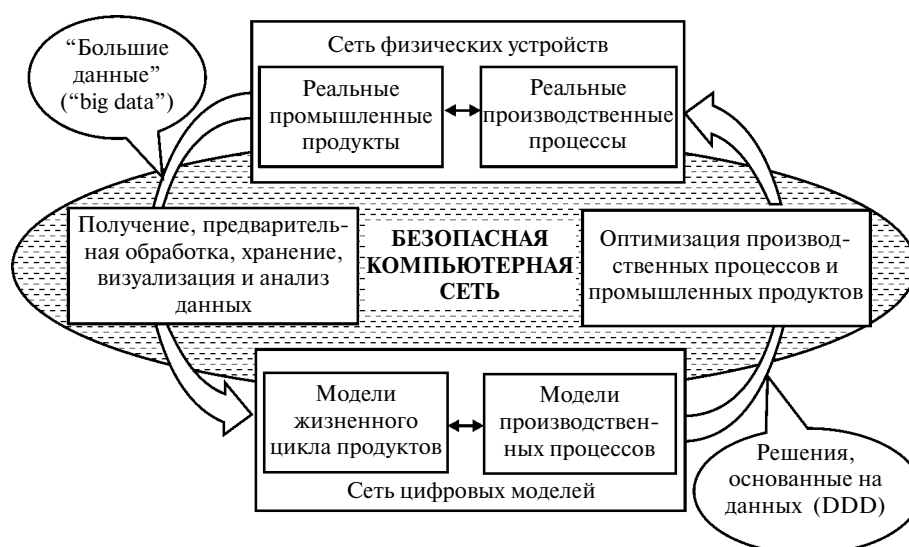
Первичное звено смарт-промышленности – смарт-предприятие – характеризуется возможностью посредством IoT отслеживать и контролировать функционирование орудий производства и производственный персонал, а также использовать собираемые данные для повышения производительности труда, совершенствования технологических процессов и качества продукции (рис. 1).



**Рис. 1. Примерная схема смарт-завода на базе IoT**

Составлено по: McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the hype. – McKinsey & Company, 2015. – 131 p. – P. 66–73.

Смарт-предприятие может рассматриваться с точки зрения взаимодействия аппаратных средств, первичных данных, программного обеспечения, искусственного и человеческого интеллектов. Данные, полученные с помощью датчиков, лог-файлов и поисковых роботов от физических устройств и компьютерных сетей, собираются, передаются, предварительно обрабатываются, хранятся, визуализируются, анализируются и применяются высококвалифицированным персоналом для моделирования промышленных продуктов и производственных процессов (рис. 2).



**Рис. 2. Смарт-предприятие как взаимодействие реальных предметов и их цифровых аналогов**

Составлено по: [4, р. 6; 5, р. 9–10].

Практическая реализация такого взаимодействия связана с обработкой в режиме реального времени больших объемов данных — так называемых “больших данных” (“big data”) [6]. Как отмечено в [7, р. 654], технологии “больших данных” описывают новое поколение технологий и архитектур, предназначенных для получения экономической выгоды от очень больших объемов широкого спектра данных, с помощью высокоскоростного захвата, обнаружения и/или анализа. Это определение описывает четыре отличительные особенности “больших данных” — объем (volume), разнообразие (variety), скорость (velocity) и стоимость (value). В результате определение “4Vs” широко используется для характеристики “больших данных”. При этом объемы генерируемых и накапливаемых в мире данных растут по экспоненте: в 1970–1980-х годах — от килобайтов ( $2^{10}$  байтов) и мегабайтов ( $2^{10} \cdot 2^{10}$  байтов) к гигабайтам ( $2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10}$  байтов), в 1980–1990-х годах — от гигабайтов к терабайтам ( $2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10}$  байтов), в 1990–2000-х годах — от терабайтов к петабайтам ( $2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10}$  байтов), в настоящее время — от петабайтов к эксабайтам ( $2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10}$  байтов). Из всех секторов экономики наибольшие объемы данных приходятся на обрабатывающую промышленность (manufacturing) — около 2 эксабайтов (2010 г.) [8].

Для понимания всех этих данных используется инструментарий продвинутой аналитики (advanced analysis) — интеллектуальный анализ, предиктивная аналитика, объектно ориентированный анализ, скоринг в режиме реального времени, прогнозное моделирование, оптимизация и др. \* [8, р. 675–677; 9]. Заводские менеджеры могут использовать продвинутую аналитику для глубокого погружения в исторические данные о производственных процессах, позволяющего выявлять и оптимизировать факторы, которые оказывают наибольшее влияние на конечные результаты. У многих глобальных товаропроизводителей в широком диапазоне отраслей промышленности и географических мест расположения уже имеется изобилие первичных производственных и рыночных данных, получаемых в режиме реального времени. Используя интеграцию и анализ таких ранее изолированных массивов (в том числе

\* IBM. Advanced Analytics / Ibm.com, 2017 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/advanced-analytics/> [Accessed 5 Jan. 2017]

слабоструктурированных и неструктурированных [7, p. 654]), они обретают возможность выдвигать новые важные идеи [9]. Вся полученная информация используется для принятия решений, основанных на данных (data-driven decision making — DDD) [10], как в сфере текущих управленческих воздействий, так и в стратегическом управлении разнообразными промышленными системами [5, p. 9]. Такого рода решения позволили, например, фирмам "Toyota", "Fiat" и "Nissan" сократить время для разработки новых моделей автомобилей на 30–50% [8].

