DOI: 10.22394/2304-3369-2020-4-33-43 ВАК: 08.00.05

К ВОПРОСУ О ПОНЯТИИ «УМНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ» В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Л.М. Капустина[1 a], **Ю.Н. Кондратенко**[2 a]

[a]Уральский государственный экономический университет

АННОТАЦИЯ:

В связи с развитием цифровой экономики и началом четвертой промышленной революции возник интерес к понятию «умного предприятия», что объясняет актуальность научной проблемы – уточнения содержания данного понятия и выделения критериев отнесения предприятий к цифровым.

В статье авторами поставлена **цель** выделить критерии отнесения организаций к «умным» предприятиям на современном этапе развития процесса цифровизации. Для достижения данной цели проанализированы существующие в зарубежной и отечественной научной литературе виды умных предприятий Индустрии 4.0; определены их характерные черты и отличия; уточнено содержание понятия «умное предприятие» в промышленности. Рассмотрены также проблемы и перспективы развития цифровых промышленных предприятий в России.

Научная новизна заключается в сравнении существующих в литературе понятий виртуальных, цифровых и умных производств, предприятий будущего и в выделении их специфических характеристик.

Информационной базой послужили труды отечественных и зарубежных авторов по теме исследования, использованы методы системного и сравнительного анализа.

Результатами исследования стали разработка пирамиды понятий, позволяющей установить взаимосвязь между различными типами предприятий Индустрии 4.0, и выделение основных критериев «умного» предприятия: безлюдное производство, сбор данных с помощью сенсоров и датчиков, подключение механизмов к интернету, хранение данных в облачных сервисах, обработка информации на основе алгоритмов больших данных, наличие человеко-машинных интерфейсов и цифровой платформы, гибкая интеграция всех систем. Авторами также проанализировано распределение крупных компаний Европы по уровню цифровизации на пять групп, сделан вывод о том, что только около 10 % компаний относятся к полностью цифровым. В заключении на основе уточненных понятий определены проблемы и перспективы России в развитии Индустрии 4.0 и создании умных предприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: «умное» предприятие, Индустрия 4.0, интернет вещей (IoT), «умное» производство, виртуальное предприятие, цифровое предприятие, фабрика будущего.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Капустина Л.М., Кондратенко Ю.Н. (2020). К вопросу о понятии «умного предприятия» в цифровой экономике // Вопросы управления. № 4. С. 33–43.

В научной литературе понятия «умное предприятие», «интернет вещей», признаки четвертой промышленной революции обсуждаются в течение последнего десятилетия. Однако до настоящего времени не сформировалось однозначное понимание терминов «„умное“ предприятие» и «фабрика будущего», что во многом обусловлено малочисленностью практических примеров данных предприятий в мире и в России. Тем не менее, на уровне ряда международных организаций и правительств государств объявлен существенный экономический прогресс, который в перспективе будет достигнут благодаря дигитализации бизнес-процессов и созданию цифровых предприятий. По оценкам аналитиков Всемирного Банка, компании *General Electric* и Всемирного экономического форума, реализация «Инду-

[1]AuthorID РИНЦ: 337417, ORCID: 0000-0001-8797-7831

[2]AuthorID РИНЦ: 545817

© Капустина Л.М., Кондратенко Ю.Н., 2020

стрии 4.0» может принести мировой экономике дополнительный доход до 30 трлн долларов США в период до 2025 г. [1]. При этом наибольший доход ожидается в области производства товаров потребления ($ 10,3 трлн), в автомобильной промышленности ($ 3,8 трлн), в логистике ($ 3,9 трлн), в электротехнической промышленности ($ 3,0 трлн) [1]. По прогнозам комиссии ЕС за счет цифровизации промышленности европейские производители к 2030 г. могут достичь роста производства от 15 до 20 % [2]. «Умное предприятие» становится целью, к которой стремятся передовые в сфере цифровой экономики и «Индустрии 4.0» компании развитых стран мира. Однако на практике внедряются пока преимущественно отдельные цифровые решения и системы автоматизации.

Важно отметить, если «Индустрия 3.0» была направлена на автоматизацию отдельных технологических процессов, то «Индустрия 4.0» предполагает взаимодействие виртуальных и физических систем производства на глобальном уровне путем синтеза различных технологий и использования «интернета всех вещей» [3; 4]. В связи с этим быстрое развитие получили информационные и промышленные технологии по созданию искусственного интеллекта, а гибкость и скорость внедрения инноваций стали основными факторами успеха цифровых предприятий. Интеграция научной, технической, индустриальной, инфраструктурной подсистем стала необходимой для инновационного развития страны и «Индустрии 4.0» [5, с. 489]. В условиях четвертой промышленной революции экономика, информатика и промышленный менеджмент объединяются в киберфизические сети [6] и возникает необходимость применения новых методов принятия решений и управления бизнесом в онлайн-режиме [7]. Следовательно, «умное» предприятие (*smart factory*) – это ключевое понятие концепции «Индустрии 4.0». Однако на данный момент проблема определения характеристик «умного» предприятия находится еще на начальной стадии своего решения, что требует исследования феномена «умного» производства и конкретизации его отличительных черт.

