

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

Е.Н. Афанасьева

**Введение в индустрию 4.0:  
основы формирования  
цифрового будущего**

Томск  
Издательство ТУСУРа  
2021

УДК 004:34  
ББК 32.971.32  
А941

**Рецензенты:**

**Касенова М.Б.**, д-р юрид. наук, зав. каф. международного частного права Московской Высшей школы социальных и экономических наук, почетный профессор Дипломатической академии МИД России, член Рабочей группы при ЭКС Пир-Центра по международной информационной безопасности и глобальному управлению Интернетом, член Комитета по управлению Интернетом Координационного Центра национального домена .ru/.рф  
**Шепель Т.В.**, д-р юрид. наук, зав. каф. гражданского права Новосибирского национального исследовательского государственного университета

**Афанасьева, Екатерина Нодариевна**

А941 Введение в Индустрию 4.0: основы формирования цифрового будущего : моногр. / Е.Н. Афанасьева. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2021. – 93 с.

ISBN 978-5-86889-906-5

Осуществляемая современным обществом «цифровая трансформация» носит междисциплинарный и международный характер, соответственно, современный юрист должен ознакомиться с базовыми терминами, принципами, нормативными и рекомендательными документами, разработанными мировыми специалистами в рассматриваемой области. На страницах монографии автор помогает последовательно разобраться в сути основных концепций, оформляющих Четвертую промышленную революцию, методично освоить сложный технический и правовой материал, в основной своей массе представленный на английском и немецком языках.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов юридических вузов, практикующих юристов и всех, кто интересуется вопросами глобальной повестки текущего дня – вопросами цифровизации.

УДК 004:34  
ББК 32.971.32

ISBN 978-5-86889-906-5

© Афанасьева Е.Н., 2021  
© Томск. гос. ун-т систем упр.  
и радиоэлектроники, 2021

Ποσβιααταισά Βασιλισε Πετροвне Γυσα  
Αφιερωμένο στο αφεντικό μας, Βασιλική Γκιούσα



## Оглавление

Введение.....	6
<b>А. Основы построения концепции Индустрия 4.0</b>	
I. Сущностные характеристики и история Индустрии 4.0.....	9
II. Четвертая промышленная революция и Третья индустриальная инновационная волна Промышленного Интернета .....	21
III. Стратегия внедрения Индустрии 4.0: ожидания и риски.....	26
IV. Эталонная архитектурная модель Индустрии 4.0 (Reference Architectural Model Industrie 4.0 – RAMI 4.0) .....	30
<b>В. Базовые «строительные блоки» Индустрии 4.0</b>	
I. Киберфизические системы (Cyber-physical systems – CPS) .....	36
II. Интернет вещей (Internet of Things – IoT) и Промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things – IIoT) .....	40
III. Ключевые технологии, раскрывающие потенциал Интернета вещей .....	46
i. AIoT (Artificial Intelligence of Things): взаимодействие Искусственного интеллекта с Интернетом вещей .....	48
ii. Сети 5G и их влияние на Интернет вещей .....	58
iii. Неразрывная связь Интернета вещей и Больших данных (Big Data).....	69
Заключение .....	77
Литература .....	80
Приложение 1. Суть новизны и система координат для Индустрии 4.0 .....	88
Приложение 2. Концептуальная карта киберфизических систем профессора Эдварда А. Ли .....	89
Приложение 3. Четыре основных сегмента AIoT .....	90
Приложение 4. Внедрение технологии 5G .....	92

## Введение

Выживает не самый сильный и не самый умный,  
а тот, кто лучше всех приспосабливается к изменениям.

*Чарльз Дарвин*

Последние десятилетия только ленивый не процитировал Айзека Азимова, хотя свои «Три закона робототехники» он сформулировал еще в начале сороковых<sup>1</sup>. Кинематограф методично предостерегает о нашествии машин, писатели эксплуатируют тему любви между человеком и роботом, а ученые всех возможных направленностей беспрестанно спорят о пользе или вреде искусственной интеллигентности интеллектуальных процессов. Как, все-таки, относиться к цифровой трансформации нашей жизни: «братить или бежать»? Единственно возможным представляется принять ситуацию как данность. Впрочем, такое принятие не означает бездействие. Прогресс неумолим и настало время Четвертой промышленной революции, которая на этот раз тесно связана с цифровизацией и киберфизическими системами. Посему пора прекратить задаваться вопросом «кто виноват», важно как можно быстрее определиться с тем, «что делать».

Разбираться в вопросах цифровой трансформации, так или иначе, придется всем членам современного общества, а не только менеджерам компаний Кремниевой долины и молодых «стартапов». Это, как мы уже поняли, новый образ жизни для государств, организаций и простых граждан, рассчитывающих выжить в следующем десятилетии. Задача – не из простых, некоторые сравнивают ее с «попыткой собрать кубик Рубика на американских горках» [26]. И тем не менее для тех, кто преуспеет в этом, награда высока.

Особенно «пугающим» в этой связи представляется не столько сама цифровая трансформация, сколько ее темпы. Если соотнести скорость развития технологий с человеческой жизнью, безусловно, можно говорить о таком скачке, который переносит нас в «новую темпоральную эпоху» [70].

---

<sup>1</sup> Здесь речь идет об обязательных правилах поведения для роботов, изложенных в рассказе «Хоровод», опубликованном в марте 1942 года.

Четвертая промышленная революция (Fourth Industrial Revolution – 4IR) не возникла внезапно, несмотря на термин «революция» в названии. Это вполне прогнозируемое событие, берущее начало еще в 80-х годах, характеризующееся массовым переходом от аналоговых технологий к цифровым, а также повсеместным внедрением киберфизических систем практически во все сферы жизнедеятельности человека. 4IR ассоциируется с концепцией Индустрия 4.0 (Industrie 4.0 – I4)<sup>2</sup>, о которой и пойдет речь в данной работе.

Учитывая тот факт, что предстоящие изменения охватят самые разные стороны жизни общества: рынок труда, жизненную среду, политические системы, технологический уклад, человеческую идентичность и прочее, для современного юриста крайне важно как можно скорее разобраться в основных тенденциях вышеуказанных процессов. Фактически необходимо «взрастить» новое поколение «кибер-юристов», способных ориентироваться в этом «безумном, безумном мире». Действительно, говоря о правовом регулировании, до сих пор не ясно, готово ли существующее законодательство (не только на национальном, но и на мировом уровне) объять обширный круг вновь появившихся вопросов. В настоящее время общие правила продолжают действовать, кроме того, законодатели всех стран активно пытаются «поспевать за технологиями». В этой связи необходимо найти творческие решения для согласования новых обстоятельств с существующими нормами права, которые зачастую не предназначены для этой цели.

Кроме того, раскрывая потенциал Индустрии 4.0, важно создать определенный «климат доверия» к новым технологиям. Принципиально обеспечить максимальную предсказуемость и прозрачность цифровой трансформации во всех областях жизнедеятельности человека, а гарантировать транспарентность дигитализации современного общества без помощи стабильно урегулированных правовых аспектов практически невозможно.

---

<sup>2</sup> Безусловно, Российская Федерация по общему правилу не обязана руководствоваться нормами иностранного права, тем более различными стратегиями и инициативами. Тем не менее, учитывая глобальность происходящих изменений, I4 так или иначе является собой своеобразный «вектор движения» не только для Германии, но и для мира в целом.

В настоящее время существует масса статей, заметок и даже научных изданий, касающихся отдельных вопросов вхождения в новую эру 4IR, читатель наверняка сталкивался с такими понятиями, как искусственный интеллект (Artificial intelligence – AI), Интернет вещей (Internet of Things – IoT), Виртуальная/дополненная реальность (Virtual/Augmented reality – VR/AR), Большие данные (Big Data), 3D-печать (3D printing – 3DP), Кибербезопасность (Cyber security) и пр. Разобраться во всем этом массиве информации довольно сложно даже опытному юристу, учитывая, что этот материал содержит в себе огромную долю технических сведений. Переживаемая современным обществом, «цифровая трансформация» носит междисциплинарный и международный характер, поэтому современный юрист, безусловно, должен быть ознакомлен с основными терминами и нормативными и рекомендательными документами в рассматриваемой области. Проблема заключается в том, что все они представлены в основном на английском и немецком языках, кроме того, многие источники оказываются просто недоступны для российского юриста. В данной монографии последовательно разбираются (с авторским переводом на русский язык) основные понятия, концепции и оригинальные схемы, сопровождающие имплементацию Индустрии 4.0.

## **А. Основы построения концепции Индустрия 4.0**

### **I. Сущностные характеристики и история Индустрии 4.0**

В 2006 году на Ганноверской конференции правительство Германии представило «стратегию высоких технологий» [9] (Die Neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland), где объяснялось, каким образом будет происходить последовательное стимулирование инноваций. Важно отметить, что во главу угла были поставлены интересы общества в целом<sup>3</sup> (создание общественных благ, повышение качества жизни), то есть не только технологические инновации, но и социальные. В документе были описаны характеристики промышленного производства будущего следующим образом:

- высокая степень индивидуализации (персонализации) продукции с высокой гибкостью производства;
- вовлечение клиентов и деловых партнеров в процессы проектирования и создания общественных благ;
- объединение производства и высококачественных услуг, приводящее к возникновению «гибридных продуктов» (hybrid products).

В рассматриваемом документе выражалось намерение поддерживать бизнес и научное сообщество в разработке и внедрении I4. Дополнительный акцент был сделан на вопросы безопасности, влияния на труд и занятость, а также другие цифровые приоритеты,

---

<sup>3</sup> Подобный подход избран и разработчиками социально-экономической и культурной стратегии «Общество 5.0» (Япония, 2016 год). Society 5.0 или Super Smart Society основана на использовании цифровых технологий во всех сферах жизни с упором на развитие человеческого капитала [49].

Кроме того, в 2018 году Франция, Германия и Италия как важные игроки в области цифровизации в Европе начали инициативы по поддержанию и улучшению своих позиций в промышленности. Alliance Industrie du Futur во Франции, Plattform Industrie 4.0 в Германии и Piano Impresa 4.0 в Италии договорились объединить усилия, работая над общим планом действий по интернационализации, считая «сквозную цифровизацию» и глобальную стандартизацию решающими для цифровой экономики [34].

включая интеллектуальные услуги, интеллектуальные данные, облачные вычисления, цифровые/интеллектуальные сети, цифровую науку, цифровое образование и цифровую среду обитания и пр. Для изучения приоритетов высокотехнологичной стратегии и выработки инновационных рекомендаций была создана рабочая консультативная группа по инновационной политике (ведущим был назначен доктор Хеннинг Кагерманн из немецкой национальной академии наук и инженерии).

Пять лет спустя, в 2011 году, д-р Кагерманн, д-р Вольфганг Вальстер из Немецкого исследовательского центра искусственного интеллекта (German Research Center for Artificial Intelligence – DFKI) и д-р Вольф-Дитер Лукас из федерального министерства исследований и образования представили результаты работы консультативной группы в различных областях, включая Индустрию 4.0, которая с тех пор стала широко известна.

Перед презентацией в форме пресс-конференции они опубликовали статью под названием «Индустрия 4.0: на пути к Четвертой промышленной революции с Интернетом вещей» (Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution).

Будущий проект Industrie 4.0 был принят и сосредотачивался вокруг создания новых бизнес-моделей благодаря киберфизическим системам. Для дальнейшего его развития в 2013 году была создана Платформа I4 (Plattform Industrie 4.0). Создателями выступили: Bitkom (немецкая цифровая ассоциация), VDMA (немецкая ассоциация машиностроительной промышленности) и ZVEI (немецкая электротехническая промышленность), к которым позже присоединились другие компании.

Важно отметить, что потенциал 4IR проявится не только и не столько в оптимизации производственных процессов, сколько в широком спектре предлагаемых услуг. Например, IoT (Интернет вещей) дополняется так называемым «Интернетом услуг», поскольку интеллектуальные продукты предлагают свои возможности в качестве интеллектуальных услуг (Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution, 2011 [22]).

Работа над I4 ведется и по сей день, поскольку она решает не только вопросы промышленной политики, но также затрагивает экологические и социальные проблемы (эффективность использования ресурсов, охрана окружающей среды, урбанизация и пр.).

Plattform Industrie 4.0 внедряет I4 посредством своих рабочих групп на таких уровнях, как стандарты, нормы, эталонные архитектуры, безопасность, приложения, бизнес-модели, правовые аспекты (тесно связанные с данными), рынок труда, образование, глобальное сотрудничество и пр. Учитывая высокую степень интернационализации Индустрии 4.0, Платформа имеет и английский веб-сайт (хотя все еще с сильным «немецким акцентом» [36]).

Итак, обратимся к общепринятому мнению о том, как мир пришел к Четвертой промышленной революции. Классический взгляд на эти четыре промышленные революции выглядит следующим образом. Приведем таблицу, составленную специалистами Aberdeen Group<sup>4</sup>. Здесь и далее будем разбирать оригинальные схемы (безусловно, с переводом), приведенные соответствующими специалистами на английском языке. Учитывая глобальность грядущих цифровых изменений и интернациональность научных исследований в этой области, необходимо постепенно «привыкать» к сложившейся терминологии.

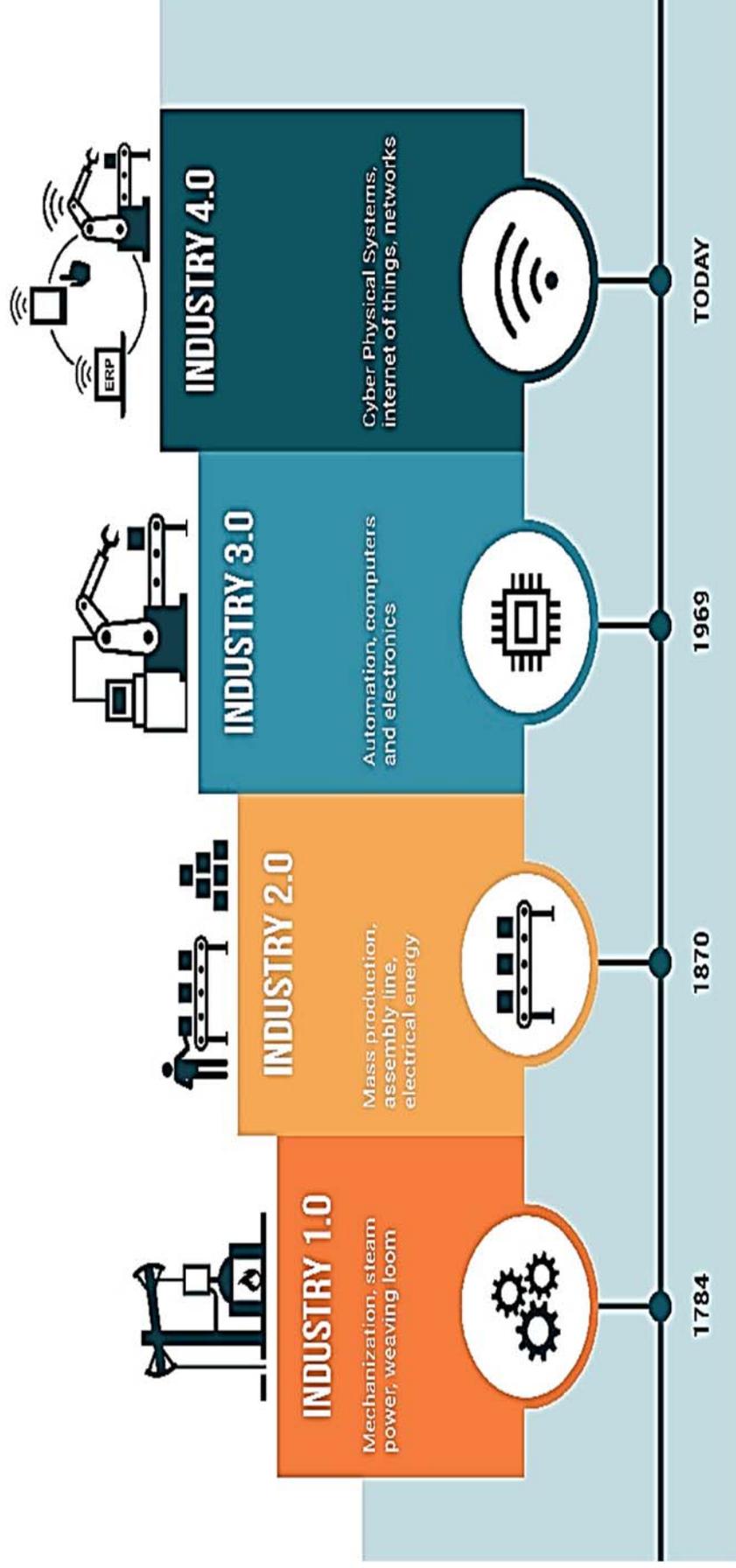
На приведенной схеме: Индустрия 1.0 представлена такими явлениями, как «механизация, паровая энергетика, ткацкий станок»; Индустрия 2.0 – «массовое производство, сборочный конвейер, электрическая энергия»; Индустрия 3.0 – «автоматизация, компьютеры и электроника»; Индустрия 4.0 – «киберфизические системы, Интернет вещей, сетевые технологии».

Рассмотрим подробнее данные этапы.

Первая промышленная революция (которая действительно была революцией), среди прочего, благодаря изобретению паровых машин, использованию воды и паровой энергии, привела к промышленному преобразованию общества с переходом от ручных методов производства к машинным, с поездами и пр.

---

<sup>4</sup> Aberdeen Group – это международная маркетинговая компания, которая собирает и анализирует данные о поведении покупателей в более чем 200 секторах B2B (Business-to-Business) [21].



Безусловно, внедрение новых технологий заняло много времени, поэтому период, к которому это относится, находится «между 1760 и 1820 годами или 1840 годом в Европе и Соединенных Штатах. Его влияние сказалось на текстильном производстве, которое первым приняло такие изменения, а также на черной металлургии, сельском хозяйстве и горнодобывающей промышленности. Кроме этого, такой переход имел и социальные последствия – усиление позиций среднего класса» [7].

Вторая промышленная революция (также известная как технологическая революция 1871–1914 гг.) обычно рассматривается как период, когда электричество и новые производственные «изобретения», которые она дала (например, сборочная линия), привели к возможности осуществления массового производства. Установка обширных железнодорожных и телеграфных сетей позволила намного быстрее распространять новые идеи и транспортировать людей. Как отмечают специалисты, «это был период большого экономического роста, с ростом производительности труда, который также вызвал всплеск безработицы, поскольку многие фабричные рабочие были заменены машинами» [19].

Вспоминаются впечатления, приведенные И. Ильфом и Е. Петровым в «Одноэтажной Америке», написанной в 1935–1936 гг.: «Процесс еды был так же превосходно рационализирован, как производство автомобилей или пишущих машинок. – Еще дальше кафетерий по этому пути пошли автоматы. Имея примерно ту же внешность, что и кафетерии, они довели процесс проталкивания пицци в американские желудки до виртуозности. Стены автомата сплошь заняты стеклянными шкафчиками. Возле каждого из них щель для опускания «никеля» (пятицентовой монеты). За стеклом печально стоит тарелка с супом, или мясом, или стакан с соком, или пирог. Несмотря на сверкание стекла и металла, лишённые свободы сосиски и котлеты производят какое-то странное впечатление. Их жалко, как кошек на выставке. Человек опускает никель, получает возможность отворить дверцу, вынимает суп, несет его на свой столик и там съедает, опять-таки положив шляпу под стул на специальную жердочку. Потом человек подходит к крану, опускает никель, и из крана в стакан течет ровно столько кофе с молоком,

сколько полагается. Чувствуется в этом что-то обидное, оскорбительное для человека. Начинаешь подозревать, что хозяин автомата оборудовал свое заведение не для того, чтобы сделать обществу приятный сюрприз, а чтобы уволить со службы бедных завитых девушек в розовых наколках и заработать еще больше долларов» [62]. Интересно, что приведенный путевой очерк был написан в 1935–1936 гг., и описанное в нем казалось чем-то сверхъестественным, а сегодня – это уже обыденность, если не «вчерашний день».

Тем не менее прогресс не стоял на месте и на смену технологической революции пришла революция цифровая. Произошла она «в конце XX века, после окончания двух мировых войн, в результате замедления темпов индустриализации и технического прогресса по сравнению с предыдущими периодами. Мировой финансовый кризис 1929 года, за которым последовала Великая депрессия, затронул многие промышленно развитые страны после первых двух революций» [2]. Итак, Третья промышленная революция ознаменовалась появлением компьютеров (создание компьютера Z1 положило начало более совершенным цифровым разработкам), компьютерных сетей (WAN, LAN, MAN и др.), ростом робототехники в производстве, связью и, очевидно, рождением Интернета, который радикально изменил способы обработки информации и обмена ею. Постепенно «машины начали отменять потребность в человеческой силе» [2].

В Четвертой промышленной революции мы переходим от «просто Интернета» и клиент-серверной модели к повсеместной мобильности, соединению цифровых и физических сред<sup>5</sup>, конвергенции информационных и операционных технологий, а также всех ранее упомянутых технологий (IoT, Big Data, Cloud и пр.) с дополнительными ускорителями, такими как «продвинутая робототехника» (advanced robotics) и системы искусственного интеллекта (AI) [22]. Подобные изменения приводят к широчайшим возможностям для инноваций и действительно полной автоматизации. В эпоху 4IR «машины начали управлять собой и производственным процессом, поэтому они больше не нуждаются в рабочей силе» [2].

---

<sup>5</sup> В производстве это принято называть Киберфизическими системами – Cyber Physical Systems.

Более подробно о последствиях (положительных аспектах и рисках) поговорим далее.

Итак, Индустрия 4.0 – что это такое? Если коротко, то I4 предполагает создание интеллектуальных машинных сетей и промышленных процессов, действующих посредством информационно-коммуникационных технологий. Существует достаточное количество способов для компаний использовать интеллектуальные сети. К таким возможностям относятся:

- гибкое производство (Flexible production): при производстве продукта многие компании участвуют в пошаговом процессе разработки продукта; в цифровой сети эти шаги могут быть лучше скоординированы, а нагрузка на машину лучше спланирована;

- трансформируемая фабрика/завод (Convertible factory): будущие производственные линии могут быть встроены в модули и быстро собираться для выполнения поставленных задач; увеличится производительность и эффективность; индивидуализированные продукты могут быть произведены в небольших количествах по доступным ценам;

- клиентоориентированные решения (Customer-oriented solutions): потребители и производители будут «двигаться по направлению друг к другу». Клиенты сами могут создавать продукты в соответствии со своими пожеланиями, например кроссовки, разработанные и адаптированные к уникальной форме стопы клиента. В то же время интеллектуальные продукты, которые уже поставляются и используются, могут отправлять данные производителю. Используя эти данные, производитель может улучшить свою продукцию и предложить клиенту новые услуги;

- оптимизированная логистика (Optimised logistics): алгоритмы могут рассчитать идеальные маршруты доставки, машины независимо сообщают, когда им нужен новый материал, как следствие – интеллектуальная сеть обеспечивает оптимальный поток товаров;

- использование данных (Use of data): данные о производственном процессе и состоянии продукта будут объединены и проанализированы. Анализ данных дает рекомендации о том, как сделать продукт более эффективным. Фактически, это послужит

основой для совершенно новых бизнес-моделей и услуг (например, производители лифтов могут предложить своим клиентам «прогнозное техническое обслуживание» (predictive maintenance): лифты оснащены датчиками, которые непрерывно передают данные об их состоянии, таким образом износ изделия будет обнаружен и исправлен до того, как он приведет к отказу лифтовой системы);

- ресурсоэффективная циклическая экономика (Resource-efficient circular economy): весь жизненный цикл продукта может быть проанализирован с опорой на имеющиеся и собираемые данные – уже на этапе проектирования возможно будет определить, какие материалы могут быть переработаны [58].