В рамках смарт-заводов для окупаемости затрат на создание, эксплуатацию, обеспечение безопасности и дальнейшее развитие ИИТ необходимы высокие результаты, которые могут быть получены за счет:

1) лучшего учета запросов потребителей, выдвигающих все более высокие требования к качеству продукции, их активного участия в дизайне и проектировании товаров \*, перехода в этой связи от производства массового к индивидуализированному (по индивидуальным заказам) с применением смарт-систем управления взаимоотношениями с клиентами \*\*;

2) гибкости высокоспециализированного автоматизированного (с минимальным вмешательством человеческого фактора) производства, построенного по децентрализованному модульному принципу и адаптированного к быстрой перенастройке на выпуск именно той продукции, в которой сейчас нуждается потребитель \*\*\*;

3) применения авангардных производственных технологий и материалов, способных в таких условиях (индивидуализации и производственной гибкости) обеспечить получение высоких результатов (например, передовой робототехники, 3D-печати, металлов с заданными свойствами и с эффектом памяти, пьезокристаллов, наноматериалов и др.) [11];

4) использования высококвалифицированного персонала, способного в рамках киберфизических систем к эффективному выполнению функций поддержания и контроля производственного процесса, а также обладающего, помимо технических навыков, важными нетехническими компетенциями (знанием английского языка, навыками проектного менеджмента, умением работать в команде и др.) [12].

Однако смарт-промышленность — это гораздо больше, чем обособленные предприятия и продукты, которые на них создаются. В системе смарт-промышленности заводы взаимосвязаны с исследователями, разработчиками, поставщиками, дистрибьюторами, потребителями и др. через ИИТ (мобильный интернет, интернет вещей, облачные технологии), благодаря чему формируется глобальная цифровая платформа для улучшения координации и повышения активности участия всех партнеров как в отдельных цепочках, так и в целых сетях создания стоимости (рис. 3).

Главная идея, которая стоит за всеми этими сетевыми взаимодействиями, заключается в том, что обработка и анализ детальных данных, получаемых посредством ИИТ в режиме реального времени о состоянии любого процесса или продукта — от заказа и до потребления готовой продукции, позволяют обеспечить гибкость производства в ответ на изменения и вызовы внешней среды \*\*\*\*. Таким образом, инфор-

---

\* Smartindustry.nl. Smart industry. Dutch industry fit for the future. — 2014. — 63 p. — P. 26 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [www.smartindustry.nl](http://www.smartindustry.nl).

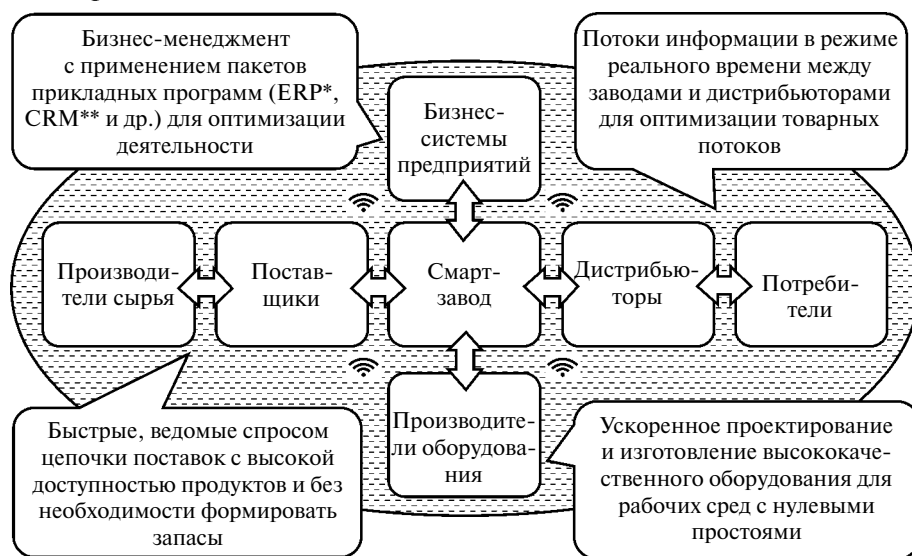
\*\* McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the hype. — McKinsey & Company, 2015. — 131 p. — P. 60–61.

\*\*\* Smartindustry.nl. Smart industry. Dutch industry fit for the future. — 2014. — 63 p. — P. 11 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [www.smartindustry.nl](http://www.smartindustry.nl).

\*\*\*\* CFE Media. Digital Report: ИИТ. — Consulting-Specifying Engineer Media, 2016. — 72 p. — P. 51–52.

мация, генерируемая в рамках интеллектуального сетеориентированного подхода (network-centric approach), приходящего на смену линейным взаимодействиям, становится дополнительным источником создания стоимости, поскольку позволяет\*:

- проектировать и выпускать именно то, что нужно: по техническим характеристикам (спецификации, качеству, дизайну), объему (сколько необходимо), срокам (когда необходимо), ресурсной эффективности (с какими затратами необходимо);
- интенсифицировать технологические и продуктовые инновации за счет получения новых сочетаний ранее разобщенных данных о внешнем окружении и лучшем понимании производственных процессов, возможностей поставщиков и запросов потребителей.



\* ERP (Enterprise Resource Planning systems) – системы планирования ресурсов предприятия;

\*\* CRM (Customer Relationship Management systems) – системы управления взаимоотношениями с клиентами.

**Рис. 3. Smart-промышленность как сеть smart-предприятий, объединенных ICT**

Составлено по: Smartindustry.nl. Smart industry. Dutch industry fit for the future. – 2014. – 63 p. – P. 18–22 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.smartindustry.nl](http://www.smartindustry.nl); SMLC. Implementing 21st Century Smart Manufacturing. Workshop Summary Report. – Washington, D.C. : Smart Manufacturing Leadership Coalition, 2011. – 27 p. – P. 5.

Высокий потенциал smart-промышленности как сети smart-предприятий, объединенных ICT, подтверждается практикой известных предприятий – например, “Apple”, “Intel”, “Samsung”\*\*, “ExxonMobil”, “Procter and Gamble”, “Tata Motors Ltd”, “Shougang Steel” и др. [13, p. 148–149]. При этом, согласно оценкам специалистов, наибольшие окна возможностей открываются для сокращения времени научно-производственного цикла (от разработки новой продукции до ее продвижения на рынки) (на 20–50%), уменьшения простоев оборудования (на 30–50%), снижения затрат на его техническое обслуживание (на 10–40%) и издержек на содержание материально-технических запасов (на 20–50%), повышения производительности труда посредством автоматизации его умственной составляющей (на 45–55%) и др.\*\*\*.