Авторами ставится задача выявить наиболее значимые критерии отнесения предприятия к «умному» производству, а также обобщить примеры «умных» производств и оценить перспективы создания подобных предприятий в России.

В научной литературе выделяются такие виды предприятий цифровой экономики как, «„умное“ предприятие», «цифровая фабрика», «виртуальное предприятие», «предприятие будущего». С целью уточнения понятийного аппарата и определения места «умного» предприятия среди аналогичных терминов авторами проведен анализ представленных в литературе определений, результаты которого приведены таблице 1.

Цифровые предприятия обеспечивают проектирование и производство конкурентоспособной продукции от стадии НИОКР до выведения ее на рынок в короткие сроки, нацелены на уменьшение производственного брака, нивелирование ошибок технологического дизайна, создание новых экологичных и экономичных товаров с новыми потребительскими свойствами.

В качестве входного продукта «умных» фабрик, как правило, используются результаты работы цифровых фабрик. Из анализа таблицы 1 следует, что «умное» предприятие – это компактное безлюдное производство, использующее искусственный интеллект.

Виртуальная фабрика подразумевает наличие информационных систем управления предприятием, позволяющих представлять в виде единого объекта все организационные, производственные, сервисные, логистические и прочие процессы в глобальной цепочке создания ценности. Системой датчиков и сенсоров охвачены все материальные активы, что позволяет оцифровать все звенья цепочки создания ценности.

Также в литературе встречается понятие «предприятие будущего» (или «фабрика будущего», *future factory*) [17–20]. Способность быстро менять технологические процессы, реагируя на рыночный спрос и пожелания заказчиков, является определяющей характеристикой предприятия будущего. Производится только то, что нужно потребителю, реализуется кастомизация и индивидуализация произ-

Таблица 1 – Характеристики цифровой фабрики, умного предприятия/фабрики, виртуального предприятия
Table 1 – Characteristics of digital, smart and virtual factory

Характеристика	Автор(ы)
Цифровая фабрика (Digital Factory)	
Интегрированный комплекс цифровых моделей, методов и инструментов, средств моделирования и 3D-визуализации, взаимосвязанных между собой на основе больших данных [8]	Садовский Г.Л. (2017)
Создание цифрового двойника продукта до его производства за счет использования соответствующего программного обеспечения [9]	Filos E., Helmrath C., Riemenschneider R. (2011)
Создание цифрового макета (*Digital Mock-Up*, *DMU*), «цифрового двойника» (*Smart Digital Twin*), опытного образца или мелкой серии («безбумажное производство», «всё в цифре») [10]	Боровков А.И., Осьмаков В.С. (2017)
Производство, планирование, тестирование и моделирование производственных процессов до выхода конечного продукта в единой виртуальной среде [11]	Голдовский А. (2009)
Сеть цифровых моделей, методов и инструментов (включая моделирование, симуляцию и визуализацию в 3D / виртуальную реальность), интегрированная в общую систему управления предприятием [12]	Caggiano C. (2018)
Умное предприятие / фабрика (Smart Factory)	
Технологическое оборудование запрограммировано на самооптимизацию, вертикальную и горизонтальную интеграцию в рамках единого цифрового пространства благодаря применению новейших электронных коммуникационных технологий [13]	Лопухов И. (2015)
Контроль и оптимизация процессов производства осуществляются с использованием специализированного программного обеспечения, лазеров и устройств с искусственным интеллектом, встроенных в машины и инфраструктуру [9]	Filos E., Helmrath C., Riemenschneider R. (2011)
Высокий уровень автоматизации и роботизации, исключающий человеческий фактор («безлюдное производство») [10]	Боровков А.И., Осьмаков В.С. (2017)
Наличие гибкой и эффективной интеграции между подразделениями внутри и с внешними партнерами, создающей сеть динамичных виртуальных организаций [14]	Hozdic E. (2015)
Полностью интегрированная совместная производственная система, реагирующая на изменения в цепочке поставок и нужды потребителей в режиме реального времени [15]	Feeney A.B., Proctor F. (2017)
Виртуальное предприятие (Virtual Factory)	
Создание ценностей путем интеграции продуктов и услуг за счет использования программного обеспечения для единого взаимодействия и управления производственными активами и новых бизнес-моделей [9]	Filos E., Helmrath C., Riemenschneider R. (2011)
Объединение физических активов с виртуальными способами управления [16]	Уорнер М. (2005)
Виртуальная модель системы комплексных технологических решений во всех звеньях глобальных цепочек поставок и объединение цифровых и «умных» фабрик в сеть [10]	Боровков А.И., Осьмаков В.С. (2017)

водства. Ожидается, что предприятия будущего обеспечат повышение производительности, создание рабочих мест, требующих высокого уровня квалификации специалистов, гибкости и креативности мышления. Концепция организации производства будет сфокусирована на кооперации, повышении экологичности, новых трудовых отношениях.