Сейчас же попробуем разобраться в схеме, представленной специалистами Бостонской консультационной группы (Boston Consulting Group – BCG<sup>6</sup>), под названием «Индустрия 4.0 подразумевает конвергенцию и применение девяти цифровых промышленных технологий» [50]. Схема в силу ряда причин, о которых уже говорилось, приведена на английском языке (ниже следует перевод).

1. Advanced Robotics (Прогрессивная Робототехника<sup>7</sup>):

- автономные, сотрудничающие промышленные роботы;
- большое количество встроенных датчиков и наличие стандартизированных интерфейсов.

2. Additive Manufacturing (Аддитивное Производство<sup>8</sup>):

---

<sup>6</sup> BCG – международная компания, специализирующаяся на управленческом консалтинге, «пионер» в области бизнес-стратегии, основана в 1963 году [4].

<sup>7</sup> Сегодня использование современных роботов в основном ограничивается совместной деятельностью робота и человека, то есть такие роботы функционируют в непосредственной близости от человека и легко им программируются. По мере развития технологии роботы смогут применять выходные алгоритмы и принимать решения, соответствующие контексту работы [8].

<sup>8</sup> BCG предупреждает о сложностях перехода к аддитивному производству на примере одной промышленной компании: «Промышленная компания использует аддитивное производство (также известное как 3D-печать) для производства примерно 70 000 металлических изделий в год. Общая стоимость производства на 50% ниже, чем стоимость производства этих продуктов с использованием традиционного производственного процесса, а время выхода на рынок значительно быстрее. Характеристики продукции также превосходят их, например печатная продукция на 30% легче традиционной. Это возможно потому, что аддитивный процесс производства применяет ма-

- 3D-печать, в частности, запасных частей и прототипов;
- наличие децентрализованных 3D-приспособлений/аппаратуры для сокращения инвентарных и транспортных расходов.

### 3. Augmented Reality (Дополненная Реальность):

- дополненная реальность для технического обслуживания, логистики и всех видов стандартных рабочих процедур (standard operating procedures – SOP<sup>9</sup>);

- отображение на дисплее вспомогательной информации, например через очки.

### 4. Simulation (Моделирование/Симуляция)<sup>10</sup>:

- моделирование ценностных систем/сетей (value networks<sup>11</sup>);
- оптимизация на основе данных интеллектуальных систем в реальном времени.

---

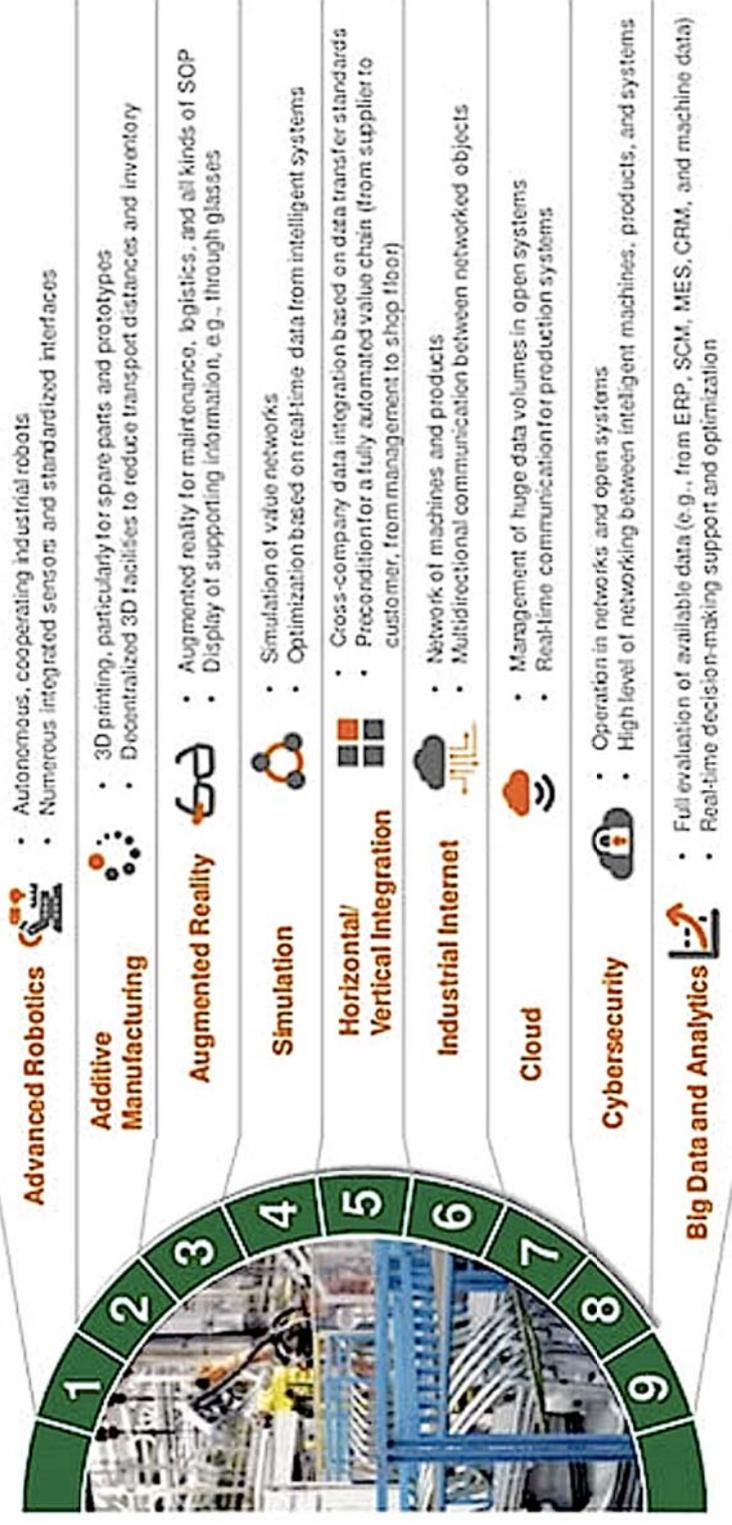
териалы только там, где требуется укрепить структуру (метод, известный как «топологический подход»). Переход компании на аддитивное производство повлек за собой значительные материальные затраты и определенные организационные проблемы. Машины, используемые для аддитивного производства, стоят от 500 000 до 1 миллиона евро в зависимости от технологии и функциональных возможностей. Кроме этого, пришлось приобретать новое программное обеспечение и вооружить сотрудников навыками в области автоматизации, которые фактически заменили навыки «синих воротничков», используемые в традиционных производственных процессах» [8].

<sup>9</sup> Стандартные рабочие/операционные процедуры – это письменные пошаговые инструкции, описывающие, как выполнять рутинную деятельность. Сотрудники должны четко выполнять их, для того чтобы предприятие работало слаженно и последовательно. SOP помогают поддерживать безопасность и эффективность работы таких подразделений, как: производство, продажи и обслуживание клиентов, обучение сотрудников, правовой и финансовый отделы. Постоянная операционная процедура не должна быть трудной для восприятия или нечетко сформулированной; она должна быть краткой, легкой для понимания и содержать описание пошаговых действий, которым просто нужно следовать. Хорошая SOP должна четко описывать шаги и информировать сотрудника о любых проблемах безопасности. Поскольку SOP представляет собой основу для обучения новых сотрудников, она должна обновляться каждый год, чтобы соответствовать текущим потребностям организации [5].

<sup>10</sup> Технологии моделирования, такие как digital twin («цифровой близнец»), позволяют создавать виртуальные модели физических объектов, процессов и систем) имеют потенциал для сокращения времени ввода в эксплуатацию, облегчения кодирования машин и повышения качества. Компании могут использовать технологии моделирования для устранения возможных неполадок на производственной линии еще до ее ввода в эксплуатацию [8].

<sup>11</sup> Сеть ценностей – это совокупность связей между организациями и/или отдельными людьми, взаимодействующими друг с другом в интересах всей группы. Сеть ценностей позволяет участникам покупать и продавать товары, а также обмениваться информацией. Эти сети можно визуализировать с помощью простого сопоставления, показывающего узлы (члены) и соединители (отношения) [28].

# Industry 4.0 refers to the convergence and application of nine digital industrial technologies



Many application examples already exist for all nine technologies

## 5. Horizontal/Vertical Integration (Горизонтальная / Вертикальная Интеграция):

– «межфирменная» интеграция данных на основе стандартов передачи данных;

– предварительное условие для полностью автоматизированной цепочки создания стоимости (от поставщика к клиенту, от руководства к цеху/торговому залу).

## 6. Industrial Internet (Промышленный Интернет<sup>12</sup>):

– сеть машин и изделий;

– разнонаправленная связь между сетевыми объектами.

## 7. Cloud (Облако<sup>13</sup>):

---

<sup>12</sup> Здесь интересно рассмотреть пример внедрения IIoT в производство, приведенный BCG: «Крупная транснациональная корпорация, специализирующаяся на производстве автозапчастей и иных потребительских товаров, внедрила в свою деятельность несколько технологий IIoT, включая развертывание IIoT для управления потреблением энергии. Компания внедрила платформу энергоменеджмента для непрерывного измерения энергопотребления своего оборудования, машин и других систем. Платформа также контролирует общее энергопотребление установки, которое включает энергию, используемую для нагрева, охлаждения, сжатого воздуха и освещения. Отслеживая потребление в режиме реального времени, менеджеры смогли сократить пики потребления и оптимизировать управление энергопотреблением. На каждом предприятии, развернув платформу, компания добавила команду из десяти инженеров и вспомогательного персонала для управления такими задачами, как разработка алгоритмов, анализ данных и определение инициатив по улучшению работы. Платформа позволила компании снизить ежегодные затраты на электроэнергию на 2,3% (1,65 млн евро в год). Кроме того, затраты на сжатый воздух снизились на 40%, поскольку платформа позволила компании сократить количество сжатого воздуха, используемого в процессе производства, с 30% до 4%. Компания также смогла повысить эффективность использования ресурсов, внедрив техническое обслуживание оборудования и машин на основе текущего состояния и условий эксплуатации» [8].

<sup>13</sup> BCG приводит пример эффективности перехода к «облаку» на примере одной энергетической компании: «Стремясь за три года сократить число центров обработки данных в девять раз, энергетическая компания перенесла сервисы и приложения в облако. Миграция включала в себя несколько сотен заявок, связанных примерно с 9000 видами трудовой деятельности. Компания должна была осуществить массовую миграцию, не вмешиваясь при этом в повседневные деловые операции. Кроме этого, важно было мотивировать сотрудников и обучить всю организацию правильно использовать новые облачные системы. Навыки, связанные с администрированием и обслуживанием серверов, стали менее актуальными, в то время как навыки, связанные с разработкой алгоритмов и приложений, приобрели большую важность. Хотя общие затраты на «миграцию» достигли примерно 25 млн евро, инвестиции окупались быстро – менее чем за два года (поскольку облачные вычисления сократили операционные расходы на 20%, а общую стоимость владения – на 52%). Операционная эффективность повысилась, поскольку запросы на решение связанных с информационными технологиями вопросов сократились на 50%, а количество отключений информационных систем и

– управление огромными объемами данных в открытых системах;

– коммуникация производственных систем в реальном времени.

#### 8. Cybersecurity (Кибербезопасность<sup>14</sup>):

– работа в сетях и открытых системах;

– высокий уровень сетевого взаимодействия между интеллектуальными машинами, продуктами и системами.

#### 9. Big Data Analytics (Аналитика Больших Данных<sup>15</sup>):

– полная оценка имеющихся данных (например, из ERP, MES, CRM, SCM<sup>16</sup> и машинных данных);

---

инцидентов, которые могли бы существенно повлиять на бизнес, сократилось на 98%» [8].

<sup>14</sup> Здесь имеется в виду необходимость создания безопасного «киберпространства». Высокий уровень интеграции между системами как внутренними, так и внешними означает, что компания должна усилить свое внимание к обеспечению безопасности своих данных и систем. Компании, внедрившие технологии Индустрии 4.0 (по сведениям VCG), выразили высокую озабоченность по поводу кибератак и других проблем, которые могут возникнуть в результате обширной интеграции. Ведущие компании создают киберпространство своей организации, намечая действия, которые необходимо предпринять до, во время и после атаки [8].

<sup>15</sup> Производители накапливают опыт применения больших данных и аналитики для обеспечения прогнозного технического обслуживания и управления энергопотреблением. Очень перспективным является использование больших данных и расширенной аналитики для контроля производственного процесса и раннего выявления потенциальных ошибок и проблем с качеством. В конечном счете производители должны стремиться использовать продвинутую аналитику для полной автоматизации процесса принятия решений, причем вмешательство человека становится скорее исключением, чем правилом [8].

<sup>16</sup> Здесь речь идет об информационных системах управления (инструментах корпоративной автоматизации).

ERP (Enterprise Resource Planning) – «планирование ресурсов предприятия». Задача ERP-системы — консолидировать поступающую информацию в единой базе данных, дать возможность отделам обмениваться данными, сократить время, затрачиваемое на рутинные операции, максимально увеличить прозрачность работы и, разумеется, облегчить контроль и управление на высшем уровне корпоративной иерархии.

MES (Manufacturing Executive Systems) – «исполнительные системы производства»; MES можно рассматривать как бюджетную альтернативу ERP, направленную на автоматизацию базовых производственных задач, а с другой — MES-системы консолидируют данные о текущих показателях производственной деятельности, что приводит к более качественному функционированию ERP-систем.

CRM (Customer Relationship Management) – «управление взаимоотношениями с клиентами»: реализуется как набор приложений, связанных бизнес-логикой и внедренных в информационную структуру предприятия в качестве единой базы данных. Инстру-

– оптимизация и поддержка принятия решений в режиме реального времени.

Так выглядят девять цифровых промышленных технологий, призванных сопровождать Индустрию 4.0, основные из которых более подробно рассмотрим в последующих разделах.

## **II. Четвертая промышленная революция и Третья индустриальная инновационная волна Промышленного Интернета**

В данном подразделе речь пойдет о соотношении понятия Индустрия 4.0 с терминами «Промышленный Интернет вещей» (Industrial Internet of Things – IIoT) и «Интернет вещей» (Internet of Things – IoT).

Итак, определение Индустрии 4.0, предложенное в 2011 году, было довольно пространным: в статье, озаглавленной «Индустрия 4.0 – Умное производство для будущего» (Smart Manufacturing for the Future), рассмотрены вопросы о том, что такое «умная промышленность» (синоним Индустрии 4.0) и что означает Индустрия 4.0.

Приведем выдержку из данной статьи: «Интеллектуальная индустрия/умная промышленность или «Индустрия 4.0» относится к технологической эволюции от встроенных систем к киберфизическим системам... Индустрия 4.0 представляет собой грядущую четвертую промышленную революцию на пути к Интернету вещей,

---

менты CRM-системы позволяют повысить эффективность бизнес-процессов по управлению продажами посредством учета персональных пожеланий клиентов; их появление было обусловлено расширением возможностей по сбору информации о клиентах и по маркетинговому анализу таких данных. CRM-системы активно применяются в розничной торговле, в финансовых сервисах (прежде всего в банковском деле и страховании), в индустрии информационно-коммуникационных технологий, в авиакомпаниях, в фармацевтическом бизнесе и т.д.

SCM (Supply Chain Management) – «управление цепочками поставок»: является востребованным методом ведения бизнеса в компаниях, использующих в своей деятельности непрерывное производство, производство на склад и на заказ, сборку на заказ, а также в компаниях, работающих в качестве дистрибьюторов в сфере розничной торговли и услуг. Целью концепции SCM является формирование такой сети сбыта, чтобы необходимые товары доставлялись в нужное место вовремя и с минимальными издержками. Функциональность современных SCM-систем включает мониторинг доставки, благодаря чему сотрудник в любой момент может определить местонахождение товара и предположительный срок его прибытия в место назначения [64].

данных и услуг. Децентрализованный интеллект помогает создавать интеллектуальные объектные сети и независимое управление процессами, при этом взаимодействие реального и виртуального миров представляет собой принципиально новый аспект производственного процесса» [33].

Фактически, существует несколько разных определений I4, поскольку на практике она охватывает множество различных аспектов. Итак, I4 была определена как «название для текущего тренда автоматизации и обмена данными в производственных технологиях, включая киберфизические системы, Интернет вещей, облачные вычисления и когнитивные вычисления, а также создание умной фабрики». Это определение Индустрии 4.0 близко к первоначальному определению, но не совсем верно. Дело в том, что Индустрия 4.0 практически выходит за рамки фабрики, а также охватывает намного больше областей, кроме автоматизации и обмена данными. Если мы возьмем вышеупомянутое определение, данное Платформой I4, в качестве официального, то оно будет звучать следующим образом: «Industrie 4.0 относится к интеллектуальным сетям/связям машин и процессов в области промышленности, осуществляемым посредством информационно-коммуникационных технологий» [58].

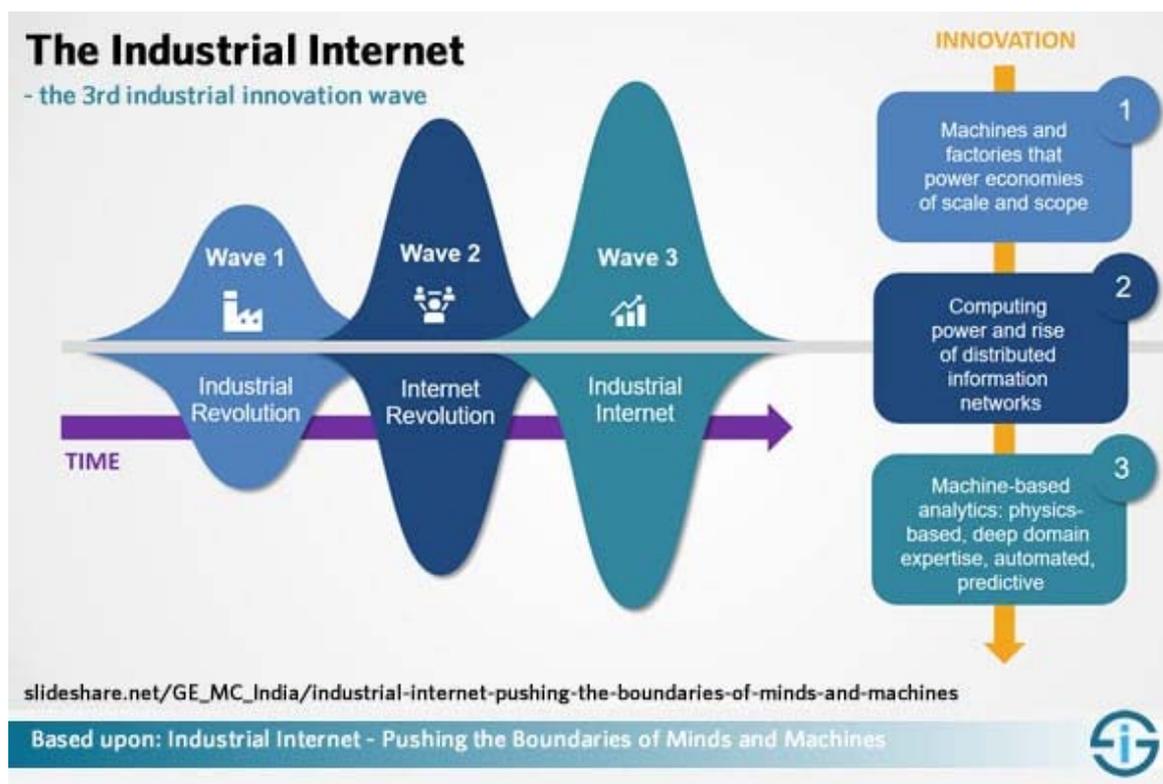
Разница между I4 и Промышленным Интернетом заключается в том, что первоначально Промышленный Интернет рассматривался как третья волна промышленных инноваций (третья волна инноваций вместо четвертой революции в отрасли)<sup>17</sup>.

Вышесказанное еще раз позволяет нам убедиться в относительности «революционных терминов». Тем не менее это не отменяет обязанности грамотного специалиста в них разбираться.

Приведем оригинальную схему «Индустрия 4.0 как третья индустриальная инновационная волна с позиции Промышленного Интернета» [22].

---

<sup>17</sup> Интересно, что с позиций Промышленного Интернета Индустрия 4.0 является Третьей индустриальной инновационной волной.



По оси TIME («время»):

- Wave 1 (Первая волна) – Промышленная революция;
- Wave 2 (Вторая волна) – Интернет-революция;
- Wave 3 (Третья волна) – Промышленный Интернет.

По оси INNOVATION («инновации»):

- «Машины и заводы, которые обеспечивают экономию масштаба и объема производства»;
- «Вычислительная мощность и рост распределенной информационной сети»;
- «Машинная аналитика: основанная на физике, глубокая экспертиза предметной области, автоматизированная, прогнозная»<sup>18</sup>.

Итак, три волны инноваций Промышленного Интернета можно представить следующим образом:

- Промышленная революция;
- Интернет-революция (охарактеризованная вычислительной мощностью и ростом распределенных информационных сетей);

<sup>18</sup> В конце схемы есть пометка о том, что она основана на сведениях Индустриального Интернета «Раздвигая границы Разумов и машин».

- Промышленный Интернет (то, что называется Четвертой промышленной революцией в Индустрии 4.0).

Теперь обратим внимание на сам термин «Промышленный Интернет», придуманный в 2012 году американским промышленным гигантом General Electric (GE). Будучи ведущей цифровой промышленной компанией, GE создала GE Digital, свой программный бизнес, посвященный тому, чтобы сделать цифровизацию основой своей деятельности<sup>19</sup>. Кроме того, GE – одна из компаний, которая основала промышленный интернет-консорциум [52] для ускорения разработки, внедрения и широкого использования взаимосвязанных машин и устройств, интеллектуальной аналитики и людей на работе.

Итак, Промышленный Интернет вещей (IIoT), также известный как Промышленный Интернет, объединяет сложнейшие машины, продвинутую аналитику и людей в процессе их работы. Это своеобразная «сеть из множества промышленных устройств, соединенных коммуникационными технологиями, что приводит к созданию таких систем, которые могут отслеживать, собирать, обмениваться, анализировать и предоставлять ценные новые идеи, что раньше не представлялось возможным. В конечном итоге, подобные идеи призваны помочь в принятии более разумных и быстрых бизнес-решений для промышленных компаний» [13].

Каково же соотношение понятий «Промышленный Интернет» (IIoT) и «Интернет вещей» (IIoT)?

Однозначного ответа на данный момент не существует, тем не менее специалисты предлагают рассматривать Промышленный Интернет (IIoT) как соединение машин и устройств в таких значимых отраслях, как нефте- и газодобыча, энергетика и здравоохранение, где системные сбои или незапланированные простои могут

---

<sup>19</sup> Используя потенциал промышленного интернета, эта компания ведет свою собственную цифровую промышленную трансформацию. Основываясь на своем широком технологическом и отраслевом опыте, GE помогает клиентам ускорить цифровую трансформацию с помощью портфеля промышленных приложений Predix от GE Digital и платформы IIoT. Predix Platform – это распределенная прикладная платформа, специально созданная для цифровой промышленной эры: она захватывает и анализирует уникальный объем, скорость и разнообразие машинных данных в безопасной облачной среде промышленного уровня [37].

привести к опасным для жизни или иным рискованным ситуациям. Что же касается Интернета вещей (IoT), то он, как правило, включает в себя устройства потребительского уровня: например фитнес-приборы для мониторинга состояния здоровья или умные бытовые приборы. Такие устройства, безусловно, высоко функциональны и могут обеспечить определенный уровень удобства, но, как правило, не создают аварийных ситуаций в случае сбоя программы или простоя. Так, понятие IIoT включает в себя машины, которые «подсказывают» операторам, как оптимизировать производительность или обнаружить сбой еще до его возникновения, потенциально экономя временные и иные материальные затраты компаний, в то время как IoT подразумевает подключение холодильников, способных планировать и осуществлять покупку молока и яиц онлайн, прежде чем они закончатся. Очевидно, что степень важности здесь не вполне сопоставима. Более подробный анализ основ функционирования и перспектив развития IoT будет произведен в одном из последующих разделов.