\* Smartindustry.nl. Smart industry. Dutch industry fit for the future. – 2014. – 63 p. – P. 17–18 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.smartindustry.nl](http://www.smartindustry.nl).

\*\* Там же. – P. 12, 32.

\*\*\* McKinsey & Company. Industry 4.0 at McKinsey’s model factories. – McKinsey & Company, Inc., 2016. – 11 p. – P. 7.

Хотя, разумеется, на практике реализовать все эти возможности очень непросто — тем более, что исходная ситуация далеко не всегда отвечает высоким ожиданиям. Так, по данным компании “Ubisense” (поставщика технологий IIoT и программного обеспечения для промышленных предприятий), до 10% ее клиентов все еще тратят половину рабочего дня на поиски необходимого оборудования и изделий, 40% — не имеют данных о производственных процессах в режиме реального времени, а 50% — не успевают следить за изменениями в ходе этих процессов. В сегодняшних реалиях даже в такой продвинутой отрасли промышленности, как автомобильная, IIoT еще не получил полного внедрения, а существует в виде отдельных “киберфизических островов” \*. В ЕС в обрабатывающей промышленности только у менее чем 20% предприятий высокий и очень высокий индекс цифровой интенсивности (digital intensity index — ДИ) \*\*.

Такая ситуация обусловлена в том числе барьерами на пути развития smart-промышленности: техническими, экономическими и институциональными.

*Технические барьеры* создаются проблемами с компьютерными сетями, их совместимостью и безопасностью. Как отмечают специалисты \*\*\*, в настоящее время беспроводные сети не применяются широко в критически важных приложениях, поскольку еще не достаточно надежны, а проводные сети дорогостоящие для установки. У многих заводов попросту отсутствует инфраструктура, необходимая для распространения данных внутри предприятия, не говоря уже об их распространении между заводами и поставщиками на глобальной основе. Непрерывный поток данных между машинами и удаленными компьютерными системами в рамках IIoT требует дальних линий связи с высокой пропускной способностью. Вместе с тем во многих случаях, особенно в развивающихся странах, заводы находятся в сотнях километров от крупных городов с развитой телекоммуникационной инфраструктурой \*\*\*\*.

Для полного раскрытия потенциала промышленного интернета критически важно обеспечить решение проблем совместимости соответствующих устройств и систем посредством разработки открытых стандартов, а также внедрения компьютерных платформ, на базе которых различные системы IIoT могут взаимодействовать, и др. Но это, в свою очередь, обостряет проблемы конфиденциальности. Открывающиеся новые возможности получения и хранения информации от миллиардов взаимосвязанных устройств создают для предприятий проблемы с предотвращением утечки и поддержанием целостности их данных, а для людей — с неприкосновенностью частной жизни, защитой личной и семейной тайн.

---

\* CFE Media. Digital Report: IIoT. — Consulting-Specifying Engineer Media, 2016. — 72 p. — P. 50–53.

\*\* Индекс цифровой интенсивности — это микроуровневый показатель, характеризующий доступность для предприятия 12 различных цифровых технологий. К ним относятся: интернет, по меньшей мере, для 50% занятых; использование специалистов по ICT; широкополосный доступ в интернет (30 мбит/с и выше); мобильные интернет-устройства, по меньшей мере, у 20% занятых; наличие веб-сайта; наличие веб-сайта с современными функциями; наличие социальных медиа; ERP; CRM; электронный обмен информацией по управлению цепочками поставок; оборот электронной коммерции в размере более 1% общего оборота; веб-продажи по модели “бизнес для потребителя” (business-to-consumer — B2C) в размере свыше 10% общего объема веб-продаж. Значение индекса варьирует в интервале от 0 до 12 (Integration of Digital Technology in the EU 2016 / European Commissions, 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?action=display&doc\\_id=15811](http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?action=display&doc_id=15811) [Accessed 18 Jan. 2017]).

\*\*\* CFE Media. Digital Report: IIoT. — Consulting-Specifying Engineer Media, 2016. — 72 p. — P. 52.

\*\*\*\* McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the hype. — McKinsey & Company, 2015. — 131 p. — P. 72.

*Экономические барьеры* на пути развития смарт-промышленности связаны с высокими издержками накопления и реновации необходимого физического и, особенно, цифрового капитала (цифровых материальных и нематериальных активов\*), соответствующего технико-технологическим требованиям промышленного интернета. Это обуславливает необходимость дальнейшего ускоренного снижения стоимости базового оборудования (датчиков, микроэлектромеханических систем, средств радиочастотной идентификации, источников питания для сенсоров и др.\*\*), а также издержек хранения и обработки “больших данных”\*\*\*.

Серьезные проблемы возникают и с человеческим капиталом. Как уже отмечалось, смарт-промышленность нуждается в высококвалифицированном персонале. Вместе с тем, по данным “McKinsey Global Institute”, в 2020 г. дефицит работников с высшим образованием в мире может составить 38–40 млн. чел., или 18% от потребностей работодателей\*\*\*\*. Во многом это обусловлено быстрым старением рабочей силы, особенно в Европе, Японии и Китае. А в США около 8% членов Национальной ассоциации промышленников уже сообщают о проблемах с заполнением рабочих мест, остающихся после увольнения пенсионеров [8]. Но их нужно не просто заполнить. Смарт-промышленность требует новых компетенций и новой системы подготовки кадров (непрерывного обучения, сертификации) для рынка цифровых вакансий (конструкторов робототехники, менеджеров по модернизации компьютерных сетей, инженеров систем безопасности этих сетей, специалистов по “большим данным”, продвинутой аналитике и др.)\*\*\*\*\*.

