

# Новейшие информационные технологии «цифровизации экономики»: содержание, перспективы, затраты

А.Н. ШВЕЦОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

**Аннотация.** Глобальным трендом текущего десятилетия выступает «цифровизация экономики», под которой понимается тотальное внедрение новейших информационных технологий во все сферы экономической деятельности. К таким технологиям относят информационно-коммуникационные (информационно-компьютерные) технологии, которые используются для построения информационных систем на различных стадиях жизненного цикла продукции. Эти системы выполняют задачи сбора, передачи и обработки данных, поступающих в процессе производства, распределения, обмена и потребления продукции. В статье рассмотрены прикладные аспекты применяемых в ходе «цифровизации» современной промышленности ряда новейших информационных технологий: промышленный интернет вещей, когнитивные технологии, роботизация, «большие данные», иммерсивные технологии, блокчейн, «цифровые двойники». Раскрываются смысл и содержание, цели и результаты внедрения этих технологий, а также оцениваются затраты и перспективы их использования. Характеризуются специальные усилия по организационно-правовому и управленческому обеспечению этого процесса на государственном и корпоративном уровнях.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационные технологии, цифровизация, промышленный Internet вещей, облачные технологии, большие данные, блокчейн, дополненная и смешанная реальность, цифровые двойники, продвинутая аналитика, роботизация бизнес-процессов.

**DOI:** 10.14357/20790279210204

## Введение

Внедрение современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы экономической деятельности под метафорическим лозунгом «цифровизации экономики» имеет своей целью повышение ее эффективности. Считается, что применение ИКТ приведет к кардинальному изменению содержания, форм организации и способов ведения бизнеса, характера и процедур взаимоотношения с поставщиками и клиентами.

Процесс внедрения в бизнес цифровых технологий – это глобальная проблема. Поэтому вопросы цифровизации стоят в ряду наиболее важных задач управления экономической деятельностью и в России, для решения которых принимаются специальные организационно-правовые меры. В частности, в российских министерствах были введены должности заместителей министров по «цифровому развитию». Были приняты основополагающие документы, нацеленные как на повышение общего уровня «цифровизации экономики»,

так и на развитие используемых при этом конкретных ИКТ. К числу таких документов относятся: «Стратегия развития информационного общества в РФ на 2017–2030 гг.» (утверждена в мае 2017 г.); Национальная программа «Цифровая экономика РФ» (утверждена в июне 2019 г.); Федеральный проект «Искусственный интеллект» (утвержден в августе 2020 г.).

В 2017-2020 гг. в России было также принято большое число законов и подзаконных актов, направленных на стимулирование внедрения цифровых технологий. В Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ (Минцифры России) был создан Департамент координации и реализации проектов по цифровой экономике. В число его функций входят:

- выработка и реализация государственной политики в области внедрения цифровых технологий;
- нормативно-правовое регулирование в сфере координации и реализации проектов по цифровой экономике;

– координация, разработка, реализация и оценка эффективности государственной программы.

В конце 2020 г. Минцифры России направило в госкорпорации и компании с госучастием методические рекомендации по проведению масштабной цифровой трансформации. Рекомендации содержат в том числе портфели технологических решений и обязательный перечень ключевых показателей их эффективности, а также рекомендации по моделям финансирования стратегий и порядок государственного мониторинга реализации стратегий госкомпаний. Рекомендации были апробированы в ряде компаний, включая РЖД, «Почта России», «Газпромнефть», «Аэрофлот» и «Ростелеком» [1].

Остановимся более подробно на собственно «цифровых технологиях», которым эксперты авторитетных аналитических компаний, пророчат наиболее широкое распространение в ближайшей перспективе [2].

### 1. Internet of Things (IIoT)

Internet of Things – это сеть взаимосвязанных вычислительных устройств, приборов и датчиков, объединенных между собой проводными и беспроводными каналами связи и подключенных к сети Internet. Такими устройствами оснащаются различные физические объекты («вещи»), например, оборудование, транспортные средства, здания или элементы городской инфраструктуры, что дает возможность без участия человека собирать, анализировать и передавать данные о состоянии этих физических объектов и окружающей их среды.

В производственной сфере применяется Industrial Internet of Things (IIoT). Сеть IIoT позволяет измерять различные параметры подключенных к ней производственных активов и окружающей их среды, включая техническое состояние оборудования и уровень его рабочей загрузки, объемы потребления энергии, сырья и других ресурсов. Сбор и передача данных в режиме реального времени дает возможность принимать своевременные решения по корректировке технологического процесса, техническому обслуживанию или ремонту машин, изменению параметров внешней среды, влияющих на использование производственных активов.

IIoT лежит в основе большинства решений по цифровизации производства. Главными целями применения этой технологии являются снижение производственных затрат и повышение эффективности использования производственных активов. IIoT также позволяет сделать производственный

процесс более безопасным за счет автоматизации сложных и опасных операций.