Таким образом, на основе проведенного анализа, авторами сделан вывод, что каждое следующее понятие шире предыдущего:

– цифровая фабрика предшествует созданию «умного» предприятия в качестве его электронного двойника; ее цель – планирование, тестирование и моделирование производственных процессов до выхода конечного продукта и на основе использования комплекса цифровых моделей, методов и инструментов, средств моделирования и 3D-визуализации;

– «умное» предприятие использует результаты работы цифровых фабрик (как входной продукт) и предполагает производство без участия человека на основе искусственного интеллекта и гибкой интеграции (как между подразделениями внутри, так и с внешними партнерами);

– виртуальное предприятие выступает завершающим этапом цифровизации всех бизнес-процессов и представляет собой киберфизическую систему и искусственный интеллект, которые позволяют охватить всю цепочку создания ценности от поставки сырья до доведения продукта до потребителя;

– фабрика будущего – реализация на базе виртуальных и цифровых технологий кастомизации и индивидуализации производства с фокусом на гибкость и креативность мышления, кооперацию и новые трудовые отношения.

Исходя из данного анализа, авторами предложена пирамида понятий, характеризующая развитие предприятия в условиях дигитализации и «Индустрии 4.0».

В основе пирамиды авторами указано предприятие с элементами цифровизации как подготовительный этап, который проходит предприятие, поставившее перед собой цель создания «умного» производства или фабрики будущего. Как правило, лишь создавая производство с нуля, возможно сразу начать с этапа цифровой фабрики или «умного» предприятия, изменения же существующих производств происходят постепенно путем внедрения новых технологий, методов управления и цифровых систем.



Рисунок 1 – Пирамида понятий предприятий Индустрии 4.0

Figure 1 – Industry 4.0 enterprise concept pyramid

На начальном этапе развития процесса цифровизации «умные», цифровые, виртуальные предприятия, а также фабрики будущего по содержанию практически идентичны и могут рассматриваться как синонимы, так как многие ведущие европейские, американские и японские компании находятся примерно на одном уровне развития. В дальнейшем же по мере активизации процессов дигитализации разрыв между компаниями может увеличиться и тогда деление на разные типы компаний станет более явным.

В целом на данном этапе под «умным» предприятием авторами предложено понимать гибкую компактную систему производства, в которой на общей цифровой платформе применяются безлюдные, аддитивные, виртуальные технологии и большие данные, позволяющие на основе облачных вычислений прогнозировать и быстро реагировать на изменения во внутренней и внешней среде, обеспечивая эффективное управление предприятием в режиме реального времени.

К основным критериям «умного» предприятия авторами отнесены:

– сбор данных с помощью сенсоров и датчиков, подключение механизмов к интернету;

– хранение данных в облачных сервисах;

– обработка информации на основе алгоритмов больших данных;

– наличие человеко-машинных интерфейсов и цифровой платформы, которая включает общую базу данных и инструменты управления производственным циклом и составляет экосистему;

– безлюдное производство;

– формирование кастомизированной бизнес-модели, когда управление предприятием осуществляется в реальном времени и продукция производится по индивидуальным заказам потребителей, что обеспечивает экономию ресурсов и повышает удовлетворенность покупателей.

Развитие «умных» производств на примере крупнейших компаний мира

В настоящее время в литературе все чаще появляются бизнес-кейсы эффективного использования «умных» и цифровых производств, описание примеров отдельных технологических процессов на предприятиях в

США, Европейском союзе, Японии и ряде других стран.