\* Цифровой капитал – это ресурсы, необходимые для функционирования и развития экономики, базирующейся на цифровых компьютерных технологиях. Он выступает в двух формах: 1) цифровые материальные активы (серверы, маршрутизаторы, принтеры и другие физические устройства в комплекте с соответствующими компьютерными программами); 2) цифровые нематериальные активы (веб-сайты; авторские права на дизайн, привлекающий пользователей и повышающий их цифровой опыт; “ноу-хау” в цифровом “захвате” поведения пользователей, анализе “больших данных”, применении продвинутой аналитики и др.; роялти за использование патентов и программных продуктов; брэнды, созданные благодаря цифровым технологиям; и т. п.). По оценкам специалистов “McKinsey & Company”, цифровой капитал становится одним из главных факторов глобального экономического роста. Инвестиции в него составляют уже более 8% номинального мирового ВВП. При этом на инвестиции в цифровые нематериальные активы в мире приходится около 1/2, а в Израиле, Японии, Швеции, Великобритании и США – около 2/3 вложений в цифровые материальные активы [14].

\*\* Потенциал и темпы возможного прогресса в сфере изготовления электронных компонентов можно приблизительно оценить с помощью так называемого “закона Мура”, основанного на эмпирических наблюдениях. Согласно этому закону, количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, должно удваиваться каждые 24 месяца, а их стоимость – оставаться на том же уровне [15]. Позднее подобные экспоненциальные зависимости были выявлены также для объемов памяти запоминающих устройств, для количества и размера пикселей в цифровых фотоаппаратах и др.

Сразу же после выдвижения этой гипотезы в 1965 г. и позднее много раз предсказывалась неизбежная “смерть” закона Мура, поскольку в реальном мире ничто не может расти бесконечно (см., например: The Economist (2015). The end of Moore’s law [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.economist.com/blogs/economist-explains/2015/04/economist-explains-17> [Accessed 21 Jan. 2017]). Тем не менее до сих пор находились такие технические решения, которые поддерживали действие этой эмпирической зависимости.

\*\*\* McKinsey Global Institute. The internet of things: mapping the value beyond the hype. – McKinsey & Company, 2015. – 131 p. – P. 11.

\*\*\*\* McKinsey Global Institute. The world at work: Jobs, pay, and skills for 3.5 billion people. Executive Summary. – McKinsey & Company, Inc., 2012. – 12 p. – P. 2.

\*\*\*\*\* World Economic Forum. Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. – Cologny/Geneva, Switzerland : World Economic Forum, 2015. – 39 p. – P. 21–22.



*Институциональные барьеры* для развития смарт-промышленности создают устойчивые организационные рутины (исторически сложившиеся паттерны поведения групп индивидов), составляющие коллективную память предприятия и снижающие издержки принятия решений в обычных условиях [16, p. 138–188]. Проблема в том, что в производственных процессах, ведомых интеллектом и DDD, специалисты по ICT должны выполнять центральную, лидирующую роль по всем направлениям управления, которое теперь связано с информацией от физических устройств, расположенных “на полу”. Этот принцип у многих менеджеров разных уровней вызывает явный когнитивный диссонанс и требует пересмотра устоявшихся поведенческих паттернов, необходимость которого обусловлена новым видением ICT-инфраструктуры не просто как инкрементальной добавки к уже существующим системам управления, а как стратегической инвестиции \*.

В более широком контексте смарт-промышленность может сталкиваться с препятствием в виде в целом неблагоприятной институциональной среды. Новые бизнес-модели нуждаются в непрерывных инновациях в сфере товаров и услуг. Поскольку сетевые ориентированные производства создают более широкие возможности и поток информации увеличивается до беспрецедентного уровня, то новые возможности будут возникать и впредь. Конкуренция на мировом рынке требует постоянных инноваций и предвидения этих возможностей \*\*. Отсюда проблемы в тех странах и регионах мира, где уровень национальных инвестиций в НИОКР остается низким, где есть серьезные вопросы по поводу защиты прав собственности, принуждения к выполнению контрактов, коррупции и др., а хозяйствующие субъекты вынуждены руководствоваться “короткими правилами” и выбирать рентаориентированное поведение, а не инновационное.

В основе успеха IoT – свобода глобально собираемых и передаваемых “больших данных”. Для обеспечения эффективности DDD необходим выход за пределы государства. Но это явно противоречит интересам экономической политики выращивания национальных чемпионов [17], когда приоритет получают решения, ведомые не технико-экономическими данными, а национальными интересами (Politically Driven Decision – PDD). Проблема в том, что принятие DDD в глобальном контексте может противоречить национально обусловленным PDD. Даже у США, с их мощной экономикой, возникли проблемы в мире глобализированной индустрии, и теперь они вынуждены корректировать свою экономическую политику в контексте промышленного рещоринга и более жесткой защиты национальных интересов \*\*\*. Один из возможных путей решения этой проблемы – переход от открытости IoT в системе ненадежных глобальных связей, сильно подвер-

---

\* CFE Media. Digital Report: IoT. – Consulting-Specifying Engineer Media, 2016. – 72 p. – P. 52–53.

\*\* Smartindustry.nl. Smart industry. Dutch industry fit for the future. – 2014. – 63 p. – P. 32 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.smartindustry.nl](http://www.smartindustry.nl).

\*\*\* В своей инаугурационной речи новый президент США Д. Трамп так охарактеризовал эту проблему: “Один за другим заводы были закрыты и покинули наши берега, даже не задумываясь о миллионах и миллионах брошенных американских рабочих. Богатство нашего среднего класса было вырвано из домов людей и затем перераспределено по всему миру. Но это было в прошлом. И теперь мы смотрим только в будущее. ...Все решения о торговле, о налогах, об иммиграции, по иностранным делам будут приняты в пользу американских рабочих и американских семей. Мы должны защитить наши границы от разрушительных действий других стран, выпускающих наши продукты, обкрадывающих наши компании и уничтожающих наши рабочие места. Защита приведет к большему процветанию и силе” (CNN. Inaugural address: Trump’s full speech. 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://edition.cnn.com/2017/01/20/politics/trump-inaugural-address/> [Accessed 24 Jan. 2017]).