Теперь несколько слов о сотрудничестве Индустрии 4.0 и Промышленного Интернет-консорциума (Industrial Internet Consortium), о котором упоминалось выше. Промышленный интернет-консорциум имел более межотраслевой подход, чем немецкая «Plattform Industrie 4.0», ориентированная в большей степени на производство (хотя она также используется для логистики и многого другого, например Logistics 4.0<sup>20</sup>). Поскольку и Промышленный Интернет-консорциум, и Plattform Industrie 4.0 разделяли многие взгляды в направлении последующего развития, а также учитывая тот факт, что все больше компаний становились членами обеих платформ – эти организации начали искать точки соприкосновения и пути к взаимовыгодному сотрудничеству. Результатом

---

<sup>20</sup> Логистика 4.0 в узком смысле подразумевает сетевое взаимодействие и интеграцию логистических процессов внутри и за пределами торговых компаний (производственных объектов), вплоть до децентрализованного управления логистическими сетями в режиме реального времени. Такое взаимодействие подразумевает наличие киберфизических систем, соединенных между собой коммуникационными сетями, где человек и материя выступают как «конечные точки». Дополнительные компоненты включают в себя вспомогательные системы, такие как устройства с автономным интеллектом и возможностями принятия решений (камеры, детекторы, самоуправляемые автомобили и пр.) [47].

общей работы в области архитектурной основы 4IR стала разработка структуры RAMI 4.0 (Reference Architecture Model for Industrie 4.0 – в переводе «Эталонная модель архитектуры для Индустрии 4.0»)<sup>21</sup>. Более подробно данная архитектурная структура будет рассмотрена в отдельном разделе.

Тем не менее важно отметить, что в начале 2016 года Промышленный Интернет-консорциум и Plattform Industrie 4.0 объявили о своем сотрудничестве с акцентом на стандартизацию и построение «нового» производства с огромной ролью IoT во всем этом.

### **III. Стратегия внедрения Индустрии 4.0: ожидания и риски**

Если отбросить все «революционные» ассоциации, то главный вопрос на сегодняшний день заключается в том, как далеко мы продвинулись в Индустрии 4.0: готово ли общество, производственные компании и, наконец, юристы, обслуживающие их нужды, к цифровой трансформации? Индустрия 4.0 не что иное, как определенное «видение» грядущей реальности. Тем не менее нельзя сказать, что это всего лишь «смутная идея», поскольку уже сейчас специалистами составлены соответствующие проекты и описаны четкие шаги по реализации этого видения (Strategic Roadmap<sup>22</sup>).

Действительно, большинство организаций все еще находятся на ранних стадиях подготовки к I4 и в настоящее время работают в основном «по ситуации», так скажем, *ad hoc*. Однако стоит отметить, что видение Индустрии 4.0 гораздо более изучено и документировано, чем это происходило с предыдущими «революционными» стадиями развития общества. Уникально то, что I4

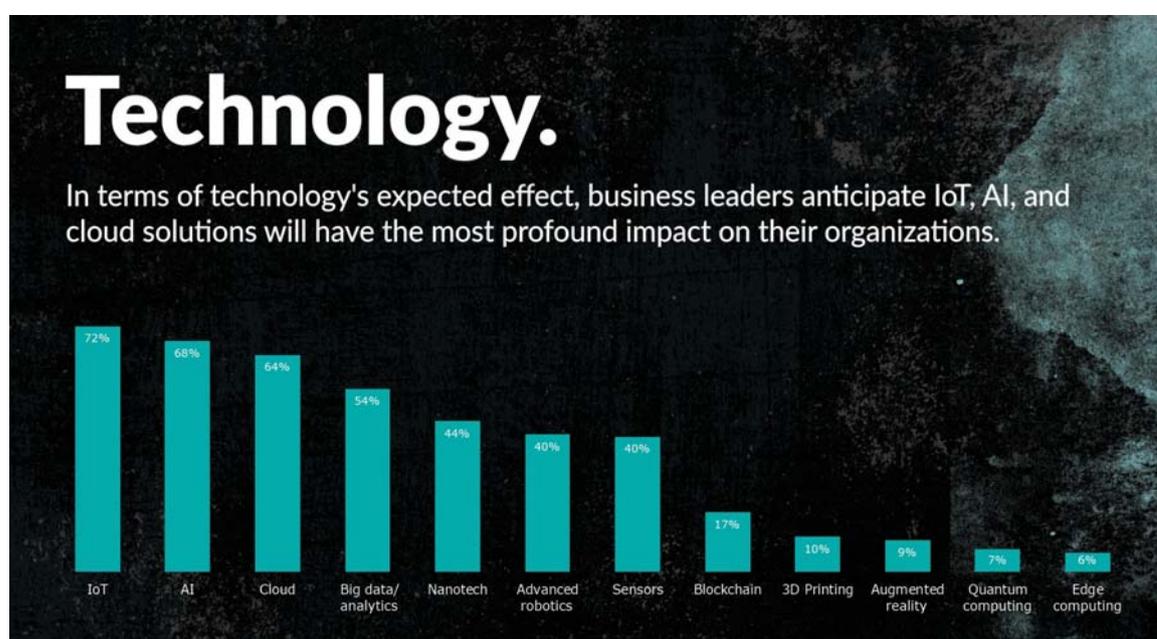
---

<sup>21</sup> Структура Промышленного Интернет-консорциума известна как IIRA (Industrial Internet Reference Architecture – Эталонная Архитектура Промышленного Интернета).

<sup>22</sup> Стратегическая дорожная карта (оперативный план) в данном контексте – это основанный на времени «план, который определяет, где находится бизнес, в каком направлении ему нужно двигаться и как его туда направить. Это визуальное представление, которое организует и представляет важную информацию, связанную с будущими планами. Оперативный план действует как фокусирующее устройство, которое направляет усилия на достижение намеченных целей» [46].

представляет собой нечто большее, чем просто автоматизацию производства (произошедшую спонтанно), она достаточно тщательно изучена, подготовлена и представлена большой платформой с академическими кругами, компаниями и гораздо большим количеством людей, вовлеченных в работу над ее имплементацией.

Компания Deloitte<sup>23</sup> представляет приведенный ниже график, под названием «Технология: с точки зрения ожидаемого эффекта технологии, бизнес-лидеры ожидают, что Интернет вещей, искусственный интеллект и облачные решения окажут наиболее глубокое влияние на их организации» [51].



Несмотря на огромный потенциал положительных изменений с внедрением И4, существуют определенные сложности и риски повсеместной цифровизации.

BCG в качестве основных назвала: определение стратегии; переосмысление процессов организации; понимание бизнес-кейса; проведение успешных пилотов; необходимость заставить организацию осознать важность определенных действий; управление изменениями; корпоративная культура; слаженная взаимосвязь отделов и пр.

<sup>23</sup> Deloitte – международная сеть компаний, оказывающих услуги в области консалтинга и аудита.

Помимо обозначенных, существуют и проблемы правового регулирования, которые для современных юристов обернулись настоящей «головной болью».

Одна проблема – отсутствие единообразной и непротиворечивой законодательной базы, а другая – тот факт, что закон зачастую рассматривается как «тормоз цифровизации».

Начнем со второй: действительно ли законодательство затормаживает процесс цифровой трансформации?

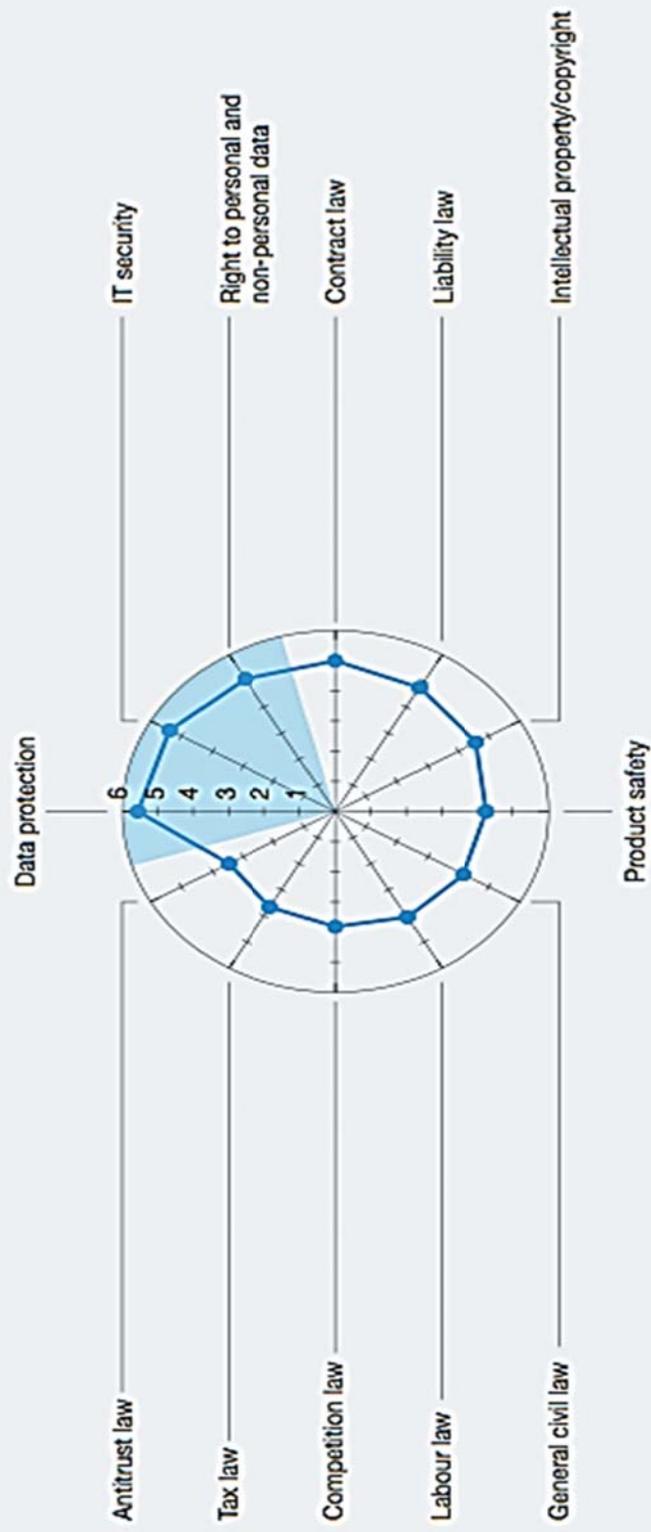
Приведем схему, созданную юристами компании Noerr (совместно с BDI)<sup>24</sup> под названием «Какие области права влияют на цифровизацию в вашей компании?», где степень влияния оценивается по шкале от 1 (совершенно без изменений) до 6 (полностью изменены) [20]. Компоненты схемы по вертикальной оси: Data protection (Защита данных) и Product safety (Безопасность продукции); справа: Antitrust law (Антимонопольное право), Tax law (Налоговое право), Competition law (Конкурентное право), Labour law (Трудовое право), General civil law (Общее гражданское право); слева: IT security (ИТ-безопасность), Right to personal and non-personal data (Право на персональные и иные данные), Contract law (Договорное право), Liability law (Обязательственное право), Intellectual property/copyright (Интеллектуальная собственность/Авторское право).

Итак, какие же области права оказывают наиболее сильное влияние на цифровизацию? Первое место в списке корпоративных юристы отвели вопросам, связанным с законодательством о данных (защита данных, безопасность данных и владение персональными и иными данными). Особое внимание уделяется также контрактному праву, ответственности и праву интеллектуальной собственности в области цифровизации. Важными, но менее актуальными признаются трудовое и налоговое право, законодательство о конкуренции и антимонопольное законодательство.

---

<sup>24</sup> Noerr LLP – одна из ведущих европейских юридических фирм с более чем 500 профессионалами в Германии, Европе и США. BDI (Federation of German Industries) – ведущая бизнес-организация, представляющая интересы немецкой промышленности и производителей промышленных услуг по всему миру; выступает от имени 36 отраслевых ассоциаций и представляет более 100 000 крупных, средних и малых компаний с численностью сотрудников более 8 миллионов человек.

## Which areas of law affect digitalisation in your company?



N=72. Scale from 1 (totally unaffected) to 6 (fully affected)

Source: BDI, Noerr

Основные препятствия на пути цифровизации, по мнению юристов компании Noerr, лежат в области защиты данных, аутсорсинга и облачных вычислений, а также в вопросах ответственности и страхования ответственности действий автономных систем. Так или иначе специалисты сходятся во мнении, что для внедрения цифровых инноваций необходима стройная унифицированная законодательная база, при условии соблюдения баланса между правотворчеством (как можно меньше новых норм) и гармонизацией уже существующих национальных норм и правил.

#### **IV. Эталонная архитектурная модель Индустрии 4.0 (Reference Architectural Model Industrie 4.0 – RAMI 4.0)**

Как уже упоминалось, Промышленный Интернет-консорциум создал программную структурную платформу под названием IIRA (Industrial Internet Reference Architecture), а немецкая ассоциация производителей электротехники и электроники (ZVEI) в рамках Plattform Industrie 4.0 в свою очередь разработала так называемую Эталонную архитектурную модель Industrie 4.0 (RAMI 4.0).

Несмотря на то что RAMI 4.0 (как и Industrie 4.0) как целостный взгляд на производственные предприятия создана специалистами из Германии, тем не менее она играет все большую роль по всему миру<sup>25</sup>. Все больше стран вовлекаются в работу по созданию международных стандартов в области модернизации производства, включая Китай, Японию, Индию и др. В настоящее время во всем мире созрело понимание важности модернизации производства, для того чтобы достичь конкурентоспособности. Последовательное развитие I4 продолжает ускоряться, определяя модель того, как вся промышленная автоматизация может достичь цели целостной и адаптивной архитектуры систем автоматизации; сохранение конкурентоспособности и гибкости может быть достигнуто только за

---

<sup>25</sup> Даже если некоторые страны ЕС используют иные термины, такие как: интеллектуальная фабрика, будущая промышленность, цифровое производство или интеллектуальное производство (intelligent factory, future industry, digital production or smart manufacturing).

счет использования передовых технологий, сосредоточенных на автоматизации, что позволит обеспечить успешный переход.

Эталонная архитектурная модель RAMI 4.0 и компоненты I4 дают компаниям основу для разработки будущих продуктов и бизнес-моделей. RAMI 4.0 – это трехмерная карта, показывающая, как структурированно подойти к внедрению и реализации Индустрии 4.0. Основная цель RAMI 4.0 состоит в том, чтобы «убедиться», что все участники обсуждений и иных мероприятий I4 «говорят на одном языке», имеют общие стандарты, общую теоретическую и терминологическую базу (фреймворк) для понимания друг друга.

В глоссарии технического комитета VDI/VDE-GMA 7.21 Industrie 4.0 Эталонная модель определяется как модель, которая может применяться в целом и использоваться для получения конкретных моделей. Есть много примеров этого в области техники. Наиболее известной является семислойная модель ISO/OSI<sup>26</sup>, которая используется в качестве эталонной модели для сетевых протоколов. Преимуществом использования таких моделей является общее понимание функции каждого слоя / элемента и определенных интерфейсов между слоями.

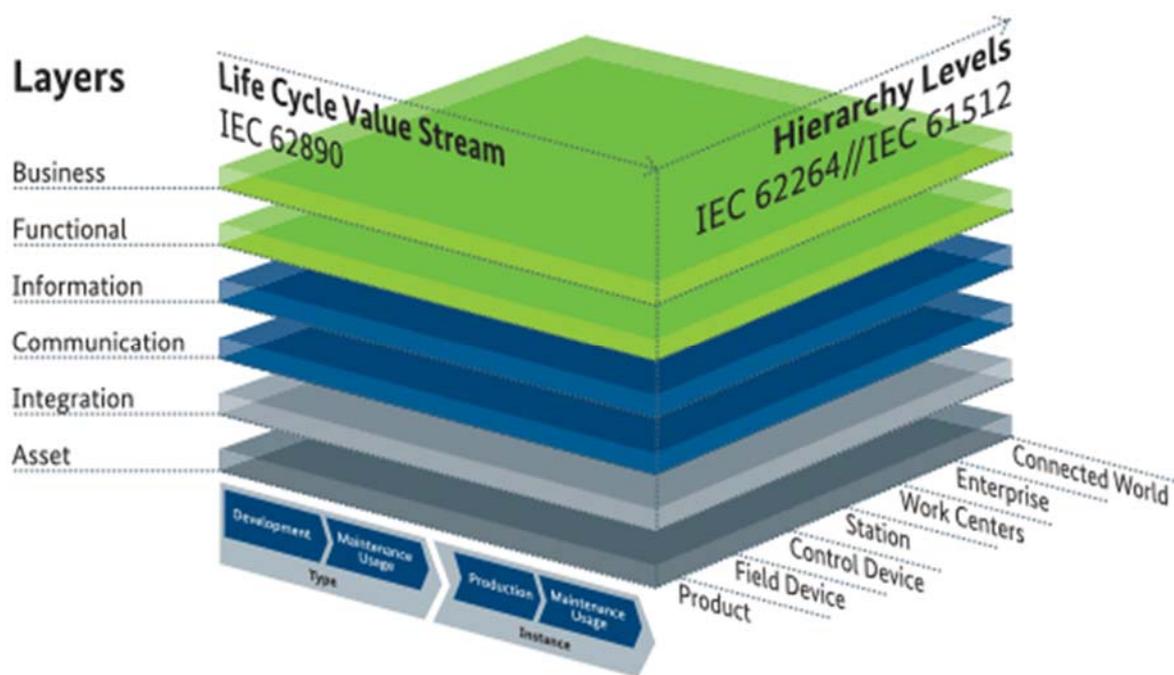
Вот трехмерная карта RAMI 4.0, представленная специалистами Plattform Industrie 4.0 (с другой оригинальной схемой можно ознакомиться в Приложении 1).

По словам Кая Гаррелса<sup>27</sup>, «RAMI 4.0 – это трехмерная карта, показывающая наиболее важные аспекты Индустрии 4.0. Это гарантирует, что все вовлеченные участники разделяют общую точку зрения и развивают общее понимание» [42].

---

<sup>26</sup> В 1984 году Международной Организацией по Стандартизации (International Standard Organization, ISO) была разработана модель взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection, OSI). Модель представляет собой международный стандарт для проектирования сетевых коммуникаций и предполагает уровневый подход к построению сетей. Каждый уровень модели обслуживает различные этапы процесса взаимодействия. Посредством деления на уровни сетевая модель OSI упрощает совместную работу оборудования и программного обеспечения. Модель OSI разделяет сетевые функции на семь уровней: прикладной, уровень представления, сессионный, транспортный, сетевой, канальный и физический [63].

<sup>27</sup> Kai Garrels является председателем рабочей группы Reference Architectures, Standards and Norms в Plattform Industrie 4.0 и руководителем отдела стандартизации и отраслевых связей.



Как известно, приток технологий начинает резко улучшать производство, тем не менее для эффективности данных процессов требуется четкое планирование – модель RAMI 4.0 является своеобразным «координационным центром» для понимания всей производственной цепочки и цепочки поставок.

Итак, в соответствии с представленной картой RAMI 4.0 определяет сервис-ориентированную архитектуру (service-oriented architecture – SOA), в которой компоненты приложения предоставляют услуги другим компонентам через протокол связи по сети. Основные принципы SOA не зависят от поставщиков, продуктов и технологий. Цель состоит в том, чтобы разбить сложные процессы на простые для понимания «блоки/пакеты», включая конфиденциальность данных и безопасность информационных технологий.

В свете вышесказанного ассоциация ZVEI характеризует нынешнюю производственную систему, называя ее «Старый мир: Индустрия 3.0» (Old World Industry 3.0), следующим образом:

- аппаратная структура (hardware-based structure);
- функции, привязанные к оборудованию (functions bound to hardware);
- иерархическая коммуникация (hierarchy-based communication);
- изолированный продукт (isolated product).

Что же до характеристик производственной системы «Новый мир: Индустрия 4.0» (New World: Industry 4.0), то они таковы:

- гибкие системы и машины (flexible systems and machines);
- функции распределены по всей сети (functions distributed throughout the network);
- участники взаимодействуют на разных уровнях иерархии (participants interact across hierarchy levels);
- коммуникация между всеми участниками (communication among all participants);
- продукт является частью сети (product part of the network);
- структура, ориентированная на RAMI 4.0 (RAMI 4.0 structure) [39].

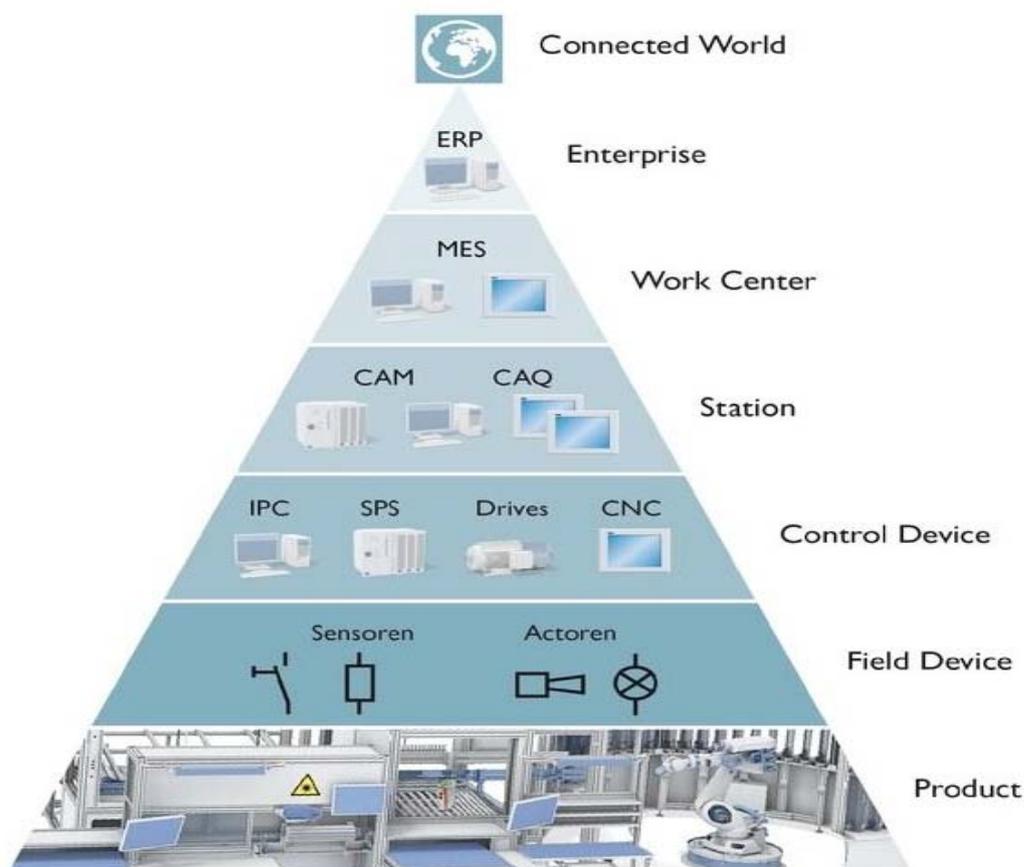
Как видно из приведенной выше карты, RAMI 4.0 состоит из трехмерной системы координат, которая описывает все важнейшие аспекты Индустрии 4.0, где сложные взаимосвязи разбиваются на более мелкие и простые кластеры/блоки:

- ось «уровни иерархии» (Hierarchy Levels): на правой горизонтальной оси расположены уровни иерархии ИЕС 62264 (серия международных стандартов для корпоративных информационных технологий и систем управления). Эти уровни иерархии представляют различные функциональные возможности внутри фабрик или объектов: рабочие элементы, помечены как «продукт» (product), и подключение к Интернету вещей и услуг, помеченное как «подключенный мир» (Connected World);
- ось «поток жизненного цикла ценности» (Life Cycle Value Stream): левая горизонтальная ось представляет жизненный цикл объектов и изделий, основанный на стандарте ИЕС 62890 (управление жизненным циклом систем и изделий), используемом в измерениях, контроле и автоматизации промышленных процессов. Кроме того, проводится различие между «типами» (types) и «экземплярами» (instances). «Тип» становится «экземпляром», когда проектирование и прототипирование завершены и производится фактический продукт;
- ось «слои» (Layers): шесть слоев на вертикальной оси описывают «разложение» машины на ее свойства, структурированные слой за слоем. Фактически, это виртуальное отображение машины.