Согласно разработанной пирамиде понятий, к примерам цифровых фабрик можно отнести:

– компанию *Boeing*, внедрившую виртуальную платформу для коллаборативной разработки новых самолетов, собрав коллективную экспертизу с более чем 100 компаний, чтобы вместе, онлайн или офлайн, наработать лучшие идеи и создать *787 Dreamliner*, который стал более эффективным по стоимости и потреблению топлива [21];

– компанию *Samsung*, использовавшую виртуальное прототипирование для построения новых гибридных систем преобразователей и в результате улучшевшую производительность разработки более чем на 50 % [21];

– компанию *Bombardier Aerospace*, создавшую цифровую модель завода и оценившую сценарии разработки и производства до того, как начались реальное строительство и поставка оборудования. Цифровые 3D-модели были разработаны с фокусом на задачах оптимизации загрузок по участкам, определения лучшего ритма производства и обеспечения персоналом. Симуляция позволила сократить размеры нового завода до 50 % по сравнению к предыдущим стандартам, улучшить производительность и качество через обнаружение узких мест и ошибок [21];

– компанию *General Electric*, устанавливающую на выпускаемое оборудование датчики и подключающую их к облачной платформе, управляя работой оборудования по всему миру, а также активно использующую 3D-печать, которая позволила снизить издержки и повысить качество продукции [22].

Отдельные элементы умных предприятий демонстрируют следующие компании:

– *Cascade* – крупнейший производитель изделий из бумаги, картона и текстиля, использовавший платформу *KepServerEX* от *Kepware* и поддерживающий прозрачные коммуникации по всем 17 заводам, нескольким десяткам бумагоделательных машин и почти 90 линиям переработки на данной платформе, позволяющие обмениваться данными с любой из машин на производстве, где установлены почти 500 ПЛК. В результате *Cascade* улучшил показатели операционной эффективности на 5 % и обеспечил основу для будущего масштабирования своих новых систем [21];

– группа компаний *Bosch*, создающая сетевую производственную базу для «Фабрики 4.0», интеллектуальное оборудование для умных заводов в фармацевтической и пищевой промышленности, а также предлагающая набор программного обеспечения, разработанный *Bosch Software Innovations*, который позволяет оптимизировать весь процесс обслуживания оборудования [23].

На первой стадии виртуального предприятия, по нашим оценкам, находится электронный завод *Siemens* в г. Амберг, где 75 % производственных операций выполняются роботами и компьютерами, а большие данные и облачные сервисы позволяют отслеживать все этапы производственного цикла по каждому продукту.

К начинающему предприятию будущего можно отнести *Harley-Davidson*, цифровая перестройка которого позволила провести кастомизацию, сократить производственный цикл с 21 дня до шести часов, что привело к тому, что «каждые полторы минуты с конвейера сходит мотоцикл, полностью настроенный под своего будущего владельца» [24].

Международная компания данных (*International Data Company*, *IDC*) оценила уровень цифровизации крупных компаний Европы с числом занятых более 250 человек (рис. 1).

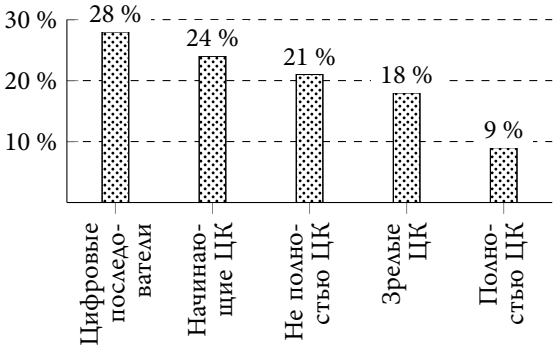


Рисунок 2 – Типологизация европейских компаний по уровню использования цифровых технологий[3]

Figure 2 – Typology of European companies according to the level of use of digital technologies

[3]Составлено авторами по: IDC European Vertical Markets Survey 2012.

Примерно 20 % европейских компаний не относятся к цифровым, не используют социальные медиа и облачные решения. Как следует из рисунка, эксперты *IDC* отнесли к полностью цифровым предприятиям менее 10 % крупных европейских компаний.

Рынок платформ «интернета вещей» растет на 25 % в год, в 2016 г. их число составило 450, при этом более половины разработчиков находятся в США; большинство (32 %) сосредоточены на поддержке промышленного «интернета вещей» [22, с. 24].

Развитие умных предприятий в России

Повышение конкурентоспособности России возможно на основе использования новых технологий «Индустрии 4.0» [25, с. 195]. Так, создание по инициативе «Ростелекома» и «Роскосмоса» Ассоциации содействия развитию промышленного интернета можно считать важным шагом по переходу России к цифровой экономике [26]. Однако для успешного встраивания в процессы четвертой промышленной революции России требуется решить целый ряд вопросов, касающийся внедрения инноваций предшествующей «Индустрии 3.0». Низкий уровень автоматизации, роботизации и оцифрованности на предприятиях, малые инвестиции в НИОКР препятствуют быстрому освоению технологий умного производства [26; 18], так как именно цифровые фабрики предоставляют входной продукт для умных предприятий.