женных влиянию политики, к взаимовыгодному сотрудничеству и открытости в системе региональных, многосторонних и двухсторонних экономических отношений, где политический фактор можно поставить под контроль.

Если указанные барьеры удастся преодолеть, то в целом перспективы мировой smart-промышленности выглядят многообещающими. По данным “McKinsey & Company”, прорывные технологии дигитализации физического мира имеют наибольший потенциал именно в сфере промышленного производства. Руководствуясь анализом различных вариантов темпов распространения ИИТ, экономическими и демографическими тенденциями, вероятной эволюцией технологий за десятилетний период, специалисты компании оценили глобальный эффект от применения интернета вещей в обрабатывающей промышленности в диапазоне от 0,9 трлн. до 2,3 трлн. дол. в 2025 г. К этому времени технологиями ИИТ будет охвачено от 80 до 100% мировой обрабатывающей промышленности, а обусловленное этим снижение операционных расходов может составить 2,5–5% [11, p. 55].

Согласно оценкам специалистов “General Electric Co.”, распространение сетей промышленного интернета в мире к 2030 г. может добавить к мировому ВВП около 15 трлн. дол. (в постоянных ценах 2005 г.). Иначе говоря, диффузия smart-промышленности в мире, связанная с более высокими темпами роста производительности труда, может сгенерировать дополнительный ВВП, эквивалентный по размеру сегодняшней экономике США. Соответственно, вырастут и средние доходы на душу населения, то есть к 2030 г. они будут почти на 1/5 выше, чем при базовом сценарии без учета промышленного интернета [5, p. 29–30].

Это – с одной стороны. А с другой – широкое распространение smart-промышленности в мире может быть связано в том числе с таким нежелательным последствием, как обострение глобальных проблем неравенства из-за роста относительной важности высокооплачиваемого квалифицированного труда [18] при одновременном замещении машинами рутинного труда, который вынужден будет принять на себя основной удар перемен. Снижение относительных цен инвестиционных товаров, связанное с достижениями в сфере информационных технологий и компьютеризации, уже стимулировало фирмы к переходу от труда к капиталу, в силу чего за последние 35 лет (по сравнению с началом 80-х годов XX в.) в значительном большинстве стран и отраслей индустрии наблюдались уменьшение доли труда в целом в корпоративной добавленной стоимости и, соответственно, повышение доли капитала [19, p. 61].

Последние достижения в сфере робототехники, искусственного интеллекта и машинного обучения знаменуют собой наступление нового века автоматизации, поскольку многие машины уже отвечают возможностям человека или даже превосходят их в различных видах работ (в том числе требующих когнитивных способностей). Выполненный “McKinsey Global Institute” анализ более 2000 специальностей в рамках 800 различных профессий показал, что около половины соответствующего труда может быть заменено машинами на основе применения уже известных технологий \*. Однако это не обязательно приведет к росту глобальной безработицы. Наоборот, “мировой экономике на самом деле будет нужен каждый эрг человеческого труда, в дополнение к роботам, для того, чтобы преодолеть тенденции к демографическому старению как в развитых, так и в развивающихся странах” \*\*.

\* McKinsey Global Institute. A future that works: automation, employment, and productivity. – McKinsey & Company, 2017. – 135 p. – P. vii.

\*\* Там же. – P. 2.

Хотя, разумеется, характер труда должен существенно измениться, и преимущества, по-видимому, будут на стороне творческого STEM (Science, Technology, Engineering, Math)-персонала, способного разрабатывать, осваивать и обслуживать новые технологии.

Наконец, фундаментальное геоэкономическое значение имеет то обстоятельство, что “проблема соотношения “труд – капитал” часто изображается как проблема “труд – труд”, с претензиями в некоторых странах с развитой экономикой по поводу того, что развивающиеся страны занимают их рабочие места. Это стимулировало неприятие открытости торговли и призывы к протекционизму” [20]. И, как уже отмечалось, такие тенденции экономической политики в мире действительно наблюдаются. Хотя не факт, что все это поможет успеху процессов промышленного рещоринга в развитые страны. Во-первых, нынешний индустриальный лидер развивающихся стран – Китай – очень активно развивает собственную сферу НИОКР, что позволяет ему уже не просто копировать западные технологии, а продвигать собственные (в том числе цифровые) \*. Во-вторых, смарт-промышленность тяготеет к потребителю. А главных потребителей (из среднего класса) на формирующихся рынках становится все больше [21], то есть в ближайшие десятилетия доля таких стран мира будет преобладать в этом отношении. В-третьих, в местах размещения смарт-предприятий должны быть необходимые условия в виде соответствующей инфраструктуры, доступного капитала и труда, а развитые страны в этом отношении уже не всегда выигрывают \*\*.

Здесь важно подчеркнуть, что смарт-предприятия существенно отличаются от обычных по используемым факторам производства, что, в свою очередь, будет сказываться в том числе и на выборе мест их аллокации. Каковы в принципе должны быть пропорции факторов производства (капитал производственный (трансформационный) –  $K_T$ ; капитал цифровой (информационный) –  $K_I$ ; труд, связанный с физическим капиталом, –  $L_T$ ; труд, связанный с цифровым капиталом, –  $L_I$ ), и какова может быть их относительная динамика – это вообще вопросы открытые.