Подобный способ «разложения» происходит из принципов информационно-коммуникационных технологий, где свойства сложных систем обычно разбиваются на слои [39].

В рамках представленных трех осей могут быть сопоставлены все важнейшие аспекты Индустрии 4.0, именно таким образом достаточно «гибкие» концепции могут быть описаны и реализованы с помощью RAMI 4.0. Как следствие, Эталонная архитектурная модель позволяет осуществлять поэтапную миграцию из настоящего в мир I4.

Специалисты Phoenix Contact<sup>28</sup> представили иллюстрацию «Пирамиды автоматизации для RAMI 4.0» [38], где «Подключенный мир» (Connected World) соединяется с конечным «Продуктом» (Product) посредством «Предприятия» (Enterprise), «Рабочего Центра» (Work Center), «Станции» (Station), «Устройства Управления» (Control Device) и «Полевого Устройства» (Field Device).



<sup>28</sup> Компания Phoenix Contact является мировым лидером в области ориентированных на будущее компонентов, систем и решений в электротехнике, электронике и автоматизации.

Говоря о положительном влиянии RAMI 4.0, можно резюмировать: эта модель объединяет различные точки зрения пользователей и обеспечивает общий взгляд на новейшие технологии (обеспечивает единообразное понимание стандартов и вариантов использования); нужды различных секторов производства могут быть рассмотрены на собраниях отраслевых ассоциаций и комитетов по стандартизации.

В этой связи RAMI 4.0 можно рассматривать как «карту практических решений» Индустрии 4.0. Иными словами, это ориентир для построения графиков требований/нужд различных секторов (с учетом национальных и международных стандартов) для дальнейшего развития I4.

В настоящее время наблюдается живой интерес к инициативам Индустрии 4.0 со стороны различных организаций с целью проводить совместную работу по преодолению обособленности работы национальных органов по стандартизации.

## **В. Базовые «строительные блоки» Индустрии 4.0**

### **I. Киберфизические системы (Cyber-physical systems – CPS)**

Киберфизические системы – это комбинации интеллектуальных физических компонентов, объектов и систем со встроенными вычислительными и накопительными (места хранения) возможностями, которые соединяются через сети и являются активаторами концепции smart factory («умная фабрика»). Проще говоря, как указывает сам термин, киберфизические системы олицетворяют собой соединение цифрового (кибер) и физического в промышленном контексте.

Итак, киберфизические системы действительно довольно сложны для понимания «простого смертного» юриста. Разумеется, термин CPS не является новым, он широко известен в инженерных и промышленных кругах. CPS больше относится к операционным технологиям (Operational Technology – OT) сближающегося мира информационных и операционных технологий (IT и OT соответственно), что вполне закономерно для Индустрии 4.0 и Промышленного Интернета. Для того чтобы воспринять Индустрию 4.0 или Промышленный Интернет, нам понадобится понимание некоторых основных операционных, производственных и механических терминов.

Киберфизические системы в представлении Индустрии 4.0 основаны на новейших системах управления, встроенных программных системах (software systems), а также на IP-адресе<sup>29</sup> (CPS в этом

---

<sup>29</sup> Интернет-протокол (Internet Protocol – IP) представляет собой метод или протокол, с помощью которого данные передаются с одного компьютера на другой в Интернете. Каждый компьютер (известный как хост – «host») в Интернете имеет по крайней мере один IP-адрес, который однозначно идентифицирует его со всеми другими компьютерами в Интернете. Когда вы отправляете или получаете данные (например, сообщение электронной почты или веб-страницу), сообщение разделяется на небольшие фрагменты, называемые «пакетами» (packets). Каждый из этих пакетов содержит как интернет-адрес отправителя, так и адрес получателя. Любой пакет отправляется сначала на «компьютер шлюза» (gateway computer), который понимает небольшую часть Интернета. Компьютер шлюза считывает адрес назначения и пересылает пакет «соседнему/примыкающему шлюзу» (adjacent gateway), который в свою очередь считывает адрес назначения и так далее через Интернет, пока один шлюз не распознает пакет как

смысле сходит до степени смешения с Интернетом вещей (хотя это не одно и то же), как мы увидим в следующем подразделе).

В контексте Индустрии 4.0 киберфизические системы – это следующий этап в эволюции постоянного совершенствования функций механики, инженерии и так далее.

Рассматривая I4 как новый этап в организации и управлении цепочкой создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла продуктов, можно говорить о постоянном совершенствовании, в котором CPS начали с механических систем, а перешли к мехатронике (где используются контроллеры, датчики и приводные механизмы) и адаптронике<sup>30</sup>.

---

принадлежащий компьютеру в его непосредственной близости или домене. Затем этот шлюз пересылает пакет непосредственно на компьютер, адрес которого указан [45].

<sup>30</sup> Технология адаптивной структуры (Adaptive structure technology), кратко называемая «adaptronic», представляет собой инновационную «перекрестную» технологию для оптимизации структурных систем. В отличие от области мехатроники (которая в основном расширяет функциональные возможности существующей структурной системы, добавляя компоненты), технология адаптивной структуры преследует две основные цели: позволяет осуществлять непрерывное вмешательство в структурно-механические и структурно-динамические характеристики всей системы; оптимизирует работу системы, путем замены структурных компонентов адаптронными, многофункциональными (эффективными в сенсорно-акторном смысле) компонентами с целью экономии массы и расчетного пространства [59].

В. Фрадкин в своей статье «Адаптроника – новый подход к конструированию машин и механизмов» приводит следующее любопытное объяснение: «Может ли обладать разумом, скажем, мост? Мост, способный анализировать уровень и параметры нагрузки и соответственно менять свою жёсткость или, скажем, резонансную частоту... сами по себе такие «хитроумные материалы» – по-английски «smart materials» – известны инженерам уже давно и используются сегодня весьма широко. Они знакомы практически каждому из нас – достаточно назвать солнцезащитные очки-хамелеоны с фототропными стёклами, темнеющими на ярком солнце и снова светлеющими в тени. ... «хитроумные материалы» являются одной из предпосылок, необходимых для реализации нового подхода к конструированию машин и механизмов, состоящего в придании им способности рационально и эффективно реагировать на изменение внешних условий. Это и есть принцип адаптроники: ... любой элемент конструкции должен постоянно регистрировать все изменения окружающей среды и действовать соответственно. Проектируя пассивную систему, инженер закладывает в неё все мыслимые и немыслимые ситуации, в которых она может оказаться в процессе последующей эксплуатации. А может и не оказаться. Но такая система заведомо слишком массивна, поскольку должна обладать огромным запасом прочности... Мир адаптроники открывает здесь перед нами совершенно новые подходы. Рассмотрим в качестве упрощённого моста одну балку, перекинутую через овраг. Если я иду по такому мосту, он обычно прогибается. Теперь представим себе, что в балку интегрированы активные элементы. Они регистрируют нагрузку, вызывающую деформацию, и противопоставляют ей встречное усилие такой величины, чтобы не допустить деформацию. Таким образом может быть

Киберфизические системы, по существу, позволяют создавать промышленные системы, способные взаимодействовать и объединяться в одну сеть, что значительно увеличивает имеющиеся производственные возможности. Они приводят к новым возможностям в таких областях, как структурный мониторинг здоровья, отслеживание и запись, удаленная диагностика, удаленные службы, дистанционное управление, мониторинг состояния здоровья и иных систем и так далее. Именно с этими возможностями CPS и возникают такие реальности, как «умная фабрика», «умное здоровье», «умные города», «умная логистика» и пр.

Интересно, что до разработки концепции I4, киберфизические системы не ассоциировались с IP-адресами. В 2008 году профессор Эдвард А. Ли из Калифорнийского университета в Беркли определил Киберфизические системы как «интеграцию вычислительных и физических процессов. Встроенные компьютеры и сети контролируют и управляют физическими процессами обычно с помощью контуров обратной связи, где физические процессы влияют на вычисления и наоборот. Экономический и социальный потенциал таких систем значительно превышает то, что было реализовано раньше, и в развитие этой технологии во всем мире делаются крупные инвестиции. Технология опирается на более старую (но все еще очень молодую) дисциплину встраиваемых систем, компьютеров и программного обеспечения, встроенных в устройства, основной миссией которых не является вычисление (автомобили, игрушки, медицинские приборы и научные приборы). CPS интегрирует динамику физических процессов с динамикой программного обеспечения и сетей, обеспечивая соответствующими абстракциями и моделями (симуляциями), а также методами осуществления

---

в принципе создана непрогибающаяся конструкция. Такое техническое решение весьма выгодно с экономической точки зрения: оно позволяет сэкономить огромное количество конструкционных стройматериалов, которые понадобились бы при традиционном подходе. Но для реализации этого инновационного подхода адаптронный мост, да и вообще любая адаптронная система, должны располагать как бы органами чувств, чтобы регистрировать нагрузку, своего рода мышцами, чтобы на нагрузку реагировать, и неким подобием мозга, чтобы всем этим процессом управлять. А для этого нужны соответствующие материалы, способные выполнять функции органов чувств и мускулатуры» [69].

анализа для создания интегрированного целого»<sup>31</sup>. Концептуальную карту CPS, предложенную профессором Ли, найдете в Приложении 2.

Хотелось бы надеяться, что теперь суть концепции стала хоть немного яснее<sup>32</sup>. Стоит отметить, что среди специалистов в области промышленности, так же как и в академических кругах, за CPS (это мост между цифровым и физическим) признается ключевая роль в Индустрии 4.0.

Итак, коротко изложим ключевые характеристики CPS<sup>33</sup>.

- Киберфизические системы рассматриваются как следующая ступень эволюции в производстве, механике и инженерии. Важнейшими аспектами являются сближение цифрового и физического мира, что происходит благодаря интернет-технологиям, а также конвергенция информационных технологий и операционных технологий (IT и OT).

- CPS могут общаться. Они имеют интеллектуальные системы управления, встроенное программное обеспечение и коммуникационные возможности, поскольку могут быть соединены в сеть киберфизических систем.

- Киберфизические системы могут быть однозначно идентифицированы. Они располагают IP-адресом (Internet Protocol), а это означает, что они используют Интернет-технологии и являются частью «Интернета всего» (Internet of Everything – IoE<sup>34</sup>): каждая система имеет идентификатор.

---

<sup>31</sup> На своей странице профессор Ли приводит концептуальную карту CPS в виде ментальной карты, где вы можете «кликнуть» на различные компоненты, чтобы прочитать больше [30].

<sup>32</sup> Стоит сделать одно важное замечание: существует разница между киберфизическими системами (CPS) и киберфизическими производственными системами (CPSS), где имеет место переход от технологической составляющей к гораздо более важному процессуальному и прикладному измерению.

<sup>33</sup> Далее мы более подробно рассмотрим Интернет вещей и его место в Индустрии 4.0. и станет явно, что эти две концепции фактически являются «близнецами».

<sup>34</sup> Интернет всего (IoE), «бесшовная» взаимосвязь и автономная координация огромного количества вычислительных элементов и датчиков, неодушевленных и живых существ, людей, процессов и данных через инфраструктуру Интернета, является новым направлением исследований и разработок, направленных на обеспечение возможности подключения Вселенной от молекулярных датчиков до транспортных средств и людей. Здесь речь идет не только о «вещах», но и о том, как они аутентифицируются и общаются [53].

- CPS имеют контроллеры, датчики и приводные/исполнительные механизмы. Это уже имело место на предыдущих этапах до киберфизических систем (мехатроника и адаптроника); однако, как мы увидим в случае с Интернетом вещей, это играет важную роль в I4.

- CPS являются основными строительными блоками I4 и обеспечивают дополнительные возможности в производстве (и за его пределами), такие как отслеживание и дистанционное управление.

- Благодаря киберфизическим системам стало возможным создание «умных фабрик/заводов», «умной логистики» (Logistics 4.0) и других интеллектуальных областей применения, в том числе в энергетике, нефте- и газодобыче и коммунальных услугах.

## **II. Интернет вещей (Internet of Things – IoT) и Промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things – IIoT)**

Пришло время рассмотреть такое явление, как Интернет вещей<sup>35</sup>. Фразу «Интернет вещей» в 1999 году придумал британский «пионер технологии» Кевин Эштон<sup>36</sup>, хотя потребовалось еще по меньшей мере десятилетие, чтобы технология догнала видение.

---

<sup>35</sup> Как было отмечено, Промышленный Интернет вещей и киберфизические системы тесно связаны между собой, некоторые специалисты называют их «близнецами». Наличие IP-адреса по определению означает, что киберфизические системы как объекты подключены к Интернету (вещей). IP-адрес означает, что CPS может быть однозначно идентифицирована в сети, что также является ключевой характеристикой Интернета вещей. Кроме того, Киберфизические системы оснащены датчиками, исполнительными/приводными механизмами и всеми другими элементами, которые являются частью Интернета вещей. CPS, как и IoT, нуждаются в соединении. Далее, IoT состоит из объектов (устройств) со встроенными или присоединенными технологиями, которые позволяют им воспринимать данные, собирать их и отправлять для определенной цели. В зависимости от объекта и цели это может быть: сбор данных о движении, местоположении, наличии газов, температуре, текущем состоянии устройств и пр. – все это относится и к киберфизическим системам. По существу, IoT и CPS являются тесно взаимосвязанными объектами.

<sup>36</sup> Кевин Эштон является одним из основателей Центра автоматической идентификации при Массачусетском технологическом институте (MIT), который создал глобальную стандартную систему для RFID и других датчиков; он известен тем, что ввел термин «Интернет вещей» для описания системы, в которой интернет связан с физическим миром через вездесущие датчики [6].

Идея добавления датчиков и «интеллекта» к базовым объектам обсуждалась на протяжении 1980-х и 1990-х годов (есть мнения, что это случилось ранее), тем не менее прогресс шел достаточно размеренно просто потому, что технология не была готова: чипы были слишком громоздкими и у объектов не было возможности эффективно общаться.

Как отметил Стив Рэнджер (главный редактор британских изданий ZDNet и TechRepublic): «Необходимо было обеспечить наличие дешевых и экономичных одноразовых процессоров, прежде чем стало экономически эффективным подключить миллиарды устройств. Внедрение RFID-tags<sup>37</sup> – маломощных чипов, способных общаться по беспроводной сети – решило некоторые из этих проблем, наряду с растущей доступностью широкополосного Интернета, а также сотовых и беспроводных сетей. Переход на IPv6<sup>38</sup>, который, помимо всего прочего, должен обеспечить достаточное количество IP-адресов для каждого устройства, которое когда-либо понадобится миру (или даже этой галактике), также был необходимым шагом для масштабирования Интернета вещей» [41].

Фактически, добавление к дорогостоящему оборудованию RFID-tags, чтобы помочь отслеживать их местоположение, было одним из первых приложений IoT. Но с тех пор стоимость добавления датчиков и подключения к Интернету объектов значительно снизилась, и эксперты прогнозируют, что «эта базовая функциональность может однажды стоить всего 10 центов, что позволит подключить к интернету почти все» [41].

Где же конкретно применим IoT? Изначально он был наиболее интересен для бизнеса и производства (существует специальный

---

<sup>37</sup> Согласно отчету, опубликованному Международным Союзом Электросвязи (International Telecommunications Union), «в конечном итоге даже такие мелкие частицы, как пыль могут быть помечены (RFID-tagged) и объединены в сеть. Такие события превратят простые статичные объекты сегодняшнего дня в новые динамичные вещи» [40].

<sup>38</sup> Internet Protocol version 6 – новая версия интернет-протокола, призванная решить проблемы, с которыми столкнулась предыдущая версия (IPv4). Такая замена понадобилась, поскольку адресов IPv4 уже не хватало. Вскоре после запуска IPv4 стали очевидны его ограничения в плане масштабируемости и возможностей. К середине 1990-х разработали замену IPv4 – IPv6. Требований к Интернету становилось всё больше, а IPv6 отвечал им лучше, чем предыдущая версия [67].

термин machine-to-machine – M2M). Тем не менее время не стоит на месте и теперь акцент делается на заполнение интеллектуальными устройствами домов и офисов. Ранние предложения для устройств, подключенных к Интернету, включали «блог-объекты» (blogjects – объекты, которые ведут блог и записывают данные о себе в Интернет), а также «вездесущие вычисления» (ubisomr – невидимые вычисления и всепроникающие вычисления).

Фактически сегодня IoT – это система взаимосвязанных вычислительных устройств, механических и цифровых машин, объектов, животных или людей, которые снабжены уникальными идентификаторами (unique identifiers – UID) и возможностью передачи данных по сети, не требуя взаимодействия человека с человеком или человека с компьютером. Хороший пример Интернета вещей в действии – «умный дом»: термостаты с поддержкой интернета, дверные звонки, детекторы дыма и охранная сигнализация представляют собой подключенный концентратор/хаб (connected hub), где данные передаются между физическими устройствами и пользователи могут удаленно управлять «вещами» в этом концентраторе (например, регулируя настройки температуры, отпирая двери и пр.) через мобильное приложение или веб-сайт. «Вещью» в интернете вещей может быть и человек с имплантированным кардиомонитором, сельскохозяйственное животное с транспондером биочипа, автомобиль, имеющий встроенные датчики для оповещения водителя о низком давлении в шинах или любой другой природный или искусственный объект, которому можно присвоить адрес интернет-протокола и который способен передавать данные по сети. Именно так IoT соединяет физическое и цифровое.

Как же все-таки работает IoT? В двух словах, IoT работает следующим образом:

- устройства имеют аппаратное обеспечение, например датчики, которые собирают данные;
- данные, собранные датчиками, затем передаются через облако и интегрируются с программным обеспечением;
- затем программное обеспечение анализирует и передает данные пользователям через приложение или веб-сайт.

Представим следующую схему [16], где Thing – это вещь, Cloud – облако, а Logic – логика.



Things – это контроллеры, связанные с физическими устройствами, такими как машина/устройство, автомобиль, электрические двигатели и пр. (пограничные устройства в архитектуре интернета вещей). Cloud представляет собой платформу для хранения и управления данными, которые генерируются подключенными вещами. Logic – это программное обеспечение, которое используется для обработки, анализа и отображения данных конечным пользователям.

Получается, что устройства выполняют большую часть работы без вмешательства человека, хотя люди могут взаимодействовать с ними (например, настраивать их, давать им инструкции или получать доступ к данным). Кроме того, IoT может использовать искусственный интеллект и машинное обучение для облегчения и повышения динамичности процессов сбора данных.

Вот еще одна схема, иллюстрирующая пример системы Интернета вещей, предложенная специалистами IoT Agenda [23].

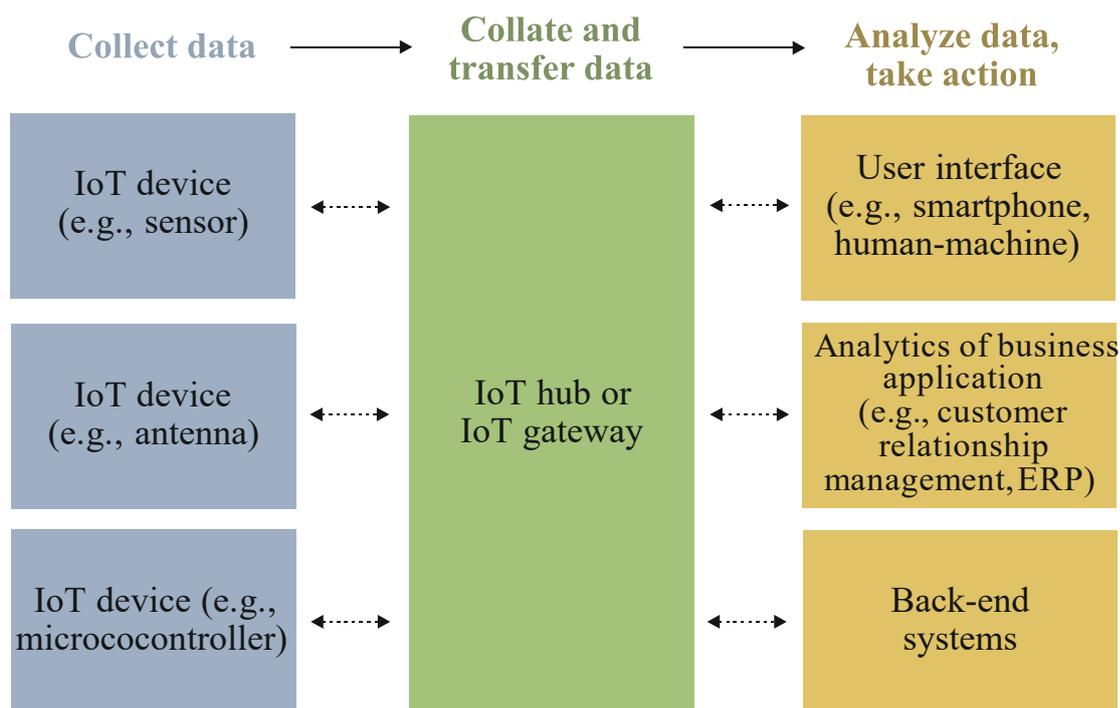
Здесь за «сбором данных» (collect data) следует «обобщение и передача данных» (collate and transfer data), а затем – «анализ данных и принятие мер» (analyze data, take action).

IoT hub or IoT gateway («Центр/концентратор или шлюз IoT») соединен:

- слева с «IoT устройствами» (IoT devices), такими как: «сенсоры» (sensor), «антенны» (antenna), «микроконтроллеры»<sup>39</sup> (microcontroller);

---

<sup>39</sup> Микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами.



- справа:

с «пользовательским интерфейсом: смартфон, человеко-машина» (user interface: smartphone, human-machine);

«аналитикой бизнес-приложений: управление взаимоотношениями с клиентами, планирование ресурсов предприятия» (analytics of business application: customer relationship management, Enterprise Resource Planning);

«внутренними системами/серверными приложениями» (back-end systems).

В качестве преимуществ Интернета вещей специалисты называют:

- возможность доступа к информации из любого места в любое время на любом устройстве;

- улучшенную связь между подключенными электронными устройствами;

- экономию времени и денег при передаче пакетов данных по подключенной сети;

- автоматизацию задач, способствующую повышению качества услуг бизнеса и снижению потребности в человеческом вмешательстве.

Тем не менее внедрение рассматриваемой технологии скрывает определенные сложности и риски.

Во-первых, по мере увеличения числа подключенных устройств и обмена дополнительной информацией между ними возрастает вероятность того, что хакер может украсть конфиденциальную информацию.

Во-вторых, предприятиям в конечном итоге придется иметь дело с огромным количеством IoT-устройств, соответственно, сбор и управление данными со всех этих устройств будет весьма сложной задачей.

В-третьих, если в системе есть ошибка, то скорее всего каждое подключенное устройство будет повреждено.

Ну и, в конце концов, огромным препятствием является отсутствие международного стандарта совместимости для Интернета вещей, а значит – устройствам разных производителей будет затруднительно общаться друг с другом, что ставит под сомнение весь смысл идеи «всеобщего объединения».

В свете вышесказанного есть смысл обратиться к еще одному важному вопросу: вопросу безопасности и конфиденциальности Интернета вещей.

Дело в том, что IoT соединяет миллиарды устройств с Интернетом и включает в себя использование миллиардов точек данных (data points), каждая из которых должна быть защищена. Именно благодаря своей «ширине покрытия» IoT предоставляет огромный простор для соответствующих атак, следовательно, безопасность и конфиденциальность Интернета вещей считаются основными проблемами на сегодняшний день<sup>40</sup>.