Согласно разработанной авторами пирамиде понятий, Россия находится на этапе создания предприятий с элементами цифровизации. Отдельные цифровые решения внедрены пока только в крупнейших корпорациях: Ростехнологии, Газпром, Росатом, Роснефть, РЖД, АО «КамАЗ», ПАО «СИБУР-Холдинг», Сбербанк и др. Так, Газпром внедряет программу «Цифровое месторождение», предполагающую максимальную автоматизацию и внедрение новых IT-решений. ОАО «РЖД» реализует систему больших данных (*Big Data*), которая дает возможность прогнозировать состояние узлов поезда, увеличивать степень готовности подвижного состава [23]. В феврале 2017 г. правительство РФ утвердило дорожную карту по развитию национальной технологической инициативы «Передовые производственные технологии» – «Технет». Цель дорожной карты – увеличить долю России на рынке глобальных услуг, соответствующих требованиям «Индустрии 4.0» как минимум до 1,5 % (сейчас доля России составляет 0,28 %) [26]. Наиболее перспективными направлениями выбраны цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии, индустриальный интернет и робототехника. В качестве примеров можно назвать: в автомобилестроении – беспилотный коммерческий транспорт компании «Волгобас», в судостроении – самый большой атомный ледокол в мире проекта 22220 «Арктика» [26]. В России ключевыми сегментами «интернета вещей» стали электроэнергетика и транспорт.

Систематизация растущего числа бизнес-кейсов в сфере формирования умных производств позволит в дальнейшем более обоснованно выявить характеристики, преимущества и проблемы внедрения цифровых технологий и «интернета вещей». Многие предприятия отмечают, что реализация принципов виртуальной компании оказывается значительно сложнее, чем это выглядит на бумаге, создание цифровых платформ и применение аддитивных технологий отличаются дороговизной и приносят нередко эффект, меньший чем прогнозируемый [22, с. 24].

Подводя итог, отметим, что создание «умных» предприятий в России и сохранение конкурентоспособности в условиях «Индустрии 4.0» потребует серьезное реформирование всего производственного процесса. Целесообразным является проведение следующих мероприятий:

– приведение существующих государственных стандартов в соответствие с концепцией «умного» предприятия;

– финансовое стимулирование для полномасштабной модернизации производств;

– изменение образовательной системы в части подготовки квалифицированных специалистов в области программирования, робототехники и информационной безопасности;

– вывод задачи автоматизации и оцифровывания российских производств на уровень государственной стратегии. Инициатива по внедрению «умных» технологий исхо-

дит в России сверху, директивно и комплексно, с предоставлением необходимой помощи и поддержки [27].

– переход от модели выполнения всех производственных операций с использованием собственных производственных мощностей к гибридной модели распределенного автоматизированного производства, что поможет повысить степень автоматизации процессов, сэкономить время и ресурсы, улучшить качество, снизить зависимость от человеческого фактора;

– внедрение облачных платформ для сетевого взаимодействия между промышленными компаниями и правовое регулирование их работы с зарубежными платформами с целью обеспечения требований экономической безопасности.

Заключение

Несмотря на попытки исследователей разграничить понятия цифровых, виртуальных и «умных» предприятий, выделяя разные акценты в их деятельности, на данном этапе развития четвертой промышленной революции предприятия будущего, цифровые, виртуальные и «умные» предприятия в значительной степени воспринимаются как синонимы, при этом они могут иметь черты как цифрового, так и виртуального предприятия, объединяя в единую систему физические активы с цифровыми и виртуальными компонентами, в результате чего получается киберфизическая производственная экосистема.

К основным критериям умного предприятия авторами отнесены сбор данных с помощью сенсоров и датчиков, подключение механизмов к интернету, хранение данных в облачных сервисах, обработка информации на основе алгоритмов больших данных, наличие человеко-машинных интерфейсов и цифровой платформы, которая включает общую базу данных и инструменты управления производственным циклом и составляет экосистему, формирование кастомизированной бизнес-модели. На умном предприятии теряет смысл эффект масштаба, благодаря возможности быстрой переналадки и перестройки технологических процессов, управляемых децентрализованным искусственным интеллектом, под заказы и потребности конкретных индивидуальных клиентов.

При перестройке существующих предприятий, как правило, происходит поэтапный процесс цифровизации от отдельных элементов до фабрики будущего. Авторами предложена пирамида понятий, которая позволяет упорядочить существующее многообразие определений и разграничить предприятия эпохи «Индустрии 4.0» в зависимости от уровня цифровизации. Однако, учитывая, что примеров «умных», цифровых и виртуальных предприятий в мире на данный момент немного, то понятия еще будут, безусловно, уточняться и конкретизироваться по мере накопления практического опыта. Россия пока отстает от ведущих стран мира по созданию умных промышленных предприятий, роботизации производства, внедрению «интернета вещей», и в данных условиях задача автоматизации и оцифровывания российских производств закономерным образом выведена на уровень государственной стратегии и регламентации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Introducing the Digital Transformation Initiative // World Economic Forum. URL: http://reports.weforum.org/digital-transformation/introducing-the-digital-transformation-initiative (accessed 01.10.2018).