Каждое промышленное предприятие можно представить через взаимодействие потоков трансформации ( $T$ ) (переработки сырьевого “входа” на продуктовый “выход”) и потоков информации ( $I$ ), необходимой для организации и управления процессами трансформации. При этом смарт-предприятие ( $s$ ) отличается от предприятия обычного ( $u$ ) использованием DDD, основанных на “больших данных”, так что

$$\partial I_s / \partial T_s \gg \partial I_u / \partial T_u, \quad (1)$$

где  $I_s = f_s^I(K_{I_s}, L_{I_s})$ ;  $T_s = f_s^T(K_{T_s}, L_{T_s})$ ;  $I_u = f_u^I(K_{I_u}, L_{I_u})$ ;  $T_u = f_u^T(K_{T_u}, L_{T_u})$ .

Но увеличение потоков информации имеет смысл только в том случае, если приводит к опережающему росту эффективности производства, то есть при условии, что

\* The Economist (2016). China’s tech trailblazers. The Western caricature of Chinese internet firms needs a reboot [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.economist.com/news/leaders/21703371-western-caricature-chinese-internet-firms-needs-reboot-chinau2019s-tech-trailblazers> [Accessed 24 Jan. 2017].

\*\* Характерный пример из США. В 2012 г. на встрече с руководителями ведущих технологических компаний тогдашний президент США Барак Обама спросил у Стива Джобса, можно ли перенести производство продукции “Apple” обратно в Америку. Джобс ответил, что сделать это невозможно, и эти рабочие места уже не вернутся. Главная причина заключалась в том, что уровень развития инфраструктуры, а также доступность и система подготовки рабочей силы (прежде всего, квалифицированных инженеров) в США не отвечали потребностям “Apple” [23].

$$\partial C_s / \partial T_s \ll \partial C_u / \partial T_u, \quad (2)$$

где  $C_s = \varphi_s (K_{I_s}, L_{I_s}, K_{T_s}, L_{T_s})$  – издержки смарт-предприятия на информацию и трансформацию;  $C_u = \varphi_u (K_{I_u}, L_{I_u}, K_{T_u}, L_{T_u})$  – издержки обычного предприятия на информацию и трансформацию.

Поскольку связи между  $I$  и  $T$  явно нелинейные (а скорее всего, логистического типа), то нахождение тех параметров, при которых выполняется неравенство (2), в каждом конкретном случае (с учетом обстоятельств места и времени) выступает нетривиальной задачей.

И в целом моделирование киберфизических систем, способное существенно снизить издержки их воплощения “в металле”, повысить безопасность и сохранность каждой из них, – это очень сложная проблема, которая требует объединения усилий ученых и производителей для создания более совершенных инструментов поддержки применяемых на практике разнообразных (агент-ориентированных, вероятностных, факторных и др.) методов моделирования (включая мониторинг и управление моделями), а также для соблюдения правильных соотношений между моделями различных уровней детализации и абстракции [22, р. 18]. При этом перспективными направлениями в развитии моделирования киберфизических систем являются мультисферные, мультимерные и мультиобъектные модели [22, р. 46].

#### Выводы

В мире промышленность опять актуальна и востребована [8], а смарт-промышленность – еще актуальнее и востребованнее. Ее можно определять по-разному, но в основе успеха – гармоническое соединение физического и информационного миров, “размывающее” привычную дихотомию между трансформацией материи и энергии (сферой производства), с одной стороны, и производством информации, являющейся атрибутом материи и энергии (сферой услуг), – с другой. Современный мировой опыт развития индустрии свидетельствует о том, что материальное производство без продвинутой информации – это плохо и неэффективно. Но и информация без продвинутого материального производства – это тоже плохо и неэффективно, хотя именно цифровые технологии производственных систем (во взаимосвязи с 3D-печатью, био-, нано- и другими прорывными методами и инструментами) в большей степени определяют специфику того, что теперь именуют “смарт-промышленностью”.

От цифровых технологий, позволяющих интегрировать новые потоки информации от мира вещей в индустриальные цепочки создания стоимости, происходят ключевые преимущества смарт-предприятий в частности и смарт-промышленности в целом.

Для смарт-предприятий, которые могут быть самыми разными по размерам (малыми, крупными, средними) и видам промышленной деятельности, – это более гибкое высокотехнологичное киберфизическое производство, обеспечивающее точную настройку на потребителя (время поставки, количество, качество, издержки изготовления товара), а также основанное на использовании “больших данных” и DDD-управлении.

Для смарт-промышленности – это качественный скачок в кооперации и координации деятельности смарт-предприятий, объединенных через глобальные компьютерные сети с исследователями, разработчиками, поставщиками, дистрибьюторами, конечными потребителями и др.

Перспективы smart-промышленности в целом — огромны, как и связанные с ними вызовы и проблемы (в том числе в сферах информационной безопасности, занятости и доходов). Но для кого именно эти перспективы, а для кого — вызовы и проблемы, вопрос остается открытым.

В Украине ситуация пока складывается не лучшим образом. Причина этого заключается в банальных проблемах с инновациями, связанных с в целом неблагоприятной институциональной средой, короткими правилами поведения экономических субъектов и низкими инвестициями в НИОКР \*, следствием чего являются в том числе слабые позиции нашего государства в мире по индексу развития ICT (76-е место в 2016 г.) \*\*.

Хотя следует отметить, что уже есть некоторое продвижение в содействии развитию smart-промышленности по инициативе “снизу” \*\*\*. Что касается центральных органов власти, то Правительством Украины намечены приоритетные действия в сфере экономики на период до 2020 г. \*\*\*\*, которые могут затронуть в том числе и smart-промышленность. Но здесь возникают вопросы. Во-первых, в связи с тем, что в разработанном плане smart-промышленность (Индустрия 4.0, промышленный интернет вещей, продвинутое дигитализированное производство и т. д.) — в отличие от планов действий США, Китая, стран ядра ЕС и других индустриальных лидеров — вообще не рассматривается, и тем более как национальная стратегическая инвестиция. Во-вторых, в связи с проблемами обеспечения реальной независимости органов, отвечающих за инновационное развитие в целом и промышленности в частности, от искажающего влияния текущей политической конъюнктуры. В-третьих, в связи с известными недостатками в системе подготовки и переподготовки STEM-персонала. И наконец, в-четвертых (что уже стало привычным в Украине), в связи с ограниченностью имеющихся у правительства и субъектов хозяйствования финансовых ресурсов, которые по разным причинам были особенно истощены в последние годы.