Поскольку устройства Интернета вещей тесно между собой связаны, все, что нужно сделать хакеру – это найти одно «уязвимое место», чтобы манипулировать всеми данными, делая их непригодными для использования. Кроме того, подключенные устройства часто просят пользователей ввести свою личную информацию,

---

<sup>40</sup> Специалисты IoT Agenda приводят такой пример: «В 2016 году одной из самых печально известных недавних IoT-атак стала «Mirai» – ботнет, который внедрился в систему провайдера Дун и уничтожал многие веб-сайты в течение длительного периода времени. Злоумышленники получили доступ к сети, используя плохо защищенные устройства Интернета вещей» [23].

включая имена, возраст, адреса, номера телефонов и даже аккаунты в социальных сетях – информацию, которая бесценна для хакеров.

И тем не менее хакеры – не единственная угроза в рассматриваемом контексте. Еще одной серьезной проблемой для пользователей Интернета вещей является возможность обеспечения конфиденциальности персональных данных. К примеру, компании, производящие и распространяющие потребительские устройства IoT, могут использовать эти устройства для получения и продажи персональных данных пользователей. Помимо утечки персональных данных, IoT создает риск для критической инфраструктуры, включая электроэнергетику, транспорт и финансовые услуги<sup>41</sup>.

### **III. Ключевые технологии, раскрывающие потенциал Интернета вещей**

Интернет вещей получает огромные возможности благодаря трем ключевым технологиям, стремительно развивающимся в наши дни: Искусственный интеллект (программируемые функции и системы, позволяющие устройствам изучать, рассуждать и обрабатывать информацию, как это делают люди); Сети 5G (мобильные сети пятого поколения с высокой скоростью, почти нулевой задержкой, предназначенные для обработки данных в реальном

---

<sup>41</sup> Редакция SecurityLab рассказала о любопытном случае: «В Санкт-Петербурге случайным образом была обнаружена партия мелкой бытовой техники, в которую была встроена специальная электронная радиосхема на основе специальной микросхемы, способная подключаться к незащищенным Wi-Fi сетям, доступным в радиусе действия. После подключения к сети такая схема распространяет вредоносные приложения, вирусы и спам. Очевидно, что виновниками такой «шпионской» тактики стали китайские инженеры, собирающие утюги, чайники и миксеры на заводах-производителях... Обнаружить утюги-шпионы помогли таможенные брокеры, которые еще в Китае перед отправкой взвешивают упаковки с партией товаров. Заметив незначительное изменение веса (всего на несколько грамм) и его несоответствие весу, указанному в сопроводительной документации, отправка товара была приостановлена. После вскрытия техники и изучения ее электронной начинки был обнаружен чип, умеющий рассылать спам и прочую компьютерную «заразу». По мнению экспертов, подобную вредоносную активность утюга и чайника обнаружить очень сложно, поскольку это внутренняя угроза, которой не нужно преодолевать защитные барьеры на внешнем периметре системы безопасности. Такая сетевая активность мелкой бытовой техники может быть просто не замечена системным администратором» [66].

времени); Большие данные (огромные объемы данных из многочисленных подключенных к интернету источников).

Помимо технологий AI, 5G и Big Data, потенциал Индустрии 4.0 раскрывают также Моделирование (Simulation)<sup>42</sup>, Горизонтальная и вертикальная системная интеграция (Horizontal and Vertical System Integration)<sup>43</sup>, Компьютерная/ кибербезопасность (Cybersecurity)<sup>44</sup>, «Облако» (The Cloud)<sup>45</sup>, Аддитивное Производство (Additive Manufacturing)<sup>46</sup> и Дополненная реальность (Augmented Reality)<sup>47</sup>.

В рамках данной работы, предлагаем сосредоточиться на трех основных технологиях, «питающих» и стимулирующих Индустрию 4.0. Рассмотрим их по порядку.

---

<sup>42</sup> Моделирование будет более широко применяться в производственных операциях для использования данных реального времени и отражения физического мира в виртуальной модели: это позволит операторам тестировать и оптимизировать настройки машины для следующего продукта в линейке в виртуальном мире перед физическим переключением, тем самым сократив время настройки машины и повысив качество [29].

<sup>43</sup> С появлением Индустрии 4.0 компании, их отделы, а также их возможности и функционирование в целом станут гораздо более сплоченными: универсальные сети интеграции данных позволят создавать действительно автоматизированные цепочки создания стоимости [29].

<sup>44</sup> С расширением возможностей подключения и использования стандартных коммуникационных протоколов резко возрастает необходимость защиты критически важных промышленных систем и производственных линий от угроз кибератак: необходимо создание безопасных и надежных средств связи, а также сложное управление идентификацией и доступом машин и пользователей [29].

<sup>45</sup> Увеличение числа предприятий, связанных с производством, потребует расширения обмена данными между площадками и границами компаний. В то же время производительность облачных технологий улучшится, достигнув времени реакции всего в несколько миллисекунд: в результате машинные данные и функциональные возможности будут все чаще развертываться в облаке, что позволит использовать больше управляемых данными сервисов для производственных систем [29].

<sup>46</sup> Компании только начали внедрять аддитивное производство, такое как трехмерная печать (3D printing), которую они используют в основном для прототипирования и производства отдельных компонентов. С Индустрией 4.0 эти методы аддитивного производства будут широко использоваться для производства небольших партий индивидуальных продуктов [29].

<sup>47</sup> Системы на основе дополненной реальности поддерживают различные сервисы, такие как выбор деталей на складе и отправка инструкций по ремонту через мобильные устройства: в будущем компании будут гораздо шире использовать дополненную реальность для предоставления работникам информации в режиме реального времени для улучшения процесса принятия решений и иных рабочих процедур [29].

## **i. AIoT (Artificial Intelligence of Things): взаимодействие Искусственного интеллекта с Интернетом вещей**

Эксперты в области информационных технологий признают важную роль Искусственного интеллекта (Artificial Intelligence – AI)<sup>48</sup> в повышении операционной эффективности инфраструктур Интернета вещей: начиная с прогнозного обслуживания, заканчивая логистикой и оптимизацией процессов.

Определение искусственного интеллекта содержится в Руководящих этических принципах надежного искусственного интеллекта (The Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence): «Системы искусственного интеллекта – это программные (и, возможно, также аппаратные) системы, разработанные людьми, которые, учитывая сложную цель, действуют в физическом или цифровом измерении, воспринимая свою среду посредством сбора данных, интерпретируя собранные структурированные или неструктурированные данные, рассуждая о знаниях или обрабатывая информацию, полученную из этих данных, и принимая решение о наилучших действиях для достижения данной цели. Системы искусственного интеллекта могут либо использовать символические правила, либо изучать числовую модель, а также адаптировать свое поведение, анализируя, как на окружающую среду влияют их предыдущие действия...» [11].

Как обсуждалось в предыдущих разделах, IoT – это технология, побуждающая переосмыслить повседневную жизнь человека, а AI в этом контексте является реальной движущей силой для раскрытия полного потенциала Интернета вещей. Фактически, основной целью применения искусственного интеллекта в системах IoT считается «наложение дополнительного уровня интеллекта во всем стеке Интернета вещей – от инфраструктуры до приложений» [55].

---

<sup>48</sup> Термины «когнитивные системы» и «искусственный интеллект» в рамках данной работы рассматриваются как синонимичные, в то время как машинное обучение (machine learning – ML) и глубокое обучение (deep learning – DL) представляют собой стимулирующие технологии, которые являются частью искусственного интеллекта.

Растущее партнерство между AI и IoT означает, что более разумное будущее может наступить раньше, чем предполагается. Уже сегодня существует масса применений такого симбиоза: от самых простых приложений отслеживания уровня физической активности до широкого потенциала в различных отраслях промышленности и городского планирования.

Иман Гош<sup>49</sup> утверждает «AI + IoT = суперсилы инноваций»: устройства Интернета вещей используют Интернет для связи, сбора и обмена информацией о нашей деятельности в интернете, каждый день генерируя 1 миллиард гигабайт данных. По прогнозам к 2025 году в мире будет 42 миллиарда устройств, подключенных к Интернету [14]. Вполне естественно, что по мере роста числа этих устройств будут расти и объемы данных, именно здесь возможности обучения AI и окажутся крайне полезными для развития потенциала коммуникативности Интернета вещей.

Каковы области применения AIoT?

На данный момент специалисты выделяют четыре основных сегмента, в которых AIoT оказывает наибольшее влияние: портативные устройства (wearables), «умный дом» (smart home), «умный город» (smart city) и «умная промышленность» (smart industry). Оригинальные графические иллюстрации приведены в Приложении 3.

- Портативные устройства, такие как умные часы, постоянно отслеживают предпочтения и привычки пользователей. Подобные устройства весьма успешно используются в секторе здравоохранения, а также в области спорта и фитнеса.

- Умный дом способен использовать бытовую технику, освещение, электронные устройства и многое другое, изучая привычки домовладельца, развивая автоматизированную поддержку и принося дополнительные преимущества повышения энергоэффективности.

---

<sup>49</sup> Anupa (Iman) Ghosh является исследователем и писателем в Visual Capitalist (медиа-сайт, ориентированный на обеспечение доступности мировой информации).

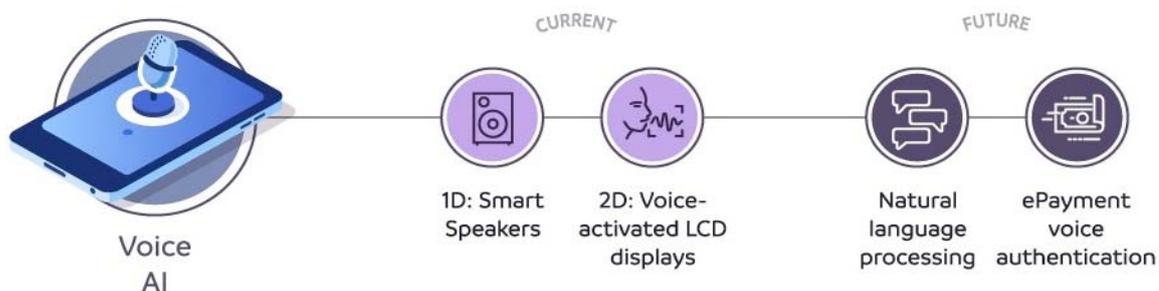
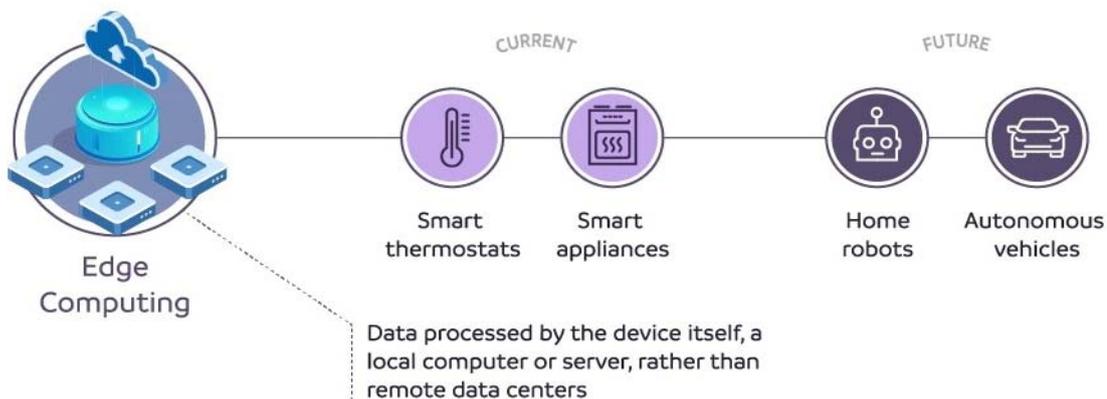
- Умный город: по мере того как все больше и больше людей стекается из сельских районов в городские, города превращаются в более безопасные и удобные места для жизни. Инновации умного города идут в ногу со временем, а инвестиции направляются на повышение общественной безопасности, транспорта и энергоэффективности. Практическое применение AI в управлении дорожным движением уже становится очевидным (например, интеллектуальная система управления транспортом для принятия динамических решений о транспортных потоках в реальном времени).

- Умная промышленность: многие промышленные отрасли от обрабатывающей до горнодобывающей уже сегодня полагаются на цифровую трансформацию с целью обеспечения большей эффективности и сокращения рисков, связанных с человеческими ошибками (благодаря анализу данных в реальном времени и работе датчиков цепочки поставок, интеллектуальные устройства помогают предотвратить дорогостоящие ошибки в промышленности).

Помимо вышесказанного, специалисты отмечают некоторые области, в которых потенциал AIoT использован еще не в полной мере, но это лишь вопрос времени. Предлагаю обратиться к фрагменту схемы [3], представленной TSMS<sup>50</sup>, согласно которой AIoT сможет «проверить», сколько данных могут обрабатывать наши устройства, а, соответственно, будущие достижения раздвинут границы обработки и обучения.

---

<sup>50</sup> Taiwan Semiconductor Manufacturing Company была основана в 1987 году и с тех пор является крупнейшим в мире специализированным полупроводниковым литейным заводом. Компания поддерживает сеть клиентов и партнеров по всему миру, способствуя внедрению инновации для мировой полупроводниковой промышленности.



Для лучшего понимания представим данную схему в виде простой таблицы.

Раздел	Сегодня	Завтра
<b>Периферийные вычисления (Edge computing)<sup>51</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Умные термостаты</li> <li>• Умные приборы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Домашние роботы</li> <li>• Автономные транспортные средства</li> </ul>

<sup>51</sup> Граничные/периферийные вычисления – это парадигма распределенных вычислений, осуществляемых в пределах досягаемости конечных устройств. Данный тип вычислений используется для сокращения времени сетевого отклика, а также более эффективного использования пропускной способности сети [17].

Раздел	Сегодня	Завтра
<b>Voice AI</b> (Голосовой ИИ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1D: Умные колонки</li> <li>• 2D: Активируемые голосом жидкокристаллические дисплеи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обработка естественного языка</li> <li>• Аутентификация электронных платежей по голосу</li> </ul>
<b>Vision AI</b> (Визуальный ИИ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Массовое обнаружение объектов</li> <li>• Разрешение 4K<sup>52</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сложная видеоаналитика</li> <li>• Суперразрешение 8K</li> </ul>

Как видим, в недалеком будущем AIoT сможет радикально изменить способы нашего повседневного взаимодействия с домами, офисами, городами и пр.

С технологической точки зрения важно помнить, что искусственный интеллект состоит из набора технологий, таких как «машинное обучение» (ML) и «глубокое обучение» (DL). Глава Huawei Ваэль Уильям Диаб отмечает: «Искусственный интеллект, Интернет вещей и аналитика образуют три грани одной и той же реальности... IoT фокусируется на сетях датчиков, генерирующих данные, аналитические процессы ограничиваются анализом таких данных с целью создания ценности, а искусственный интеллект позволяет генерировать знания и предсказуемость, используя ценные данные, которые были получены» [55]. Последние исследования влияния AI на прогнозное техническое обслуживание показывают, что эта способность позволит организациям экономить расходы за счет сокращения простоев и затрат, связанных с процессами технического обслуживания. Кроме прочего, рассматриваемый набор технологий обладает способностью генерировать новые бизнес-модели<sup>53</sup>, новые каналы продаж, лучшие услуги и успешный пользовательский опыт.

<sup>52</sup> Здесь речь идет о четкости изображения, 4K означает более четкое изображение, чем стандартный HD (больше пикселей – 8 294 400, если быть точным), способное отображать больше деталей.

<sup>53</sup> В этой связи стратегия Michelin «шины как услуга» является примером трансформации бизнес-модели традиционной отрасли с помощью интернета вещей и искусственного интеллекта [10].

Действительно, развитие в области AI идет стремительными темпами, которые, помимо азарта и восхищения, не могут не вызывать определенной паники. Человечество, создавая «сверхумные машины» по своему образу и подобию, ставит перед собой огромное количество нетривиальных вопросов, игнорировать которые не представляется возможным. Некоторые из этих вопросов предстоит решать и юристам. Сделать это, не имея четкого понимания, что есть искусственный интеллект и каков его правовой статус, практически невозможно. Сделаем, хотя бы, попытку разобраться.

Правовой статус «машины, наделенной искусственным интеллектом» по сей день является неопределенным. Учеными из разных стран на протяжении последних десятилетий предлагались различные варианты: придать AI статус юридического лица, изобрести новое понятие – «электронное лицо», некоторые даже осмеливались сравнивать их с человеком. Иные и вовсе высказывались об опасности наделения роботов каким-либо правовым статусом.

Прежде чем вступать в научную дискуссию по данному вопросу, необходимо обратиться к существующим на данный момент нормам права в данной области.

В число стран, более или менее основательно занимающихся вопросами искусственного интеллекта и робототехники на законодательном уровне, входят: Европейский Союз, Соединенные Штаты Америки, Китай, Япония, Южная Корея, ОАЭ, Сингапур, Канада, Тайвань, Великобритания, Германия, Новая Зеландия, Нидерланды, Эстония, Франция. Данная работа не имеет целью дать исчерпывающий анализ всех существующих норм в интересующей нас области, поэтому обратимся к основным из них.

Одной из центральных юрисдикций, в которой вопросы регулирования AI проработаны наиболее подробно, является Европейский Союз. Проведен целый ряд правовых исследований по данной проблематике, разработаны концепции развития исследуемых отраслей, существуют проекты нормативных актов.

В апреле 2018 года двадцатью пятью государствами-членами Европейского Союза подписана Декларация о сотрудничестве в области искусственного интеллекта – Declaration of cooperation on Artificial Intelligence [12] по ряду направлений:

- повышение технологического и производственного потенциала Европы в области искусственного интеллекта;
- применение искусственного интеллекта и решение социально-экономических проблем с этим связанных;
- преобразование рынков труда и модернизация систем образования и обучения в Европе, включая повышение квалификации и переквалификацию граждан ЕС;
- обеспечение надлежащих правовых и этических норм, в основе которых лежат основные права и ценности ЕС, включая неприкосновенность частной жизни и защиту персональных данных, а также такие принципы, как прозрачность и подотчетность и пр.

В июне 2018 года в рамках стратегии по вопросам искусственного интеллекта, объявленной ранее в том же году, Европейской комиссией была создана экспертная группа – the High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG).

В декабре 2018 года AI HLEG представила первый проект Руководящих этических принципов надежного искусственного интеллекта (The Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence). В ходе последующих обсуждений с заинтересованными сторонами и встреч с представителями государств-членов руководящие принципы были пересмотрены и опубликованы в апреле 2019 года [43].

В рассматриваемом документе перечислены семь опирающихся на основы права и этические принципы ключевых требований, которым должны соответствовать системы искусственного интеллекта, чтобы быть надежными:

- человеческое управление и надзор (human agency and oversight);
- техническая надежность и безопасность (technical robustness and safety);
- конфиденциальность и управление данными (privacy and Data governance);
- прозрачность (transparency);

- многообразии, недискриминация и справедливость (diversity, non-discrimination and fairness);
- социальное и экологическое благополучие (social and environmental well-being);
- подотчетность (accountability).

По мнению экспертной группы, разрабатывавшей Руководящие этические принципы надежного искусственного интеллекта, все перечисленные требования имеют одинаковое значение, поддерживают друг друга и должны быть реализованы и оценены на протяжении всего жизненного цикла системы. Однако остановимся подробнее на первом требовании. Представляется, что последующие требования включают элементы, которые так или иначе уже отражены в действующем законодательстве и по сути являются производными от первого.

Итак, кто главнее: человек или «машина»? На практике нам об этом поведаст время, а пока обратимся к теории, предлагаемой ЕС.

В соответствии с рассматриваемыми этическими принципами системы искусственного интеллекта должны поддерживать автономию человека и процесс принятия им решений, как это предписано принципом уважения автономии человека. Данное требование позволяет системам искусственного интеллекта выступать в качестве факторов, способствующих созданию демократического, процветающего и справедливого общества, оказывая поддержку пользователям и поощряя основные права, а также обеспечивая надзор со стороны человека. Как и многие технологии, системы искусственного интеллекта могут в равной степени обеспечивать и ограничивать основные права. Они могут приносить пользу людям, например, помогая им отслеживать свои личные данные или увеличивая доступность образования, тем самым поддерживая их право на образование. Однако, учитывая охват и возможности рассматриваемых систем, они могут также негативно сказываться на основных правах. В ситуациях, когда риски существуют, по мнению экспертной группы AI HLEG, следует проводить оценку такого воздействия на фундаментальные права. Подобный анализ должен быть осуществлен до внедрения конкретной системы, включая в себя оценку того, могут ли эти риски быть уменьшены или оправданы

в случае необходимости в демократическом обществе в целях уважения прав и свобод других. Кроме того, следует создать механизмы для получения внешней обратной связи в отношении систем искусственного интеллекта, которые потенциально грозят нарушением основных прав.

Обращаясь к вопросу о человеческом управлении, AI HLEG отмечает, что пользователи должны иметь возможность принимать обоснованные автономные решения относительно систем искусственного интеллекта. Людям следует предоставить знания и инструменты для удовлетворительного понимания и взаимодействия с такими системами и, где это возможно, разумно самостоятельно оценить или оспорить действия системы. Задача искусственного интеллекта – поддерживать людей в принятии лучших, более информированных решений в соответствии с их целями. Системы искусственного интеллекта иногда могут быть использованы для влияния на поведение человека с помощью механизмов, которые может быть трудно обнаружить, поскольку они могут использовать подсознательные процессы, включая различные формы несправедливых манипуляций, обмана, слежки и понуждения, которые могут угрожать индивидуальной автономии. Итоговый принцип автономии пользователей должен быть центральным для функциональности системы. Ключом к этому является право не подчиняться решению, основанному исключительно на автоматизированной обработке, когда это создает правовые последствия для пользователей или аналогичным образом существенно влияет на них.

Концепция человеческого надзора по заверениям AI HLEG помогает гарантировать, что система не подорвет автономию человека или не вызовет других негативных последствий. Надзор может быть обеспечен с помощью таких механизмов управления, как «human-in-the-loop» (HITL), «human-on-the-loop» (HOTL) или «human-in-command» (HIC). HITL относится к способности человека вмешиваться в каждый цикл принятия решений системы, что во многих случаях невозможно и нежелательно. HOTL относится к возможности вмешательства человека во время цикла проектирования системы и мониторинга работы системы. HIC означает способ-

ность контролировать общую деятельность системы искусственного интеллекта (включая ее более широкие экономические, социальные, правовые и этические последствия) и способность решать, когда и как использовать систему в любой конкретной ситуации. Это может включать в себя решение не использовать систему в конкретной ситуации, установить уровни дискреции человека во время использования системы или обеспечить возможность переопределения решения, принятого системой. Кроме того, необходимо обеспечить, чтобы государственные органы имели возможность осуществлять контроль в соответствии с их полномочиями. Механизмы надзора могут потребоваться в различной степени для поддержки других мер безопасности и контроля в зависимости от области применения системы и потенциального риска. При прочих равных условиях, чем меньше контроля человек может осуществлять над системой искусственного интеллекта, тем более обширное тестирование и более строгое управление требуется.

На первый взгляд, принципы вполне разумные, однако их реализация на практике может оказаться весьма затруднительной. В целях решения данной проблемы в руководящих принципах представлен оценочный перечень, содержащий руководящие указания по практическому осуществлению каждого требования. Этот оценочный список еще будет проходить экспериментальный процесс, в котором могут участвовать все заинтересованные стороны, с тем чтобы получить обратную связь для его улучшения (ведь документ вышел относительно недавно – 8 апреля 2019 года). Под заинтересованными сторонами, участвующими в жизненном цикле систем искусственного интеллекта, AI HLEG понимает разработчиков (developers), администраторов размещения (deployers) и конечных пользователей (end-users), а также общество в целом. Под разработчиками экспертная группа Еврокомиссии подразумевает тех, кто занимается исследованиями, проектированием и/или разработкой систем искусственного интеллекта. Под администраторами размещения – государственные или частные организации, которые используют системы искусственного интеллекта в своих бизнес-процессах и предлагают продукты и услуги другим. Конечными

пользователями являются те, кто прямо или косвенно взаимодействует с системой искусственного интеллекта. Каждая из перечисленных групп заинтересованных сторон играет свою роль в обеспечении соблюдения требований:

- разработчики должны внедрять и применять требования к процессам проектирования и разработки;
- администраторы размещения должны обеспечивать, чтобы используемые ими системы, а также предлагаемые ими продукты и услуги отвечали требованиям;
- конечные пользователи и общество в целом должны быть информированы об этих требованиях и иметь возможность добиваться их соблюдения.