2. Digital Transformation of European Industry and Enterprises // Report and recommendations of the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship – 2016. URL: http://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/entrepreneurship/strategic-policy-forum/index_en.htm (дата обращения: 25.10.2017).

3. Толкачев С.А. (2017). Индустрия 4.0 и ее влияние на технологические основы экономической безопасности России // Вестник Российской академии естественных наук. № 1. С. 79–83.

4. Шваб К. Четвертая промышленная революция // Евразийская экономическая комиссия. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/

act/dmi/workgroup/materials (дата обращения: 06.09.2017).

5. Andreeva E.L., Zakharova V.V., Myslyakova Y.G., Ratner A.V., Glukhikh P.L. (2016). Organization of innovative systems in global economy, In: *Proceedings of 3rd international multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts. Economics and tourism (August 24–30, 2016)*, Sofia. Book 2, vol. 5, pp. 487–493.

6. Дроговоз П.А., Иванов П.Д. (2013). Перспективы развития бизнес-информатики как междисциплинарного подхода к управлению наукоемкими промышленными предприятиями // Электронное научно-техническое издание «Инженерный журнал: наука и инновации». Вып. 3 (15). С. 1–9.

7. Скобелев О.П. Мультиагентные технологии для управления ресурсами в практических применениях. URL: http://www.slideshare.net/rudnichenko/ss-10415163 (дата обращения: 15.09.2017).

8. Садовский Г.Л. (2017). Анализ современных тенденций цифровой трансформации промышленности // Молодой ученый. № 14. С. 427–430.

9. Filos E., Helmrath C., Riemenschneider R. "Smart factories" with next generation of production systems, *European commission*. URL: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/conference2011/fof-1-5-rolf-riemenschneider-christoph-helmrath-11072011_en.pdf (accessed 06.09.2017).

10. Боровков А.И., Осьмаков В.С. Центр компьютерного инжиниринга СПбГУ. Национальная технологическая инициатива (НТИ) // Дорожная карта Технет. URL: http://fea.ru/compound/national-technology-initiative (дата обращения: 01.10.2018).

11. Голдовский А. (2009). Цифровое производство – ключ к успеху // Рациональное управление предприятием. № 4. С. 54–56.

12. Caggiano C. Digital Factory Concept Implementation. URL: https://www.jleapt-unina.fraunhofer.it/Digital%20Factory/index.html (accessed 01.10.2018).

13. Лопухов И. (2015). Коммуникационные технологии умного предприятия в рамках концепции Индустрия 4.0 и Интернета вещей // Современные технологии автоматизации. № 2. С. 25–30.

14. Hozdic E. (2015). Smart factory for industry 4.0, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, no. 1, pp. 129–132.

15. Feeney A.B., Proctor F. Smart Manufacturing Operations Planning and Control Program, *National Institute of Standards and Technology*. URL: https://www.nist.gov/programs-projects/smart-manufacturing-operations-planning-and-control-program (accessed 01.10.2018).

16. Уорнер М. (2005). Виртуальные организации. Новая форма ведения бизнеса в XXI веке. М. : Добрая книга.

17. Абрамова И.Г., Корнилова А.С., Корнилов С.С. (2013). «Фабрика будущего». Инструмент конструирования инновационной экономики будущего // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. № 6 (3). С. 817–819.

18. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» // СПб. : Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2012.

19. Файт Э. Индустрия 4.0: Будущее или реальность? URL: https://www.festo.com/rep/ru_ru/assets/pdf/RU%20Publishes%2002_2016-1.pdf (дата обращения: 01.10.2018).

20. Фойер З. Предприятия будущего: генераторы рабочих мест // САПР и графика. URL: http://sapr.ru/article/24451 (дата обращения: 19.03.2018).

21. Индустрия 4.0 – кейсы и примеры // Association of Industrial Automation of Ukraine. URL: https://appau.org.ua/publications/yndustryya-4-0-kejsy-y-prymery (дата обращения: 01.10.2018).

22. Маркова В.Д. (2018). Цифровая экономика. М. : ИНФРА-М.

23. INDUSTRIE 4.0 – умное производство будущего // Государственная Hi-Tech Стратегия 2020. Германия, 2016. URL: http://json.tv/tech_trend_find/industrie-40-umnoe-proizvodstvo-buduschego-gosudarstvennaya-hi-tech-strategiya-2020-germaniya-20160227025801 (дата обращения: 01.10.2018).