Очевидно, что все эти препятствия необходимо последовательно преодолевать в контексте решения стратегических задач повышения качества промышленного роста и точной настройки национального производства, подлежащего обновлению на базе ICT, IoT и DDD-управления, на нужды потребителей (внутренних и внешних, прежде всего, европейских), а не просто восстановления его объемов на существующей технико-технологической основе.

Для этого, в свою очередь, следует:

— во-первых, исходить из холистически-пространственного видения проблем развития национальной промышленности и необходимости соблюдения закономерностей коэволюции социально-экономической, технико-технологической, социокультурной и экологической пространственных систем, поскольку эти закономерности не являются общемировыми, а зависят от индивидуальных обстоятельств

---

\* European Commission. Peer Review of the Ukrainian Research and Innovation System. Horizon 2020 Policy Support Facility / Directorate-General for Research and Innovation. — Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016. — 76 p.

\*\* ITUdata. ICT Development Index 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.itu.int/net4/ITU-D/idi/2016/> [Accessed 24 Jan. 2017].

\*\*\* Конференція Connecting IT & OT — звіт / Асоціація Підприємств Промислової Автоматизації України, 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [http://appau.org.ua/ru/Conferenya\\_Connecting\\_IT\\_&\\_OT-zvit](http://appau.org.ua/ru/Conferenya_Connecting_IT_&_OT-zvit) [Accessed 24 Jan. 2017].

\*\*\*\* Прем'єр-міністр презентував проект Середньострокового плану пріоритетних дій Уряду на період до 2020 року / Урядовий портал, 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art\\_id=249628227](http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=249628227) [Accessed 24 Jan. 2017].

развития страны в пространстве и времени, и именно они определяют специфику постановки целей и способов их достижения на данном его этапе;

– во-вторых, активно использовать при выборе основных направлений и механизмов становления национальной smart-промышленности преимущества свободной торговли в рамках многосторонних (в первую очередь, с ЕС) и двухсторонних международных договоров, возможности усиления европейского институционального давления для ускорения прогрессивных организационно-управленческих, технико-технологических и структурно-отраслевых трансформаций, а также встраивания в Европейский единый цифровой рынок (Digital Single Market) и в Европейскую дигитализируемую индустрию (Digitising European Industry) [22, p. 9];

– в-третьих, учитывать конкурентные преимущества не только вновь создаваемых киберфизических систем, но и уже имеющихся производств и ресурсов, принимая во внимание, что в современной экономике ни одна отрасль промышленности не может априори рассматриваться как передовая или отсталая, а в каждой из них могут быть предприятия как с передовыми дигитализированными, так и с отсталыми производственными технологиями и системами управления; поэтому акценты в государственной промышленной политике должны быть перенесены с уровня отраслей на уровень предприятий и их пространственных агломераций.

### Список использованной литературы

1. *Збаразька Л.О.* Неоіндустріалізація в Україні: концепт національної моделі // Економіка промисловості. – 2016. – № 3. – С. 5–32.
2. *Lazi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M.* // Business & Information Systems Engineering. – 2014. – Vol. 6. – № 4. – P. 239–242.
3. *Schwab K.* The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond // Foreign Affairs. – 2015. – 12 December.
4. Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems ; [S. Jeschke, C. Brecher, H. Song, D. Rawat (Eds.)]. – Switzerland : Springer International Publishing, 2017. – 715 p.
5. *Evans P., Annunziata M.* Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines. – Fairfield, CT : General Electric Co., 2012.
6. *Yin S., Kaynak O.* Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends // Proceedings of the IEEE. – 2015. – Vol. 103. – № 2. – P. 136–143.
7. *Hu H., Wen Y., Chua T.-S., Li X.* Towards scalable systems for big data analytics: A technology tutorial // IEEE Access. – 2014. – Vol. 2. – P. 652–687.
8. *Baily M. N., Manyika J.* Is Manufacturing “Cool” Again? / Project Syndicate, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.project-syndicate.org/commentary/skills-and-workers-in-the-new-age-of-manufacturing-by-martin-n-baily-and-james-manyika?barrier=accessreg> [Accessed 4 Jan. 2017].
9. *Auschwitzky E., Hammer M., Rajagopaul A.* How big data can improve manufacturing / McKinsey & Company, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/how-big-data-can-improve-manufacturing> [Accessed 4 Jan. 2017].
10. *Jagadish H. V., Gehrke J., Labrinidis A.* et al. Big Data and Its Technical Challenges. Exploring the inherent technical challenges in realizing the potential of Big Data // Communications of the ACM. – 2014. – Vol. 57. – № 7. – P. 652–687.
11. *Manyika J., Chui M., Bughin J.* et al. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. – McKinsey Global Institute, 2013. – 162 p.