Непосредственно задача по обеспечению соблюдения требований, обозначенных AI HLEG, ложится на плечи юристов и правоприменителей. Подобная задача представляется весьма непростой, учитывая отсутствие сложившейся практики и соответствующей законодательной базы. Фактически, ее только предстоит создать и внедрить, причем в соответствии с уже существующими нормами. Все это усложняется тесной связью AI с Интернетом вещей, Big data и пр., правовое регулирование которых по сей день нельзя назвать исчерпывающим, и все же, как говорится, *viam supervadet vadens*<sup>54</sup>...

## ii. Сети 5G и их влияние на Интернет вещей

Итак, что же представляет собой технология 5G? Ответ можно изобразить в виде простейшей схемы<sup>55</sup>, приведенной ниже.

Теперь попытаемся ответить более подробно: данная схема иллюстрирует телекоммуникационные сети следующего поколения

---

<sup>54</sup> От лат. «дорогу осилит идущий».

<sup>55</sup> Схема предоставлена специалистами Thales Group, Thales Group (до 2000 года известная как Thomson-CSF) – международная промышленная группа, разрабатывающая информационные системы для авиакосмического, военного и морского применения. (Другие оригинальные схемы, посвященные особенностям внедрения технологии 5G, можно найти в Приложении 4 данной работы) [24].

(fifth generation «пятое поколение» или 5G), действующие на основе стандартов телекоммуникаций (5G/IMT-2020), следующих за существующими стандартами 4G/IMT-Advanced [25]. В конце 2018 года 5G начали выходить на рынок и, очевидно, будут продолжать распространяться по всему миру.



За последние четыре десятилетия мобильные телефоны более чем любая другая технология незаметно изменили нашу жизнь навсегда. Думаю, все помнят, каким продвинутым нам казался Nokia 3310 в свое время. Но технологии не стоят на месте. Первое поколение 1G телекоммуникационных сетей позволило нам говорить друг с другом и быть мобильными (1979 г.). Цифровые сети 2G (1991 г.) позволили отправлять сообщения и пользоваться мобильной связью в путешествиях (роуминг). Некоторые улучшения с точки зрения услуг передачи данных (GPRS и EDGE) принесли 2.5G и 2.75G, а 3G (1998 г.) позволили пользоваться мобильным интернетом (с переменным успехом). Сети 3.5G принесли по-настоящему мобильный интернет, развязав экосистему мобильных приложений. Сети 4G (2008) предоставили всё: IP-сервисы (голос и данные), быстрый доступ в Интернет с унифицированными сетевыми архитектурами и протоколами, 4G LTE (с 2009 года) удвоил скорость передачи данных.

Сети 5G расширяют возможности широкополосных беспроводных услуг, начиная от мобильного Интернета до IoT и критических сегментов коммуникационной инфраструктуры.

Таким образом, помимо повышения скорости, ожидается, что 5G выпустит массовую экосистему Интернета вещей, где сети могут обслуживать коммуникационные потребности миллиардов

подключенных устройств с правильным компромиссом между скоростью, задержкой и стоимостью.

Опуская технические подробности, отметим, что именно позволяет 5G достигать невиданных до этого скоростей<sup>56</sup>.

Согласно принципам работы связи, чем короче частота, тем больше пропускная способность канала связи. Именно использование более коротких частот (миллиметровые волны между 30 ГГц и 300 ГГц) дает возможность сетям 5G быть намного быстрее, что позволит обеспечить ожидаемый прирост не только скорости, но и емкости, а также минимального уровня задержки и высокого качества. Важно отметить, однако, что скорость загрузки 5G может сильно отличаться в зависимости от конкретной области<sup>57</sup>.

Теперь попробуем уяснить, что может означать такая характеристика 5G, как «низкая задержка» (low latency)?

Практически в данном случае речь идет о времени между отправкой и получением информации. Если в случае с 4G такое время составляет 200 миллисекунд, то для 5G – это 1 миллисекунда (1 мс<sup>58</sup>). Среднее время реакции человека на зрительный стимул составляет 250 мс или 1/4 секунды<sup>59</sup>. А теперь представим, что ваш автомобиль может реагировать в 250 раз быстрее, чем вы; он также может реагировать на сотни фрагментов поступающей информации и, кроме этого, может передавать свои реакции другим транспортным средствам и дорожной инфраструктуре в течение миллисекунд. При скорости 100 км/ч расстояние реакции составляет около 30 метров, прежде чем вы нажмете на тормоза, в то время как при скорости реакции 1 мс автомобиль прокатится менее 3 сантиметров. Этот пример привели специалисты Thales Group вместе

---

<sup>56</sup> «5G достигает максимума со скоростью 10 гигабит в секунду (Гбит / с). 5G – это от 10 до 100 раз быстрее, чем то, что вы можете получить с 4G» [24].

<sup>57</sup> Как отмечают специалисты Thales Group: «Согласно февральскому выпуску журнала Fortune за 2020 год средние показатели скорости 5G за III-IV квартал 2019 года варьируются от: 220 мегабит в секунду (Мбит / с) в Лас-Вегасе, 350 – в Нью-Йорке, 380 – в Лос-Анджелесе, 450 – в Далласе, до 550 – в Чикаго и более 950 – в Миннеаполисе и Провиденсе» [24].

<sup>58</sup> Миллисекунда – это 1/1000 секунды.

<sup>59</sup> Некоторые люди при правильном обучении способны реагировать со скоростью примерно 190–200 мс.

с другими примерами продуктивного использования технологий связи с «низкой задержкой»:

- соединение V2X (Vehicle-to-Everything – «транспортное средство со всем»): V2V (Vehicle-to-Vehicle – «транспортное средство с транспортным средством»), V2I (Vehicle-to-Infrastructure – «транспортное средство с инфраструктурой»), автономные, подключенные автомобили;

- «иммерсивные игровые технологии виртуальной реальности» (Immersive Virtual Reality Gaming): таким образом 5G принесет VR в массы);

- дистанционные хирургические операции (телехирургия);
- синхронный перевод [24].

Масштабность эволюционного шага сетей по сравнению с сегодняшними 4G и 4.5G (LTE) заключается в том, что помимо повышения скорости передачи данных новые варианты использования связи (IoT, в частности) потребуют нового уровня повышения производительности. Низкая задержка обеспечивает интерактивность в реальном времени для сервисов, использующих облако: это ключ к успешному функционированию самоуправляемых автомобилей, например. Предполагается, что 5G сможет поддерживать 1 миллион устройств на площади 1 км<sup>2</sup>. Кроме того, низкое энергопотребление (снижение энергопотребления на 90 %) – это то, что позволит подключенным объектам работать месяцами или даже годами без необходимости человеческого вмешательства.

Современные IoT-сервисы так или иначе являются «единичными», производительность имеющихся беспроводных технологий (3G, 4G, WiFi, Bluetooth, Zigbee и т. д.) все еще не позволяет говорить о массовости Интернета вещей, что изменится с внедрением 5G. Как утверждают специалисты StarDustTesting<sup>60</sup>: «К 2023 году количество подключенных IoT устройств должно вырасти с 700 миллионов до 3,2 миллиарда» [1], а корпорация IDC<sup>61</sup> к 2025

---

<sup>60</sup> StarDust является лидером в области тестирования и обеспечения качества (Quality Assurance – QA) цифровых услуг.

<sup>61</sup> International Data Corporation (IDC) – является ведущим мировым исследователем рынка и поставщиком соответствующих консультационных услуг.

году прогнозирует «подключение 152 200 устройств Интернета вещей каждую минуту» [44].

Теперь, когда мы в общих чертах изучили возможности 5G, давайте поинтересуемся, как он будет трансформировать различные секторы в сочетании с IoT.

### *1. «Умное производство» (Smart Manufacturing)*

Возможность сбора внушительного объема данных в реальном времени улучшит контроль качества производства, позволяя быстрее выявлять дефекты. Кроме того, широкая мобильность, низкий уровень задержки и высокая (критически важная) надежность представляют собой необходимые условия для автоматизации производства и автономного управления транспортными средствами.

Еще один пример: часто в производственных установках радиосвязь с традиционными сетевыми схемами блокируется из-за наличия металлических конструкций и иных подобных барьеров. Сотовая система позиционирования развертывает несколько точек приема/передачи (Transmission/Reception Points – TRPs) внутри объекта, которые могут взаимодействовать с машиной/устройством с различных направлений. Таким образом, даже если один путь блокируется, сигналы могут поступать с других направлений, создавая дублирование сигнала и предотвращая потерю связи. В ветроэнергетике и солнечной энергетике датчики и устройства IoT, а также AI помогают повысить производительность за счет развитого прогнозирования и анализа погоды (интеллектуальные механизмы автоматически настраивают параметры управления для различных погодных условий).

Помимо прочего, интеллектуальные сети будут более эффективно управлять энергетическими нагрузками: планируемая энергетическая инфраструктура, основанная на регулярных данных, собираемых с устройств IoT, может помочь минимизировать время простоя и затраты на электроэнергию.

Все это предполагает бесперебойную передачу огромного количества данных по сети с минимальным запаздыванием. Как прогнозное, так и профилактическое техническое обслуживание также будет более эффективным при большем объеме сбора данных и меньшей задержке.

## 2. Логистическая цепочка (*Supply Chain*)

Как правило, цепочка поставок требует значительного объема «ручного контроля» (контроля человеческого), особенно во время транспортировки на склад и перемещения внутри него. Посредством IoT сеть 5G позволит получать информацию о состоянии того или иного товара/продукта: это облегчит задачу отслеживания отправок, для скоропортящихся продуктов будет возможен дистанционный мониторинг температуры и влажности контейнера, к примеру. С помощью IoT-трекеров с поддержкой 5G все логистические манипуляции будут происходить в режиме реального времени. Совместно 5G и IoT обеспечат «сквозной обзор» всей цепочки поставок (end-to-end view).

## 3. Розничная торговля (*Retail*)

Сеть 5G и IoT помогут улучшить опыт совершения розничных покупок, сделав его более персонализированным и контекстуальным. Примерочная с искусственным интеллектом и экраном могла бы предложить похожие наряды и соответствующие аксессуары одним нажатием кнопки. Кроме того, покупатели смогут общаться с продавцом и попросить другие товары вместо того, чтобы неловко кричать через дверь. Интеллектуальные полки с поддержкой IoT помогут автоматизировать управление складскими запасами, предоставлять данные инвентаризации в режиме реального времени, строить омниканальные<sup>62</sup> отношения с клиентами и динамически корректировать цены в зависимости от спроса. Суши Мишра в своей статье «Шесть примеров того, как 5G улучшит развертывание Интернета вещей» предлагает обратиться к опыту магазина Amazon Go, чтобы получить представление об автоматизированных магазинах с поддержкой Интернета вещей: «Здесь нет ни кассиров, ни кассовой системы. Вместо этого покупатели должны загрузить приложение и сканировать его при входе. Можно взять любой товар и просто уйти. После выхода активируется автоматическая оплата приложения, и оно отправляет по электронной почте

---

<sup>62</sup>Омниканальность – маркетинговый термин, обозначающий взаимную интеграцию разрозненных каналов коммуникации в единую систему с целью обеспечения бесшовной и непрерывной коммуникации с клиентом [65].

квитанцию о покупке. Магазин, кроме прочего, оснащен компьютерным зрением (computer vision), использует технологии глубокого обучения (deep learning) и полки с датчиками...» [32].

#### 4. «Умные города» (*Smart Cities*)

Основной предпосылкой создания умного города является возможность подключения и автоматизации его различных ресурсов, операций и услуг. Сегодня устройства Интернета вещей не так широко, но тем не менее используются в домах и коммерческих зданиях. Для умных городов эта технология должна распространяться на все хозяйственные, транспортные и санитарные ведомства<sup>63</sup>, такие как водоснабжение, электроснабжение, газоснабжение, управление отходами, мониторинг дорожного движения и даже экологические службы. Сеть 5G позволит обрабатывать эти данные быстро.

#### 5. Самоуправляемые транспортные средства (*Self-Driving Vehicles*)

Как уже отмечалось выше, для надежной работы автономных транспортных средств требуются огромные мощности обмена данными. Помимо отслеживания температуры, движения, погоды и местоположения GPS, информация о пешеходах и уличном освеще-

---

<sup>63</sup>В 2012 году город Барселона в Испании начал внедрять технологии Интернета вещей в свои городские системы, включая транспорт, энергетику, водоснабжение и управление отходами. К 2013 году количество точек доступа Wi-Fi увеличилось на 62% до 670 точек доступа с максимальным расстоянием 100 метров от точки до точки, а число пользователей Wi-Fi удвоилось. В энергетическом секторе были установлены 19 500 интеллектуальных счетчиков. Система управления отходами была обновлена с помощью интеллектуальных бункеров для мониторинга уровня отходов, депонируемых домашними хозяйствами, и оптимизации маршрутов сбора. Кроме того, модернизирован транспортный сектор с помощью оцифрованных автобусных остановок и парковочных систем. Удобства включают в себя обновления в режиме реального времени о местоположении автобусов, зарядных станциях USB, бесплатном Wi-Fi, а также информацию об инструментах и приложениях, связанных с городом. В места парковок автомобилей внедрены сенсорные системы, которые помогают значительно сократить заторы и выбросы. Уличные фонари оснащены датчиками движения для экономии энергии: они остаются тусклыми и светлеют только тогда, когда начинается движение. Фонарные столбы также предоставляют бесплатный доступ в интернет и собирают данные о качестве воздуха в городе. Для полива парковой растительности используются датчики контроля дождя и влажности с целью определить, сколько воды требуется в данный конкретный момент и пр. [32].

щении также играет жизненно важную роль. В то время как датчики и устройства с поддержкой IoT будут собирать данные, сеть 5G обеспечит эффективную передачу их транспортным средствам без задержек. Фактически, в будущем транспортные средства будут общаться между собой, устраняя необходимость в светофорах. Все вышеописанное, безусловно, требует существенного развития IoT и разветвленной сети 5G.

#### *6. Здравоохранение (Healthcare)*

Очевидно, что объем генерируемых данных в области здравоохранения огромен. Одно МРТ-сканирование или ПЭТ-сканирование<sup>64</sup> может представлять собой весьма внушительный файл. Помимо этого, есть и другие записи: такие как сведения о лекарствах, жизненно важные показатели, реакция пациента на продолжающееся лечение и так далее. Часто эта информация должна быть распространена между врачами и другими медицинскими работниками, а это требует наличия бесперебойно работающей сети с высокой пропускной способностью и скоростью загрузки.

Телемедицина уже сейчас неуклонно набирает популярность. Специалисты отмечают ее особую важность для пациентов с хроническими заболеваниями. Дело в том, что после выписки возможен удаленный мониторинг с помощью портативных устройств с поддержкой IoT, подключенных через сеть 5G, это обеспечит мобильность пациентов, высвободит ресурсы больницы и облегчит работу врачей, которые смогут продолжить следить за состоянием здоровья своих пациентов в режиме реального времени. Дополненная реальность, виртуальная реальность и область пространственных вычислений благодаря сочетанию 5G и IoT совершат качественный «скачок», позволяя сложным медицинским датчикам генерировать еще больше информации.

В последнее время большую популярность приобретают приложения для раннего обнаружения и диагностики заболеваний. Уже сегодня искусственный интеллект и технологии быстрой передачи большого массива данных незаменимы в области раннего

---

<sup>64</sup> Позитронная эмиссионная томография – радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов человека или животного.

обнаружения и диагностики: они используются различными способами для более точного, надежного и раннего выявления серьезных заболеваний. Проще говоря, AI делает это путем сравнения данных от конкретного пациента (в том числе в виде изображений) с большим количеством данных от других пациентов, для передачи которых сети 5G станут огромным шагом вперед. Примеров в мировой практике (пока еще на базе сетей 4G в основном) существует масса, приведем некоторые из них.

Так, в сентябре 2015 года на 59-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ было представлено специальное приложение для смартфонов, благодаря которому у врачей развивающихся стран появилась возможность быстро и точно определять стадии онкологического заболевания. По словам Н. Махтара, директора Отдела Азии и Тихого океана Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ, новое приложение на базе iOS и Android «сделает стадирование рака доступной, простой и абсолютно бесплатной процедурой» [60].

Еще один отечественный пример: в 2018 году в Екатеринбурге начали тестировать приложение для диагностики рака кожи; «приложение включает в себя вопросы, которые касаются анамнеза: наследственности, поведенческих моментов на солнце. Дальше уже автоматически определяются группы риска пациента. Второй этап: с помощью дерматоскопа врачи фотографируют новообразование, загружают в программу, и она уже определяет с помощью нейронных сетей риск развития онкологии, находится ли пациент в группе риска» [68].

Кроме прочего, новейшие технологии используются и в диагностике других заболеваний. Вот еще один пример «на злобу дня»: в России появилось приложение, которое по лицу определяет симптомы заболеваний, в том числе COVID-19. Новая технология может распознавать симптомы различных заболеваний с точностью около 98%: «на телефон скачивается приложение, в нем открывается камера, которую нужно навести на лицо. Так программа оценит изменение цвета кожи вокруг глаз, подсчитает пульс, частоту дыхания, насыщение крови кислородом и уровень физического стресса. Дальше эти данные передаются в информационный центр, где

определяют, заболел человек или нет. Диагноз таким образом не поставят, но первичные признаки заболевания выявят. Это позволит быстро решить, нужна ли медицинская помощь»<sup>65</sup>.

Далее, обратимся к более прогрессивным технологиям в медицине. Современные самообучающиеся интеллектуальные системы способны самостоятельно *обнаруживать корреляции и предлагать диагнозы*. Примером может служить компания IBM Watson for Health [56], специализирующаяся на предоставлении организациям здравоохранения доступа к использованию когнитивных технологий с большим количеством медицинских данных, тем самым помогая клиентам облегчить проведение клинических исследований, принятие медицинских решений, используя искусственный интеллект, данные, аналитику, облачные вычисления и другие передовые информационные технологии. Еще одна интересная технология – DeepMind Health<sup>66</sup> корпорации Google. Данный софт (программное обеспечение) сочетает в себе машинное обучение (machine learning) с системной нейробиологией. Суть технологии: создается симуляция человеческого мозга с использованием искусственного интеллекта, способная предлагать диагностическую помощь и поддержку в принятии решений медицинским работникам. Опираясь на обширные наборы данных, так называемое *программное обеспечение поддержки принятия решений* использует прогнозную аналитику (predictive analytics [15]) для поддержки клинических решений и мер. Кроме того, распознавание образов помогает идентифицировать пациентов с высоким риском развития определенных заболеваний или тех, кто испытывает ухудшение общего состояния здоровья из-за образа жизни, окружающей среды, геномики или других факторов.

---

<sup>65</sup> Скачать приложение в Apple Store или Google Play пока нельзя: выпуск хотят наладить под конкретные компании и госорганизации, которые оставят заявку. В основе технологии — нейронная сеть, которую долго обучали разработчики и медицинские специалисты израильской Vinah.ai, портфельной компании инвестиционного холдинга «Prytek». Именно «Prytek» будет заниматься продажей технологии по России и в мире [61].

<sup>66</sup> Эта компания стала широко известна после разработки компьютерной системы AlphaGo, победившей профессионального игрока в го (древнекитайская логическая настольная игра с глубоким стратегическим содержанием), а также создания нейронной сети, способной научиться играть в видеоигры на уровне человека [57].

Существуют и дополнительные области применения, такие как помощь в лечении пациентов, например, путем улучшения планов лечения или мониторинга успехов лечения, или использование роботизированных технологий в хирургии и пр.

Другой сферой применения AI, где 5G станет качественным «прорывом», является профилактическая помощь. Такие приложения, как фитнес-трекеры, калькуляторы массы тела, калорий и прочие предположительно могут способствовать здоровому поведению и помогать людям самостоятельно вести здоровый образ жизни. Здесь предполагается, что человек следует рекомендациям того или иного приложения без контроля врача или иного специалиста, соответственно, за результат никто не отвечает. Такая область применения на данный момент представляется несколько небезопасной, поскольку граничит с «самолечением». Помимо обозначенных областей, существует еще великое множество инновационных технологий, так или иначе связанных с медициной (3D-печать медицинского оборудования, органов и тканей, трансплантология, суррогатное материнство, пластическая хирургия и многое другое) и предполагающих использование больших данных, систем искусственного интеллекта и телекоммуникационных сетей пятого поколения. К сожалению, рамки данного исследования не позволяют углубиться в изучение этих узконаправленных вопросов.

Как видим, область применения «совместных усилий» 5G и IoT весьма впечатляет. Все же, всему свое время: по оценкам специалистов, для большинства поставщиков услуг сквозная инфраструктура 5G не будет общедоступна до 2025–2030 годов. Тем не менее уже сегодня компании начали строить свои сети 5G для конкретных целей и отдельных объектов, чтобы воспользоваться преимуществами технологии до того, как развяжется конкурентная борьба в этой области. Думается, что пройдет совсем немного времени, прежде чем мы увидим «умные дома», «умные фабрики» и «умные города» в действии.

### iii. Неразрывная связь Интернета вещей и Больших данных (Big Data)

Интернет вещей и большие данные представляют собой весьма сложные концепции, находящиеся в тесной взаимосвязи. Как обсуждалось выше, IoT состоит из миллионов устройств, собирающих и передающих информацию. Big Data, в свою очередь, охватывают гораздо более широкий ландшафт. Для лучшего понимания сути взаимосвязи между «соединяющей миссией» Интернета вещей и большими данными необходимо сначала рассмотреть ключевые атрибуты и роль Big Data на данном этапе развития.

Итак, что же представляют собой Big Data? В двух словах Гюзель Пьялат в своей статье «Как связаны большие данные и IoT» отвечает: «Большие данные, как термин и область<sup>67</sup>, существуют уже некоторое время (появились раньше Интернета вещей). Они относятся к способам, с помощью которых мы изучаем, анализируем и обрабатываем наборы данных, объемы которых слишком велики, чтобы быть обработанными традиционным программным обеспечением для обработки данных» [35]. Майк Томас в статье «15 примеров работы Интернета вещей и больших данных в унисон» дает следующее объяснение: «Большие данные помогают осмыслить миллиарды фрагментов данных в реальном времени, собранных устройствами Интернета вещей. Платформы анализа больших данных принимают неструктурированные данные (от моделей дорожного трафика до информации об эффективности функционирования умного дома), собранные устройствами Интернета вещей, и организуют информацию в удобоваримые наборы данных, которые информируют компании о том, как оптимизировать свои процессы» [54].