24. Шеховцов М. (2016). Что сулит миру интернет вещей? // Эксперт. № 48. С. 17.

25. Капустина Л.М., Кондратенко Ю.Н. (2017). Проблемы конкурентоспособности России в условиях развития Индустрии 4.0 // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли (СПб., 06–07 июня 2017 г.). СПб. С. 191–196.

26. Россия 4.0: четвертая промышленная революция как стимул глобальной конкурентоспо-

собности // ТАСС. URL: http://tass.ru/pmef-2017/articles/4277607 (дата обращения: 16.03.2018).

27. Кондратенко Ю.Н. (2017). «Умное» предприятие в промышленности региона: понятие и перспективы // Урал – XXI век: регион инновационного развития: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 29–30 ноября 2017 г.). Екатеринбург. С. 158–165.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Капустина Лариса Михайловна — доктор экономических наук, профессор; Уральский государственный экономический университет (620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45); lakapustina@bk.ru.

Кондратенко Юлия Николаевна — кандидат экономических наук, доцент; Уральский государственный экономический университет (620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45); julkon@yandex.ru.

ON THE ISSUE OF THE CONCEPT OF "SMART ENTERPRISE" IN THE DIGITAL ECONOMY

L.M. Kapustina[4a], **Yu.N. Kondratenko**[5a]

[a]Ural State University of Economicis

ABSTRACT:

In the context of the development of the digital economy and the beginning of the fourth industrial revolution, there was an interest in the concept of "smart enterprise", which explains the relevance of the scientific problem – clarifying the content of this concept and highlighting the criteria for classifying enterprises as digital.

In the article, the authors **aim** to identify criteria for classifying organizations as "smart" enterprises at the current stage of development of the digitalization process. To achieve this goal, the types of smart enterprises in Industry 4.0 that exist in foreign and domestic scientific literature are analyzed; their characteristic features and differences are determined; the content of the concept of "smart enterprise" in industry is clarified. The problems and prospects of development of digital industrial enterprises in Russia are also considered.

The scientific novelty involves comparing the existing concepts of virtual, digital and smart industries and enterprises of the future reported and highlighting their specific characteristics.

The papers of national and foreign researchers, and the methods of system and comparative analysis are used as **an information base**.

The research results included development of a pyramid of concepts that allows to establish the relationship between different types of Industry 4.0, and the allocation of the main criteria of a "smart" companies: unmanned production, data collection using monitors and sensors, the connection mechanisms to the Internet, data storage, cloud services, information processing based on algorithms, big data, human-machine interfaces and digital platforms, flexible integration of all systems. The authors also analyzed the distribution of large companies in Europe by the level of digitalization into five groups, and concluded that only about 10 % of companies are fully digital. In conclusion, on the basis of the refined concepts, the problems and prospects of Russia in the development of Industry 4.0 and the creation of smart enterprises are defined.

KEYWORDS: , Industry 4.0, Internet of things (IoT), "smart" enterprise, virtual enterprise, digital enterprise, futuristic factory.

[4]RSCI AuthorID: 337417, ORCID: 0000-0001-8797-7831

[5]RSCI AuthorID: 545817

FOR CITATION: Kapustina L.M., Kondratenko Yu.N. (2020). On the issue of the concept of "smart enterprise" in the digital economy, *Management Issues*, no. 4, pp. 33–43.

REFERENCES

1. Introducing the Digital Transformation Initiative // World Economic Forum. URL: http://reports.weforum.org/digital-transformation/introducing-the-digital-transformation-initiative (accessed 01.10.2018).

2. Digital Transformation of European Industry and Enterprises // Report and recommendations of the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship – 2016. URL: http://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/entrepreneurship/strategic-policy-forum/index_en.htm (дата обращения: 25.10.2017).

3. Tolkachev S.A. (2017). Industry 4.0 and its impact on the technological foundations of Russia's economic security, [i]Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences[/I], no. 1, pp. 79–83.

4. Schwab K. Fourth industrial revolution, *Eurasian Economic Commission*. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/workgroup/materials (accessed 06.09.2017).

5. Andreeva E.L., Zakharova V.V., Myslyakova Y.G., Ratner A.V., Glukhikh P.L. (2016). Organization of innovative systems in global economy, In: *Proceedings of 3rd international multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts. Economics and tourism (August 24–30, 2016)*, Sofia. Book 2, vol. 5, pp. 487–493.

6. Drogovoz P.A., Ivanov P.D. (2013). Prospects for the development of business informatics as an interdisciplinary approach to the management of knowledge-intensive industrial enterprises, [i]Electronic scientific and technical publication "Engineering Journal: Science and Innovations"[/I], issue 3 (15), pp. 1–9.