12. Holtgrewe U. New new technologies: the future and the present of work in information and communication technology // *New Technology, Work and Employment*. – 2014. – Vol. 29. – № 1. – P. 9–24.
13. Davisa J., Edgarb T., Porterc J., Bernadend J., Sarli M. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic // *Computers and Chemical Engineering*. – 2012. – Vol. 47. – P. 145–156.
14. Bughin J., Manyika J. Measuring the full impact of digital capital // *McKinsey Quarterly*. – 2013. – July.
15. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits // *Proceedings of the IEEE*. – 1998. – Vol. 86. – № 1. – P. 82–85.
16. Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений ; [пер. с англ.]. – М. : Дело, 2002. – 536 с.
17. Chang H.-J. *Bad Samaritans: The Myth of Free Trade and the Secret History of Capitalism*. – New York : Bloomsbury Press, 2008. – 256 p.
18. Brynjolfsson E., McAfee A., Spence M. New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy // *Foreign Affairs*. – 2014. – Vol. 93. – № 4.
19. Karabarbounis L., Neiman B. The Global Decline of the Labor Share // *The Quarterly Journal of Economics*. – 2014. – Vol. 129. – № 1. – P. 61–103.
20. Basu K., Bourguignon F., Lin J. Y. A New Year's Development Resolution / Project Syndicate, 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.project-syndicate.org/commentary/update-development-policy-inequality-by-kaushik-basu-et-al-2016-12> [Accessed 21 Jan. 2017].
21. Kochhar R. A Global Middle Class Is More Promise than Reality / Pew Research Center, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pewglobal.org/2015/07/08/a-global-middle-class-is-more-promise-than-reality/> [Accessed 5 Jan. 2017].
22. Reiman M., Rückriegel C. (Lead authors). *Road2CPS. Priorities and Recommendations for Research and Innovation in Cyber-Physical Systems*. – Steinbeis-Europa-Zentrum: Steinbeis-Edition, 2017. – 56 p.
23. Duhigg C., Bradsher K. How the U.S. Lost Out on iPhone Work // *The New York Times*. – 2012. – Jan. 21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.nytimes.com/2012/01/22/business/apple-america-and-a-squeezed-middle-class.html?\\_r=1&hp=&pagewanted=all](http://www.nytimes.com/2012/01/22/business/apple-america-and-a-squeezed-middle-class.html?_r=1&hp=&pagewanted=all) [Accessed 29 Jan. 2017].

#### References

1. Zbarazska L.O. *Neoindustrializatsiya v Ukraini: kontsept natsional'noi modeli* [Neoindustrialization in Ukraine: concept of national model]. *Ekonomika promyslovosti – The Economy of Industry Journal*, 2016, No. 3, pp. 5–32 [in Ukrainian].
2. Lazi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. *Business & Information Systems Engineering*, 2014, Vol. 6, No. 4, pp. 239–242.
3. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond. *Foreign Affairs*, 2015, 12 December.
4. *Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems*. S. Jeschke, C. Brecher, H. Song, D. Rawat (Eds.). Switzerland, Springer International Publishing, 2017.
5. Evans P., Annunziata M. *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. Fairfield, CT, General Electric Co., 2012.
6. Yin S., Kaynak O. Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends. *Proceedings of the IEEE*, 2015, Vol. 103, No. 2, pp. 136–143.
7. Hu H., Wen Y., Chua T.-S., Li X. Towards scalable systems for big data analytics: A technology tutorial. *IEEE Access*, 2014, Vol. 2, pp. 652–687.

8. Baily M. N., Manyika J. Is Manufacturing “Cool” Again? *Project Syndicate*, 2013, available at: <https://www.project-syndicate.org/commentary/skills-and-workers-in-the-new-age-of-manufacturing-by-martin-n--baily-and-james-manyika?barrier=accessreg>.
9. Auschitzky E., Hammer M., Rajagopaul A. How big data can improve manufacturing. McKinsey & Company, 2014, available at: <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/how-big-data-can-improve-manufacturing>.
10. Jagadish H. V., Gehrke J., Labrinidis A. et al. Big Data and Its Technical Challenges. Exploring the inherent technical challenges in realizing the potential of Big Data. *Communications of the ACM*, 2014, Vol. 57, No. 7, pp. 652–687.
11. Manyika J., Chui M., Bughin J. et al. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. McKinsey Global Institute, 2013.
12. Holtgrewe U. New new technologies: the future and the present of work in information and communication technology. *New Technology, Work and Employment*, 2014, Vol. 29, No. 1, pp. 9–24.
13. Davisa J., Edgarb T., Porter J., Bernadend J., Sarli M. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic. *Computers and Chemical Engineering*, 2012, Vol. 47, pp. 145–156.
14. Bughin J., Manyika J. Measuring the full impact of digital capital. *McKinsey Quarterly*, 2013, July.
15. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Proceedings of the IEEE*, 1998, Vol. 86, No. 1, pp. 82–85.
16. Nelson R., Winter S. *Evolyutsionnaya Teoriya Ekonomicheskikh Izmenenii* [An Evolutionary Theory of Economic Change]. Moscow, Delo, 2002 [in Russian].
17. Chang H.-J. *Bad Samaritans: The Myth of Free Trade and the Secret History of Capitalism*. New York, Bloomsbury Press, 2008.
18. Brynjolfsson E., McAfee A., Spence M. New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy. *Foreign Affairs*, 2014, Vol. 93, No. 4.
19. Karabarbounis L., Neiman B. The Global Decline of the Labor Share. *The Quarterly Journal of Economics*, 2014, Vol. 129, No. 1, pp. 61–103.
20. Basu K., Bourguignon F., Lin J.Y. A New Year’s Development Resolution. *Project Syndicate*, 2016, available at: <https://www.project-syndicate.org/commentary/update-development-policy-inequality-by-kaushik-basu-et-al-2016-12>.
21. Kochhar R. A Global Middle Class Is More Promise than Reality. Pew Research Center, 2015, available at: <http://www.pewglobal.org/2015/07/08/a-global-middle-class-is-more-promise-than-reality/>.
22. Reiman M., Rückriegel C. (Lead authors). *Road2CPS. Priorities and Recommendations for Research and Innovation in Cyber-Physical Systems*. Steinbeis-Europa-Zentrum, Steinbeis-Edition, 2017.
23. Duhigg C., Bradsher K. How the U.S. Lost Out on iPhone Work. *The New York Times*, 2012, Jan. 21, available at: [http://www.nytimes.com/2012/01/22/business/apple-america-and-a-squeezed-middle-class.html?\\_r=1&hp=&pagewanted=all](http://www.nytimes.com/2012/01/22/business/apple-america-and-a-squeezed-middle-class.html?_r=1&hp=&pagewanted=all).

Статья поступила в редакцию 15 февраля 2017 г.

---