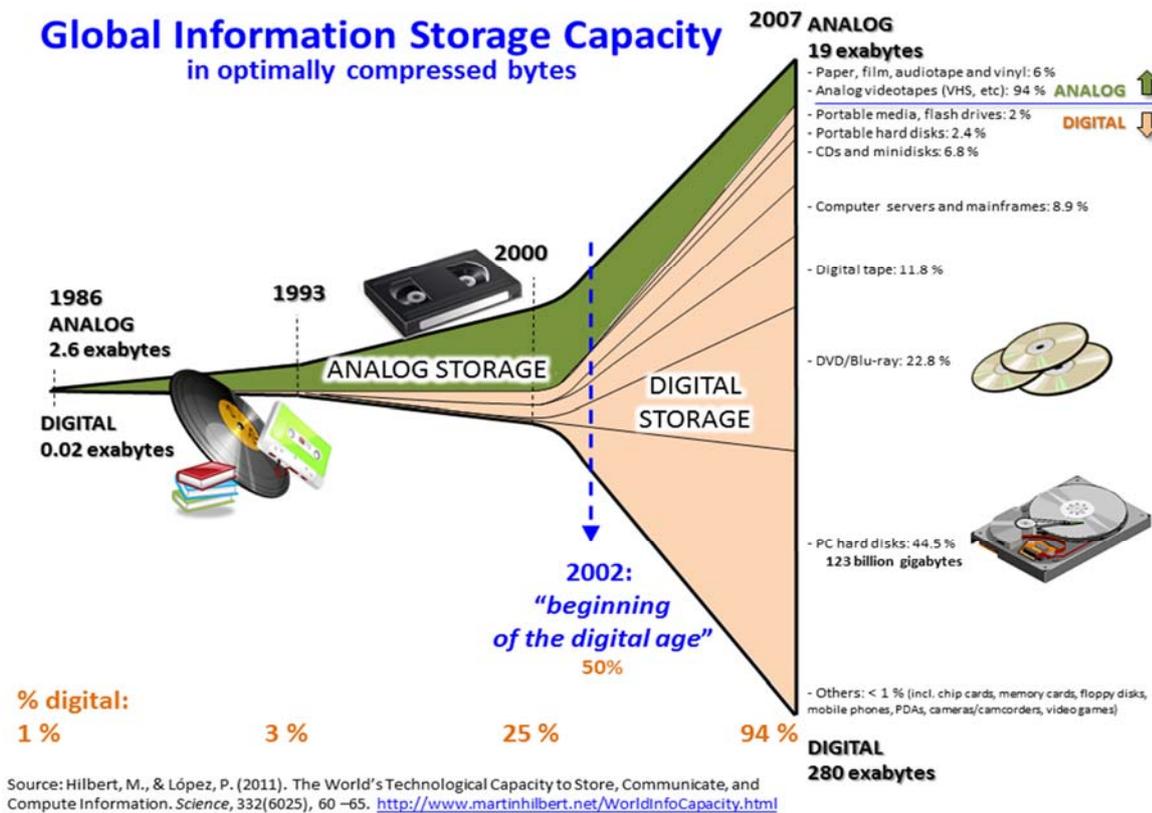
Обратим внимание на схему, составленную профессором Калифорнийского университета Мартином Гилбертом [18].

На приведенной схеме отображен Мировой технологический потенциал для хранения (Global Information Storage Capacity), передачи и вычисления информационных данных (динамика роста и изменение цифровой доли информации в мире). Важно, что 2002 год

---

<sup>67</sup> Вероятно, здесь имеется ввиду техническая область применения.

явился переломным (beginning of the digital age) в изменении соотношения мирового объема аналоговых и цифровых данных в пользу последних, объем которых увеличивался в геометрической прогрессии (лавинообразно). В 2007 году объем цифровых данных превысил объем аналоговых почти в 15 раз, составив 280 эксабайт цифровых данных (digital 280 exabytes) по отношению к 19 аналоговым (analog 19 exabytes).



Теперь попробуем разобраться в этом вопросе более детально.

В полном соответствии со своим названием «большие данные» представляют собой огромное количество информации; она поступает из различных источников (от подключенных устройств вплоть до «кликов» потребителей при совершении онлайн-покупок). Единицы измерения больших данных – петабайты, терабайты и эксабайты – отражают их масштабную природу. Хотя достижения в области вычислительной техники позволили организациям собирать большие массивы данных, до недавнего времени компьютеры не имели возможности обрабатывать такие объемы информации. Сегодня компании и другие организации начинают «просеивать» свои

данные в поисках стоящих идей, способных помочь в принятии решений. Безусловно, специалисты, умеющие работать с массивами данных, пользуются большим спросом; они используют программное обеспечение моделирования и статистический анализ для извлечения соответствующих шаблонов/паттернов, информации о производительности и потенциальных проблемах в той или иной области. Эти аналитики-переводчики фактически превращают массивы больших данных в отчеты, полезные, например, для производственных, ритейлинговых и иных компаний, органов управления (в том числе и государственных), организаций здравоохранения и пр.

Как отмечалось выше, все чаще искусственный интеллект и технологии машинного обучения/глубокого обучения (ML и DL) используются в процессе анализа больших данных. Они могут собирать данные из нескольких источников и использовать их для прогнозирования результатов и выработки рекомендаций. Специалисты Soracom<sup>68</sup> приводят такой пример: «службы потоковой передачи видео, такие как Netflix и Amazon, запоминают фильмы, которые вы смотрите, и рекомендуют похожие названия для дальнейшего просмотра» [31].

Данные могут быть названы «большими», когда они демонстрируют четыре качества «V»: объем (Volume), разнообразие<sup>69</sup> (Variety), скорость (Velocity), достоверность (Veracity). Итак, рассмотрим их по порядку.

### *1. Объем*

Невероятное количество данных, собранных сегодня с помощью датчиков, онлайн-транзакций, социальных сетей и других средств массовой информации, не может быть обработано или даже сохранено традиционными методами. Наборы данных часто настолько велики, что они не могут поместиться на одном сервере,

---

<sup>68</sup> Soracom – компания, обеспечивающая глобальную IoT-сеть сотовой связью для предприятий в области IoT сельского хозяйства, энергетики, потребительской, производственной, транспортной и медицинской промышленности.

<sup>69</sup> Здесь имеются в виду как структурированные, так и неструктурированные данные.

и вместо этого должны быть распределены между несколькими хранилищами<sup>70</sup>.

## *2. Разнообразие*

Сегодняшние данные представлены в широком видовом диапазоне: от сообщений в социальных сетях до видеоклипов. В предыдущих десятилетиях понятие «данные» имело более четкое и простое определение (телефонные номера, адреса или суммы в бухгалтерских книгах и пр.), к тому же их было легко собрать и представить в виде, например, простых графиков, диаграмм или электронных таблиц. Современные цифровые данные часто не могут быть объединены в традиционные привычные нам структуры. Мощное аналитическое программное обеспечение стремится использовать неструктурированные данные, такие как изображения и видео, объединяя их с более прямыми/простыми потоками данных, чтобы обеспечить получение дополнительной информации.

## *3. Скорость*

В настоящее время данные собираются с умопомрачительной скоростью 2,5 квинтиллиона байт в день: от сотен тысяч сообщений в социальных сетях до более чем 5 миллиардов поисковых запросов Google в день [31]. Большие данные огромным потоком поступают на серверы с беспрецедентной скоростью.

## *4. Достоверность*

Здесь речь идет о точности (и правдивости) определенного набора данных, что включает в себя также оценку самого источника данных (является ли он надежным, ведь данные от ненадежного источника могут привести аналитиков в заблуждение). С целью добиться достоверности данных аналитики стремятся устранить дублирование, ограничить риски всевозможных искажений, а также обрабатывать данные теми способами, которые будут целесообразны для каждого конкретного случая. Это та область, где специалисты-аналитики и традиционные статистические методологии по-прежнему представляют большую ценность, по-

---

<sup>70</sup> Так, программное обеспечение для анализа данных, такое как Nadoop, специально создано для удовлетворения потребностей в распределенном хранилище и агрегировании.

скольку, несмотря на все большую изощренность AI, его способности все еще не могут сравниться с проницательностью тренированного человеческого мозга.

Каким же образом IoT и Big Data взаимодействуют и стимулируют друг друга?

Специалисты представляют объекты IoT в качестве своеобразных «ручьев и рек», впадающих в океан больших данных. Огромное количество подключенных датчиков, устройств и других «вещей», представляющих IoT, вносит значительный вклад в объемы собираемых данных. Как отмечалось в предыдущих подразделах, примеры использования Интернета вещей охватывают достаточно широкий спектр. Инструменты, создаваемые для функционирования Big Data и аналитики в целом, направлены на аккумуляцию потока данных, поступающих с устройств Интернета вещей. Разработчики, ориентированные на IoT, создают платформы, программное обеспечение и приложения, которые предприятия и организации могут использовать для управления своими устройствами IoT и генерируемыми данными<sup>71</sup>.

Несмотря на то что и Big Data, и IoT относятся к сбору внушительных объемов данных, только IoT стремится одновременно запускать аналитику для поддержки решений в реальном времени. Например, компания электронной коммерции (e-commerce) может отслеживать потребительские привычки на протяжении какого-то времени, а затем уже использовать эти данные для создания индивидуального контента и соответствующей рекламы для клиента. В случае же с автономным автомобилем данные не могут быть отложены для последующего анализа: при угрозе аварии машина должна «знать» эти результаты без промедления, чтобы она могла принять решение за долю секунды.

---

<sup>71</sup> В то время как IoT больше фокусируется на непосредственном анализе и использовании входящих данных, инструменты больших данных помогают улучшить некоторые функции. Прогнозная аналитика, например, учитывает производительную мощность машины на протяжении какого-то времени, создавая библиотеку данных, необходимых для прогнозирования возможных проблем в будущем. Это позволит компаниям улучшить уровень обслуживания своего оборудования, например они смогут гарантировать, что запасные части или обслуживающий персонал будут готовы еще до того, как машина сломается.

Еще один важный момент: многие IoT-устройства полагаются на облачные вычисления или связь с удаленным сервером, но в некоторых случаях разработчики применяют идею «периферийной обработки данных», когда устройство сохраняет способность обрабатывать некоторые данные локально, обеспечивая минимальную задержку для чувствительных ко времени операций. Разнохарактерность самих источников данных представляет собой еще одно важное различие между IoT и Big Data. Аналитика больших данных обычно подразумевает изучение «человеческого выбора», особенно в онлайн-сфере: в попытке предсказать поведение и выявить закономерности или тенденции. IoT, в свою очередь, сосредоточен на машинных данных, и его основные цели ориентированы на оптимизацию производительной мощности машин/оборудования.

Несмотря на указанные сущностные различия, IoT и Big Data тесно взаимосвязаны, стимулируют и «питают» друг друга и в рамках Индустрии 4.0 в конечном итоге служат одной общей цели.

Коди Лиретт в статье, посвященной взаимоотношениям IoT и Big Data приводит пример совместной работы Интернета вещей с аналитикой больших данных в судоходной отрасли: «Судоходные компании прикрепляют датчики Интернета вещей к грузовикам, самолетам, лодкам и поездам, чтобы отслеживать скорость, остановки, состояние двигателя и другую информацию. Они могут использовать эти данные для принятия немедленных решений и прогнозирования предстоящего технического обслуживания, но они также хранят накопленную информацию, чтобы получить общее представление о работе компании с течением времени. В конечном счете это сочетание немедленного анализа Интернета вещей и долгосрочной аналитики больших данных приводит к экономии затрат, повышению эффективности и лучшему использованию экологических ресурсов» [31].

Еще несколько примеров от специалистов Built in [34].

- Облачная платформа Tive (Кембридж, Массачусетс) использует сотовые трекеры, чтобы пользователи могли следить за местоположением и состоянием груза в режиме реального времени с помощью массива подключенных устройств. Это включает в себя

отслеживание дорогостоящих товаров, мониторинг состояния химических веществ и ущерба от их переработки. Пользователи также могут получать предупреждения о повреждениях при поставках электроники, избегая задержек в портах и многого другого.

- Harvard innovation lab Experfy (Бостон, Массачусетс) – консалтинговая компания, которая способствует созданию умных городов с использованием сенсорных сетей Интернета вещей, собирающих и передающих данные об использовании ресурсов. В результате: тратится меньше энергии, экономится больше воды, уменьшается дорожный трафик, снижается уровень шумового загрязнения, контролируется и поддерживается состояние мостов и зданий, а сбор мусора становится более эффективным.

- С помощью программного обеспечения FieldView от Climate Corporation (Чикаго, Иллинойс) пользователи могут собирать и хранить данные о своих фермерских полях и даже передавать (получать) данные на другие платформы. FieldView соединяет сельскохозяйственную технику (тракторы, комбайны) с iPad через bluetooth, чтобы пользователи могли «на лету» собирать и хранить данные, относящиеся к посадке и обслуживанию сельскохозяйственных культур. Другие полевые данные можно узнать с помощью мониторов, получивших название Precision Planting 20/20 SeedSense и Precision Planting YieldSense.

- Компания Disney MagicBand (Бербанк, Калифорния) собирает и использует всевозможные данные от посетителей для улучшения их пребывания в «самом счастливом месте на Земле». С помощью разработок этой компании можно проходить в парки, открывать номера в отелях, покупать еду и товары. Подобное решение снижает риски мошенничества и ускоряет саму работу в парке, устраняя ожидание в очередях.

- Компания I-TapR2 (Чикаго, Иллинойс) стремится поднять ручные пивные краны на ступеньку выше с помощью своего беспроводного смарт-крана, который отслеживает операции в режиме реального времени, отбирает данные об использовании и потреблении и передает эти данные – все через проприетарную сеть I-Tap – на компьютер или через мобильное приложение I-Tap. Подобный

«Интернет вещей для пива», как его называет компания, обеспечивает прозрачный взгляд на запасы пива и на то, как пиво потребляется, информируя руководителей о необходимости перезаказывать продукт, закрывать бизнес или о том, как более эффективно продавать свой продукт и пр.

Очевидно, связь IoT и больших данных будет только укрепляться по мере развития технологий. Компании, стремящиеся использовать весь потенциал данных, должны тщательно продумывать «устройства развертывания» и типы собираемой ими информации, с тем чтобы осуществлять сбор только полезных, практически применимых данных.

## Заключение

Сложно спорить с тем, что технология сегодня коренным образом меняет нашу экономическую, социальную, культурную и человеческую среду. Наверное, можно утверждать: никогда еще за время существования человечества не было такого многообещающего времени и вместе с тем времени большей потенциальной опасности.

Говорить о результатах внедрения Индустрии 4.0 и давать окончательные оценки о ее положительных и отрицательных сторонах, безусловно, будет возможно по прошествии времени. Тем не менее уже сегодня можно констатировать, что цифровые технологии планомерно пронизывают все сферы современного общества. Цифровая трансформация – это уже не миф или заоблачная фантазия, это наша реальность, от которой нельзя отказаться или не замечать. Принимая происходящие изменения, важно понимать, что ни сами технологии, ни связанные с ними «пертурбации» не являются веземной силой, над которой люди не властны. Прогресс – дело рук и ума человека, поэтому каждый член общества (особенно юристы) так или иначе участвует в разворачивающейся технологической эволюции, и каждым своим выбором определяет свое и общее будущее. Все-таки от нас тоже зависит, каким будет сценарий развития 4IR (пессимистическим или оптимистическим). Как отметил Клаус Шваб (основатель и исполнительный председатель Всемирного экономического форума): «В конце концов, все сводится к людям и ценностям. Мы должны сформировать будущее, которое будет работать для всех нас, ставя людей на первое место и наделяя их полномочиями. В своей самой пессимистической, дегуманизированной форме Четвертая промышленная революция действительно может иметь потенциал «роботизации» человечества и, таким образом, лишит нас нашего сердца и души. Но как дополнение к лучшим частям человеческой природы – творчеству, сопереживанию, управлению – она может также поднять человечество в новое коллективное и нравственное сознание, основанное на общем чувстве предназначения. Мы все должны сделать так, чтобы последнее возобладало» [48].

На данном этапе целесообразно не бояться и не «открещиваться» от всего нового. Наоборот, есть смысл принять четвертую промышленную революцию как набор возможностей, которые, при правильном применении, помогут направить общество в то будущее, которое будет отражать общие интересы и ценности. Проблема заключается в том, что современные специалисты часто оказываются в ловушке традиционного линейного мышления или слишком поглощены узкими вопросами, требующими их внимания, чтобы стратегически размышлять о разрушительной и в то же время созидательной силе 4IR. Кроме того, сам материал носит весьма сложный технический характер и, по сути, хорошо в нем разбираются только технические специалисты. Тем не менее любые общественные отношения нуждаются в правовом регулировании, а доверить правовое регулирование программистам и техникам пока еще не представляется возможным. Здесь мы сталкиваемся с такой проблемой: как регулировать «то – не знаю что»? Классически образованному юристу (пусть даже самому блестящему) без специальной подготовки весьма сложно будет разбираться в трендах цифровизации. Фактически, уже сегодня можно говорить о необходимости внедрения специализированных курсов в программы обучения юридических вузов по всему миру. Впрочем, необходимость переподготовки и наделения специалистов «новыми цифровыми навыками» очевидно затронет не только юридическую отрасль.

В конечном итоге все неурегулированные и непонятные аспекты (как для юристов, так и для специалистов других областей) будут иметь реальные последствия для всех членов общества. На данном этапе очевидно, что существующее законодательство не готово объять обширный круг вновь появившихся вопросов; необходимо восполнять пробелы новым правотворчеством; важно как можно скорее обеспечить серьезную коллаборацию юристов и программистов на государственном и международном уровнях<sup>72</sup>.

---

<sup>72</sup> Отметим, что наша страна в этом отношении предпринимает определенные шаги. Кроме прочего, в 2019 году Россия приняла национальную стратегию развития искусственного интеллекта, а 22 августа сего года на площадке Корпоративного университета Сбербанка прошла стратегическая сессия по искусственному интеллекту для руководителей цифровой трансформации федеральных органов исполнительной власти.

Причем для достижения продуктивности вышеозначенного сотрудничества важно выработать всеобъемлющее и общепринятое во всем мире представление о том, как должна протекать фаза Четвертой промышленной революции.

## Литература

1. 5G and Its Impact on the Internet of Things [Электронный ресурс]. StarDust, 2020. URL: <https://www2.stardust-testing.com/en/5g-and-impact-on-iiots> (дата обращения: 18.08.2020).

2. A Brief History of Industry. Bosch Sanayi Ve Ticaret A.Ş [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://www.sanayidegelecek.com/en/sanayi-4-0/tarihsel-gelisim/> (дата обращения: 18.08.2020).

3. A Connected and Smart Future – The Internet of Things. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/technology/platform\\_IoT\\_connectedFuture.htm](https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/technology/platform_IoT_connectedFuture.htm) (дата обращения: 18.08.2020).

4. About BCG [Электронный ресурс]. BCG, 2020. URL: <https://www.bcg.com/en-gr/about/about-bcg/overview> (дата обращения: 18.08.2020).

5. AMIT. What is a Standard Operating Procedure (SOP) and How to Write It. Project Management. Tallyfy [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://tallyfy.com/standard-operating-procedure-sop/> (дата обращения: 18.08.2020).

6. Ashton K. That 'Internet of Things' Thing // RFID Journal [Электронный ресурс]. June 22, 2009. URL: <https://www.rfidjournal.com/product/article-1571-access-overview> (дата обращения: 18.08.2020).

7. Berlanstein L.R. The Industrial Revolution and Work in Nineteenth-Century Europe [Электронный ресурс]. Questia, 2020. URL: <https://www.questia.com/library/107622041/the-industrial-revolution-and-work-in-nineteenth-century> (дата обращения: 18.08.2020).

8. Brunelli J. Five Lessons from the Frontlines of Industry 4.0 / J. Brunelli, V. Lukic, T. Milon [et al.] // BCG [Электронный ресурс]. 2017. URL: [https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Five-Lessons-from-the-Frontlines-of-Industry-4.0-Nov-2017\\_tcm9-175989.pdf](https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Five-Lessons-from-the-Frontlines-of-Industry-4.0-Nov-2017_tcm9-175989.pdf) (дата обращения: 18.08.2020).

9. Die Hightech-Strategie für Deutschland / Bundesministerium für Bildung und Forschung [Электронный ресурс]. 2006. URL: [https://www.fona.de/medien/pdf/die\\_hightech\\_strategie\\_fuer\\_deutschland.pdf](https://www.fona.de/medien/pdf/die_hightech_strategie_fuer_deutschland.pdf) (дата обращения: 18.08.2020).

10. Emad. Michelin: Tires-as-a-Service // Harvard Business School [Электронный ресурс]. Digitization Initiative. 2016. URL: <https://digital.hbs.edu/platform-rctom/submission/michelin-tires-as-a-service/#> (дата обращения: 18.08.2020).

11. Ethics Guidelines for Trustworthy AI // Futurium. European Commission [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation> (дата обращения: 18.08.2020).

12. EU Member States sign up to cooperate on Artificial Intelligence / European Commission [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/humaint/news/eu-member-states-sign-cooperate-artificial-intelligence> (дата обращения: 18.08.2020).

13. Everything you need to know about the Industrial Internet of Things // GE Digital [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.ge.com/digital/blog/everything-you-need-know-about-industrial-internet-things> (дата обращения: 18.08.2020).

14. Ghosh I. AIoT: When Artificial Intelligence Meets the Internet of Things // Technology. Visual Capitalist [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.visualcapitalist.com/aiot-when-ai-meets-iot-technology/> (дата обращения: 18.08.2020).

15. Glenn Cohen. The Legal And Ethical Concerns That Arise From Using Complex Predictive Analytics In Health Care [Электронный ресурс] / Glenn Cohen [et al.]. 33 Health Aff. 2014. Vol. 1139. 109 p. URL: <https://www.healthaffairs.org/doi/full/10.1377/hlthaff.2014.0048> (дата обращения: 18.08.2020).

16. Goria P. Industrial Iot [Электронный ресурс]. 2019. URL: [https://medium.com/@priyank\\_33569/industrial-iot-3bd0ab49f398](https://medium.com/@priyank_33569/industrial-iot-3bd0ab49f398) (дата обращения: 18.08.2020).

17. Hamilton E. What is Edge Computing: The Network Explained. Cloudwards [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cloudwards.net/what-is-edge-computing/> (дата обращения: 18.08.2020).

18. Hilbert M. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information [Электронный ресурс]. Martin-HilbertNet, 2011. URL: <http://www.martinhilbert.net/WorldInfoCapacity.html/> (дата обращения: 18.08.2020).

19. History of Electricity. Insitute for Energy Research [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.instituteforenergyresearch.org/>

history-electricity/ (дата обращения: 18.08.2020).

20. Industrie 4.0 – Legal challenges of digitalisation. An input for the public debate // BDI. Noerr LLP [Электронный ресурс]. 2015. URL: <https://www.noerr.com/> (дата обращения: 18.08.2020).

21. Industry 4.0 and Industrial IoT in Manufacturing: A Sneak Peek [Электронный ресурс]. ABERDEEN, 2020. URL: <https://www.aberdeen.com/featured/industry-4-0-industrial-iot-manufacturing-sneak-peek/> (дата обращения: 18.08.2020).

22. Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0 // i-SCOOP [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/> / (дата обращения: 18.08.2020).

23. Internet of Things (IoT). IoT Agenda. TechTarget [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> (дата обращения: 18.08.2020).

24. Introducing 5G technology and networks (definition, use cases and rollout) // Digital Identity and Security. Thales Group [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/mobile/inspired/5G> (дата обращения: 18.08.2020).

25. ITU towards “IMT for 2020 and beyond” // Radiocommunication. International Telecommunication Union [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx> (дата обращения: 18.08.2020).

26. Jones N. 11 Digital Transformation Quotes To Lead Change & Inspire Action [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://blog.kintone.com/business-with-heart/11-digital-transformation-quotes-to-lead-change-inspire-action> (дата обращения: 18.08.2020).

27. Kai Garrels. Which criteria do Industrie 4.0 products need to fulfil? Guideline // Asset Administration Shell (Industry 4.0) [Электронный ресурс]. 2020. URL: [https://www.researchgate.net/publication/346957142\\_Which\\_criteria\\_do\\_Industrie\\_40\\_products\\_need\\_to\\_fulfil\\_Guideline\\_2020](https://www.researchgate.net/publication/346957142_Which_criteria_do_Industrie_40_products_need_to_fulfil_Guideline_2020) (дата обращения: 18.08.2020).

28. Kenton W. Value network. Business essentials // Investopedia [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://www.investopedia.com/terms/v/value-network.asp> (дата обращения: 18.08.2020).

29. Küpper D. Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth // Boston Consulting Group [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth> (дата обращения: 18.08.2020).

30. Lee E. Cyber-Physical Systems. A Concept Map // Berkeley CPS Publications [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://ptol-emu.berkeley.edu/projects/cps/> (дата обращения: 18.08.2020).