7. Skobelev O.P. Multi-agent technologies for resource management in practical applications. URL: http://www.slideshare.net/rudnichenko/ss-10415163 (accessed 15.09.2017).

8. Sadovsky G.L. (2017). Analysis of modern trends in digital transformation of industry, [i]Young scientist[/I], no. 14, pp. 427–430.

9. Filos E., Helmrath C., Riemenschneider R. "Smart factories" with next generation of production systems, *European commission*. URL: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/conference2011/fof-1-5-rolf-riemenschneider-christoph-helmrath-11072011_en.pdf (accessed 06.09.2017).

10. Borovkov A.I., Osmakov V.S. Center for Computer Engineering of St. Petersburg State University. National Technological Initiative (NTI), *Technet Road Map*. URL: *http://fea.ru/compound/national-technology-initiative* (accessed 01.10.2018).

11. Goldovsky A. (2009). Digital production is the key to success, *Rational enterprise management*, no. 4. pp. 54–56.

12. Caggiano C. Digital Factory Concept Implementation. URL: https://www.jleapt-unina.fraunhofer.it/Digital%20Factory/index.html (accessed 01.10.2018).

13. Lopukhov I. (2015). Communication technologies of a smart enterprise within the framework of the concept of Industry 4.0 and the Internet of Things, *Modern Automation Technologies*, no. 2, pp. 25–30.

14. Hozdic E. (2015). Smart factory for industry 4.0, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, no. 1, pp. 129–132.

15. Feeney A.B., Proctor F. Smart Manufacturing Operations Planning and Control Program, *National Institute of Standards and Technology*. URL: https://www.nist.gov/programs-projects/smart-manufacturing-operations-planning-and-control-program (accessed 01.10.2018).

16. Warner M. (2005). Virtual organizations. A new form of doing business in the XXI century. Moscow : Good book.

17. Abramova I.G., Kornilova A.S., Kornilov S.S. (2013). "Factory of the Future". A tool for constructing an innovative economy of the future, *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, no. 6 (3), pp. 817–819.

18. "Smart" environments, "smart" systems, "smart" production: a series of reports (green books) within the project "Industrial and technological foresight of the Russian Federation" // Group of authors. St. Petersburg : Foundation "Center for Strategic Research" North-West", 2012.

19. Veit E. Industry 4.0: Future or Reality? URL: https://www.festo.com/rep/ru_ru/assets/pdf/RU%20Publishes%2002_2016-1.pdf (accessed 01.10.2018).

20. Foyer Z. Enterprises of the future: job generators, *CAD and graphics*. URL: http://sapr.ru/article/24451 (accessed 19.03.2018).

21. Industry 4.0 – cases and examples // Asso-

ciation of Industrial Automation of Ukraine. URL: https://appau.org.ua/publications/yndustryya-4-0-kejsy-y-prymery (accessed 01.10.2018).

22. Markova V.D. (2018). Digital economy. Moscow : INFRA-M.

23. INDUSTRIE 4.0 – smart production of the future // State Hi-Tech Strategy 2020. Germany, 2016. URL: http://json.tv/tech_trend_find/industrie-40-umnoe-proizvodstvo-buduschego-gosudarstvennaya-hi-tech-strategiya-2020-germaniya-20160227025801 (accessed 01.10.2018).

24. Shekhovtsov M. (2016). What does the Internet of Things promise the world?, *Expert*, no. 48, pp. 17.

25. Kapustina L.M., Kondratenko Yu.N. (2017). Problems of Russia's competitiveness in the context of the development of Industry 4.0, *Fundamental and applied research in the field of management, economics and trade* (St. Petersburg, June 06–07, 2017), St. Petersburg. Pp. 191–196.

26. Russia 4.0: the fourth industrial revolution as an incentive for global competitiveness // TASS. URL: http://tass.ru/pmef-2017/articles/4277607 (accessed 16.03.2018).

27. Kondratenko Yu.N. (2017). "Smart" enterprise in the industry of the region: concept and prospects, In: *Ural – XXI century: region of innovative development*: materials of the II Intern. scientific-practical conf. (Ekaterinburg, November 29-30, 2017). Ekaterinburg. S. 158–165.

AUTHORS' INFORMATION:

Larisa M. Kapustina — Advanced Doctor in Economic Sciences, Full Professor; Ural State University of Economicis (62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli St., Ekaterinburg, 620144, Russia); lakapustina@bk.ru.

Yuliya N. Kondratenko — Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor; Ural State University of Economicis (62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli St., Ekaterinburg, 620144, Russia); julkon@yandex.ru.