31. Lirette C. What is the Relationship Between IoT and Big Data? // SORACOM INC. [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://www.soracom.io/blog/what-is-the-relationship-between-iot-and-big-data/> (дата обращения: 18.08.2020).

32. Mishra S. 6 Examples of How 5G Will Improve IoT Deployments // IoT For All [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.iotforall.com/6-examples-5g-improve-iot-deployments/> (дата обращения: 18.08.2020).

33. Pan-European cooperation on Industrie 4.0 standardisation // Federal Ministry for Economic Affairs and Energy [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/News/Actual/2018/2018-07-19-tricoop-standards.html> (дата обращения: 18.08.2020).

34. Paris Declaration of the Trilateral Group for Smart Manufacturing // Federal Ministry for Economic Affairs and Energy [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/wg3-trilaterale-coop.html> (дата обращения: 18.08.2020).

35. Pialat G. How Big Data and IoT Are Connected // Internet of Things. IoT For All [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.iotforall.com/big-data-iot/> (дата обращения: 18.08.2020).

36. Platform Industrie 4.0 // Federal Ministry for Economic Affairs and Energy [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Home/home.html> (дата обращения: 18.08.2020).

37. Predix Platform // GE Digital [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.ge.com/digital/iiot-platform> (дата обращения: 18.08.2020).

38. Pyramid of automation extended for RAMI 4.0 // Phoenix Contact GmbH & Co. KG [Электронный ресурс]. 2020. URL: [https://www.phoenixcontact.com/online/portal/?1dmy&urile=wcm:path:/pcen/web/offcontext/insite\\_landing\\_pages/1323f37f-e566-4009-8645-661c715cea23/6ddf5dfb-dbc8-47c8-8f1a-dc915d263cd3/605016fb-ed97-4b22-a6fb-de1f93556226/605016fb-ed97-4b22-a6fb-de1f93556226](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/?1dmy&urile=wcm:path:/pcen/web/offcontext/insite_landing_pages/1323f37f-e566-4009-8645-661c715cea23/6ddf5dfb-dbc8-47c8-8f1a-dc915d263cd3/605016fb-ed97-4b22-a6fb-de1f93556226/605016fb-ed97-4b22-a6fb-de1f93556226) (дата обращения: 18.08.2020).

39. RAMI 4.0 Reference Architectural Model for Industrie 4.0 // InTech. International Society of Automation [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.isa.org/intech-home/2019/march-april/features/rami-4-0-reference-architectural-model-for-industr> (дата обращения: 18.08.2020).

40. Ranger S. RFID heralds the 'internet of things'. Today's tagging tech "just the tip of the iceberg" // CBS Interactive [Электронный ресурс]. 2006. URL: <https://www.zdnet.com/article/rfid-heralds-the-internet-of-things/> (дата обращения: 18.08.2020).

41. Ranger S. The Internet of Things explained. What the IoT is, and where it's going next // CBS Interactive [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/> (дата обращения: 18.08.2020).

42. Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI4.0) – An Introduction. Federal Ministry of Education and Research // Platform Industrie 4.0. BMWI [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publication/rami40-an-introduction.html> (дата обращения: 18.08.2020).

43. Requirements of Trustworthy AI European Commission [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines/1#well-being> (дата обращения: 18.08.2020).

44. Rosen M. Driving the Digital Agenda Requires Strategic Architecture // IDC [Электронный ресурс]. 2014. URL: <https://idc->

cema.com/dwn/SF\_177701/driving\_the\_digital\_agenda\_requires\_strategic\_architecture\_rosen\_idc.pdf (дата обращения: 18.08.2020).

45. Rouse M. Internet Protocol. Unified Communications Architecture and Service Models // TechTarget [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/Internet-Protocol> (дата обращения: 18.08.2020).

46. Sarkissian A. What Is a Strategic Roadmap? // Azcentral [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://yourbusiness.azcentral.com/strategic-roadmap-14662.html> (дата обращения: 18.08.2020).

47. Scherf J., Knell Th. What is Logistics 4.0? Everything you need to know about digitization & logistics // Vogel Communications Group [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.maschinenmarkt.international/what-is-logistics-40-everything-you-need-to-know-about-digitization-logistics-a-876611/> (дата обращения: 18.08.2020).

48. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Global Agenda // World Economic Forum [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> (дата обращения: 18.08.2020).

49. Society 5.0. Cabinet Office [Электронный ресурс]. 2020. URL: [https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html) (дата обращения: 18.08.2020).

50. Sprinting to Value in Industry 4.0 // Boston Consulting Group [Электронный ресурс]. SlideShare, 2020. URL: <https://www.slideshare.net/TheBostonConsultingGroup/sprinting-to-value-in-industry-40> (дата обращения: 18.08.2020).

51. Technology. Deloitte [Электронный ресурс]. 2020. URL: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/us32959-industry-4-0/images/Deloitte%20Infographic\\_HighRes\\_NewEnding.jpg](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/us32959-industry-4-0/images/Deloitte%20Infographic_HighRes_NewEnding.jpg) (дата обращения: 18.08.2020).

52. The Industrial Internet Consortium: A global not-for-profit partnership of industry, government and academia // Industrial Internet Consortium [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.iiconsortium.org/about-us.htm> (дата обращения: 18.08.2020).

53. The Internet of Everything // IoE [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://ioe.org/> (дата обращения: 18.08.2020).

54. Thomas M. 15 Examples of IoT and Big Data Working in Unison // Tech topics. Built in [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://builtin.com/big-data/iot-big-data-analytics-examples> (дата обращения: 18.08.2020).

55. Verdú M. Artificial intelligence makes the IoT smarter and more efficient // IoT Solutions World Congress [Электронный ресурс]. Fira de Barcelona, 2020. URL: <https://www.iotsworldcongress.com/artificial-intelligence-makes-the-iot-smarter-and-more-efficient/> (дата обращения: 18.08.2020).

56. Watson Health: Get the facts // IBM [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.ibm.com/watson-health/about/get-the-facts> (дата обращения: 18.08.2020).

57. What if solving one problem could unlock solutions to thousands more? // DeepMind [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.deepmind.com/> (дата обращения: 18.08.2020).

58. What is Industrie 4.0? / Federal Ministry of Education and Research // Platform Industrie 4.0. BMWI [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (дата обращения: 18.08.2020).

59. What is the meaning of Adaptronic? Adaptronic // Fraunhofer Adaptronics Alliance [Электронный ресурс]. 2020. URL: [https://www.adaptronik.fraunhofer.de/en/about/adaptronic/what\\_is.html](https://www.adaptronik.fraunhofer.de/en/about/adaptronic/what_is.html) (дата обращения: 18.08.2020).

60. Гашпар М., Юсуф О. Оптимальное лечение рака: новое мобильное приложение по определению стадии рака для смартфонов // Бюллетень МАГАТЭ [Электронный ресурс]. 2016. URL: [https://www.iaea.org/sites/default/files/5723232\\_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/5723232_ru.pdf) (дата обращения: 18.08.2020).

61. Здоровье. Агентство социальной информации [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.asi.org.ru/news/2020/04/08/v-rossii-poyavilos-prilozhenie-kotoroe-po-litsu-opredelyaet-simptomu-zabolevanij-v-tom-chisle-covid-19/> (дата обращения: 18.08.2020).

62. Ильф И., Петров Е. Одноэтажная Америка // LiveLib [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.livelib.ru/quote/42651017-odnoetazhnaya-amerika-ilya-ilf-evgenij-petrov> (дата обращения: 18.08.2020).

63. Модель ISO/OSI. Основы компьютерных сетей // EDUSITE [Электронный ресурс]. 2020. URL: [http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/a06edd6f-0ba8-4f53-974c-ec13b32bf308/model\\_ISO-OSI.htm](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/a06edd6f-0ba8-4f53-974c-ec13b32bf308/model_ISO-OSI.htm) (дата обращения: 18.08.2020).

64. Насакин Р. Инструменты корпоративной автоматизации // КомпьютерПресс [Электронный ресурс]. 2005. URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=11408> (дата обращения: 18.08.2020).

65. Огороков С. Омниканальность: панацея от кризиса или модный тренд // Роем [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://roem.ru/01-06-2016/225473/omnikalnost/> (дата обращения: 18.08.2020).

66. Питерская компания обвинила китайцев в поставках утюгов с шпионскими чипами // SecurityLab [Электронный ресурс]. 2013. URL: <https://www.securitylab.ru/news/446911.php> (дата обращения: 18.08.2020).

67. Прияцелюк Н. IPv6: что это и зачем // Tproger [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://tproger.ru/translations/ipv4-vs-ipv6/> (дата обращения: 18.08.2020).

68. РИА Новости [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://ria.ru/20181218/1548197632.html> (дата обращения: 18.08.2020).

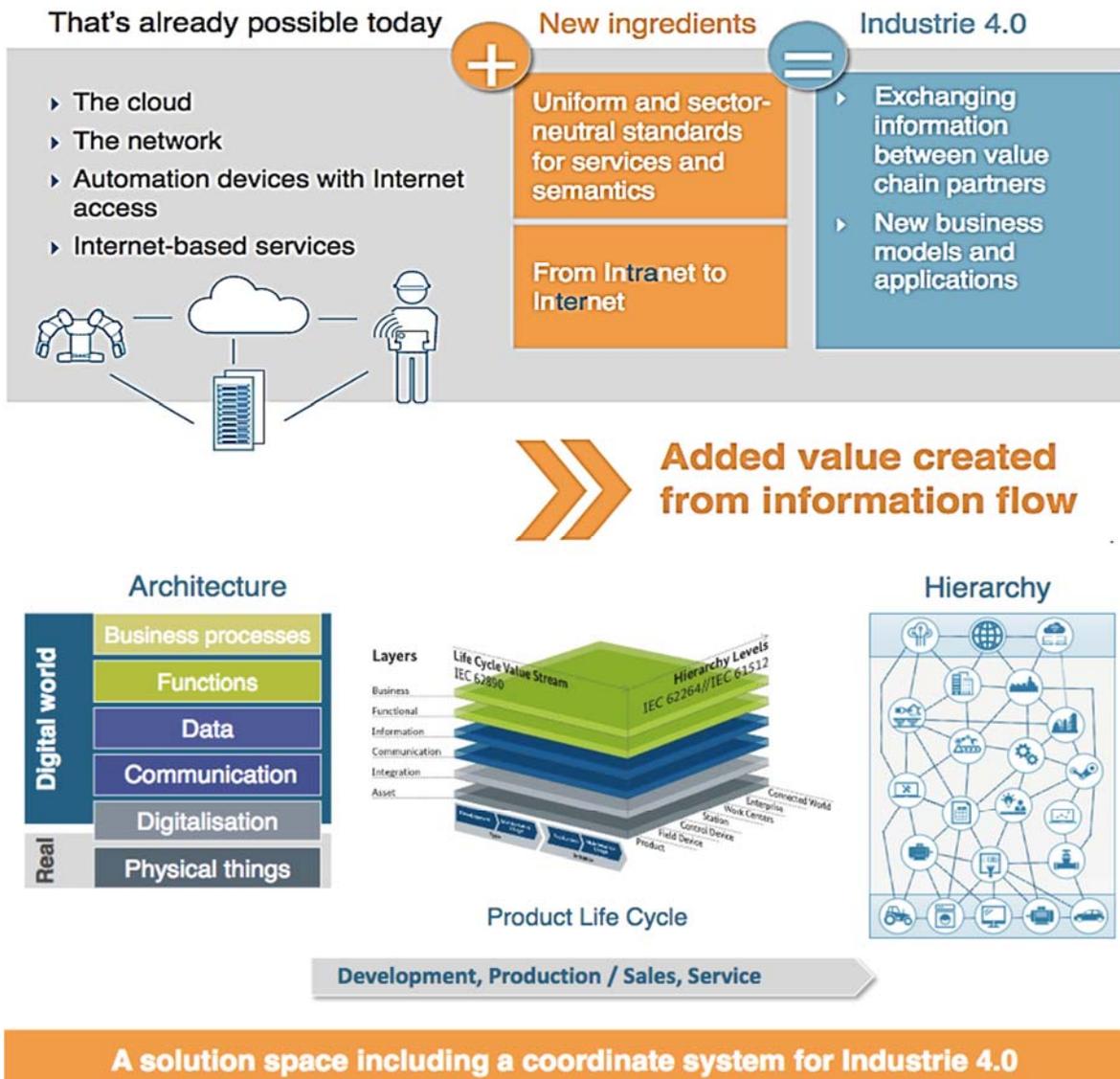
69. Фрадкин В. Адаптроника – новый подход к конструированию машин и механизмов // Наука. Deutsche Welle [Электронный ресурс]. 2006. URL: <https://www.dw.com/ru> (дата обращения: 18.08.2020).

70. Шестакова И.Г. Новая темпоральность цифровой цивилизации: будущее уже наступило // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки [Электронный ресурс]. 2019. № 2. С. 20–29. URL: <https://human.spbstu.ru/article/2019.36.02/> (дата обращения: 18.08.2020).

# Приложение 1

## Суть новизны и система координат для Индустрии 4.0

(схема представлена специалистами Plattform Industrie 4.0)<sup>73</sup>

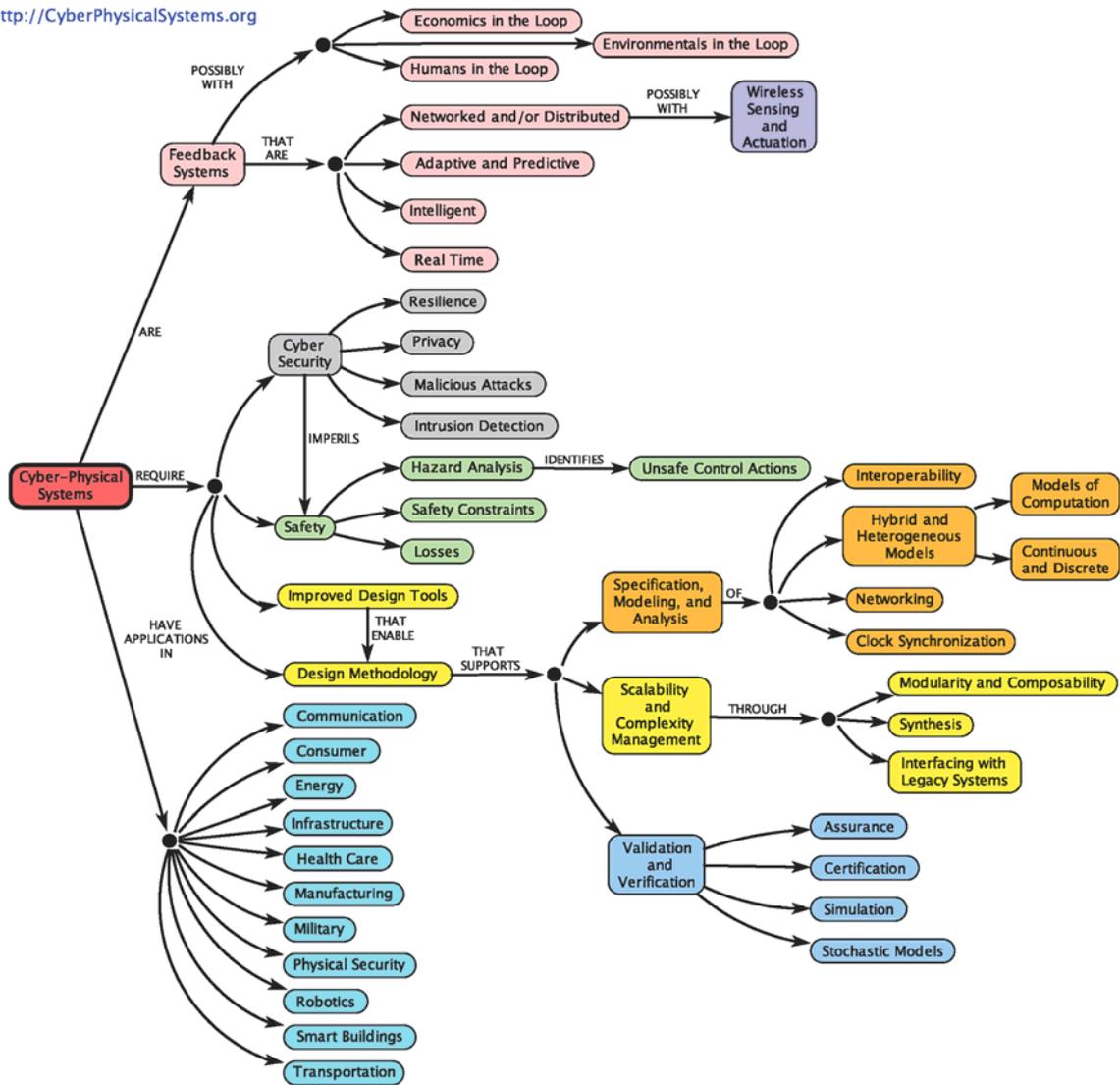


<sup>73</sup> Plattform Industrie 4.0. RAMI 4.0 a reference framework for digitalization. Federal Ministry of Education and Research. Plattform Industrie 4.0. BMWI, 2020. URL: [https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.pdf?__blob=publicationFile&v=7). Здесь же можно найти и другие схемы: «Цепочки создания стоимости в различных секторах экономики»; «RAMI 4.0 – первое измерение. Жизненный цикл продукта»; «RAMI 4.0 – второе измерение. Основные вопросы бизнес идеи»; «RAMI 4.0 – Коммуникационный уровень. Соглашения о взаимодействии»; «RAMI 4.0 – третье измерение. Заводская иерархия: старый мир».

# Приложение 2

## Концептуальная карта киберфизических систем профессора Эдварда А. Ли [30]

*Cyber-Physical Systems – a Concept Map* <http://CyberPhysicalSystems.org> See authors and contributors.



## Приложение 3 Четыре основных сегмента АюТ [3]

### # Портативные устройства

**1** **Wearables**

Wearable devices continuously monitor and track user preferences and habits. Applications include fitness and health trackers, heart rate monitoring, wireless headphones, and AR/VR devices.



Smart watches      AR/VR goggles      Wireless earbuds

### # Умный дом

**2** **Smart Home**

Smart home devices such as thermostats, coffee makers, lights, and smart TVs learn a user's habits to develop automated home "support" for everyday tasks. Applications include energy efficiency, safety, entertainment, access control, and personal comfort.



Smart speakers      IoT appliances      Smart thermostats

## # Умный город

### 3 Smart City

Smart cities that integrate all levels of municipal services are becoming safer, more convenient places to live. Applications include open data for better urban planning, optimized energy consumption, and increased public safety through smart traffic surveillance.



Smart energy grids



Smart streetlights



Smart public transportation

## # Умная промышленность

### 4 Smart Industry

Smart industry devices—the Industrial Internet of Things (IIoT)—use real-time data analytics and machine-to-machine sensors to optimize operations, logistics, and supply chain. Data generated from these devices helps industries foresee challenges—preventing costly errors and workplace injuries.



Autonomous manufacturing robots



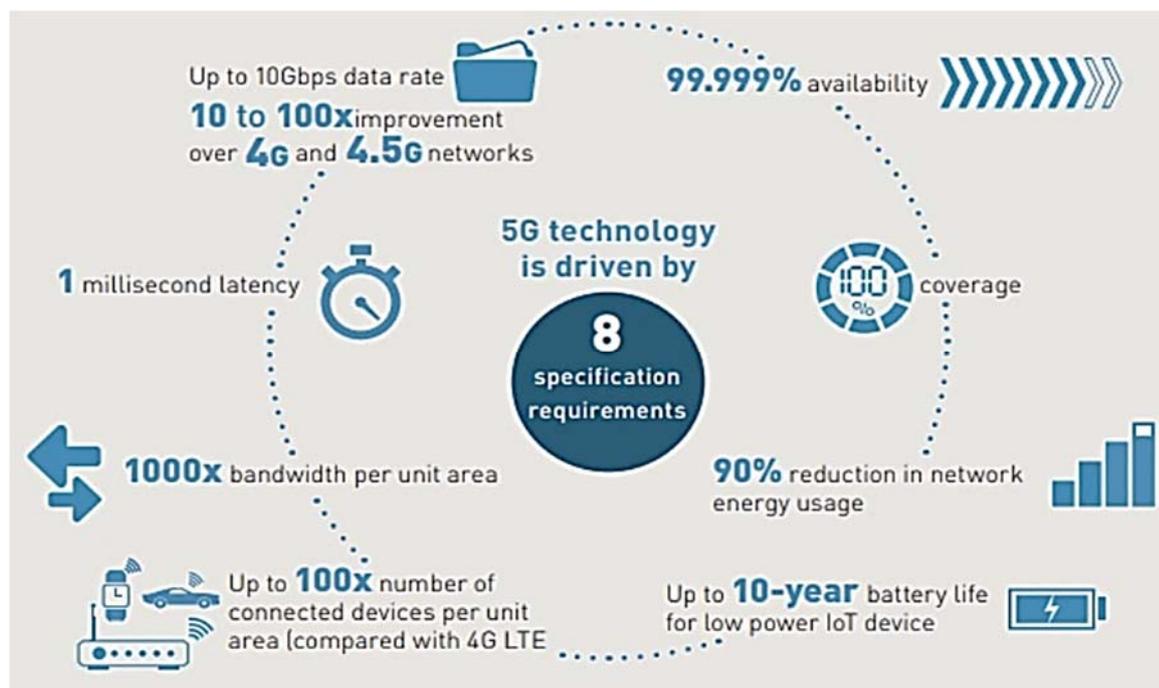
Automated supply chain management



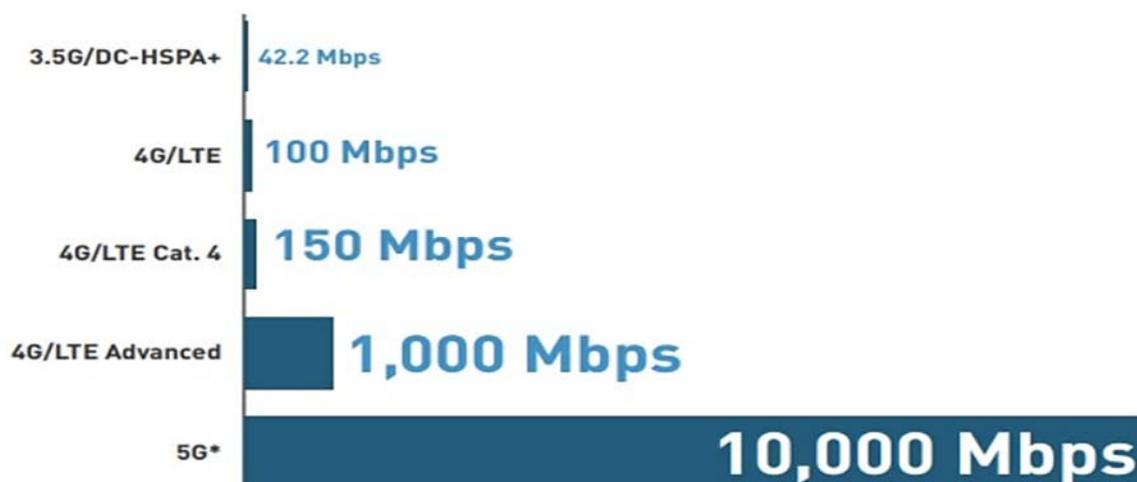
Predictive maintenance sensors

## Приложение 4 Внедрение технологии 5G<sup>74</sup>

# Основные технические требования к инфраструктуре функционирования сетей 5G



# Скорость 5G



<sup>74</sup> Схемы созданы специалистами Thales Group [24].

Научное издание  
**Афанасьева** Екатерина Нодариевна  
**ВВЕДЕНИЕ В ИНДУСТРИЮ 4.0:**  
**ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО БУДУЩЕГО**  
Монография

На первой странице обложки – фрагмент работы  
© «Интерпретация технологии» Т.В. Афанасьевой, 2020

Подписано в печать 24.11.21. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 5,35. Тираж 300 экз. Заказ № 325.  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники.  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.  
Тел. (3822) 533018.