IIoT уже достаточно широко применяется на производстве и в логистике. Предполагается, что следующее поколение устройств, используемых в сетях IIoT, благодаря более высокому уровню автоматизации и использованию методов искусственного интеллекта для анализа собираемых данных, будут обладать таким объемом «компетентности», который позволит им выполнять функции, ранее доступные только человеку. С этим связано появление термина «автономные вещи» (Autonomous things). Автономные устройства («вещи») демонстрируют более гибкое поведение и более естественно реагируют и взаимодействуют с окружающей их обстановкой и людьми. К таким устройствам относят, в том числе роботов, беспилотные автомобили и суда, а также дроны. Эксперты ожидают, что число таких устройств будет расти и при этом вполне возможно, что они начнут выполнять какие-то функции группами – самостоятельно или при участии человека. Их использование будет расти особенно быстро на сборочных линиях производственных предприятий и на рынке доставки готовых изделий.

Преимущества технологий IIoT наряду с понижением цен на встраиваемые устройства и передачу данных привело в последние годы к значительному росту спроса и увеличению масштабов применения этих технологий во многих странах. В США и большинстве стран Западной Европы технологии IIoT уже достаточно широко применяются в различных отраслях экономики – от тяжелой промышленности до сельского хозяйства. Быстрыми темпами применение технологий промышленного Интернета растет в странах Азии, прежде всего, в Китае, Корее и Японии.

В России технологии IIoT наиболее широко используются в энергетике, нефтедобывающей и металлургической промышленности. Внимание к новым технологиям постоянно повышается как со стороны отраслей реального сектора, так и со стороны государственных органов управления промышленностью.

С целью расширения применения технологий IIoT в 2015-2016 гг. в России было принято несколько государственных программ и планов развития и внедрения в реальный сектор экономики технологий IIoT. На поддержку разработчиков программного обеспечения и микроэлектроники, необходимой для широкомасштабного внедрения новых технологий, выделены финансовые средства, а в ряде вузов созданы лаборатории и специальные учебные программы. Созданы также государственные

но-частные партнерства (фонды, ассоциации, консорциумы) для поддержки компаний, разрабатывающих и внедряющих технологии ИИ. Принятые меры должны способствовать более глубокому пониманию сути и возможностей технологий ИИ, их распространению в практике предприятий.

## 2. Продвинутая аналитика (Advanced Analytics)

В настоящее время на первый план в этой группе технологий выходят так называемые *когнитивные технологии* – «искусственный интеллект» и «машинное обучение». Задачей методов искусственного интеллекта в широком плане является воссоздание с помощью вычислительных систем «разумных» рассуждений и действий, характерных для человека. Возможности искусственного интеллекта реализуются через методы «машинного обучения». При этом машина не программируется в привычном смысле этого слова, а обучается на основе модели, заданной человеком, и набора примеров, в которых можно выявить определенные закономерности и причинно-следственные связи между поступающими данными и результатами анализа. В процессе «обучения» формируются алгоритмы, которые потом используются для анализа вновь поступающих данных. При этом, чем больше данных исследуется с помощью этих методов, тем более точные алгоритмы могут быть созданы.

Эксперты выделяют ряд разновидностей технологии искусственного интеллекта:

- а) *непрерывно работающий искусственный интеллект*, который, обрабатывая уже собранные и вновь поступающие данные, одновременно (по возможности) автоматизирует процесс принятия решений;
- б) *объясняемый искусственный интеллект*, который предполагает доверие пользователей. Имеется в виду, что разработчики приложений должны показать, как работают их модели, для чего приложение может автоматически генерировать объяснения на естественном языке.

По мнению экспертов, в ближайшей перспективе искусственный интеллект и «машинное обучение» будут все шире применяться для поддержки принятия решений на разных этапах производства – при оценке спроса, планировании производства, техническом обслуживании оборудования.

Расходы компаний на приобретение и применение технологий искусственного интеллекта уже сейчас являются самыми высокими по сравнению с расходами на другие технологии. Предполагает-

ся, что в будущем они будут постоянно возрастать. По прогнозам крупной аналитической компании International Data Corporation (IDC) эти расходы будут удваиваться каждые 4 года и в 2024 г. составят около 110 млрд долл. США по сравнению с 50 млрд в 2020 г. [3].

## 3. Роботизация бизнес-процессов

*RPA (Robotic process automation)* – это технология автоматизации ряда рутинных офисных операций с помощью «виртуальных сотрудников» – RPA-роботов (или «программных роботов»), которые выполняют функции офисных клерков. Внедрение такого робота не требует доработки уже используемых в компании систем и программ. Робот работает с теми же системами, файлами и форматами, читает и использует клавиатуру и мышь, как и человек, работающий за компьютером. При этом использование RPA-роботов помогает устранять ошибки, которые может допускать человек, и значительно экономит время, там, где вручную выполняются такие операции, как сбор статистики, проверка информации на корректность, копирование данных, перенос данных из одной системы в другую, формирование отчетов и заполнение данными различных форм.

В настоящее время RPA-системы применяются, главным образом, крупными компаниями. RPA-роботы широко используются, в частности, при оформлении закупок – для проверки контрагентов и оперативной передачи информации, формирования заказов на закупку продукции. Программные роботы также задействованы в работе с кадрами, в том числе для подбора резюме кандидатов и ведения табелей рабочего времени персонала. RPA-системы привлекаются и для более ответственных задач, например, для открытия счетов в банках или для согласования убытков и обработки заявлений о страховых случаях. В последнее время в результате совершенствования технологии программные роботы начали выполнять такие задачи, как разбор электронной корреспонденции, приходящей на общекорпоративные адреса, а также сортировка входящих бумажных документов и проверка правильности заполнения стандартных форм [4].

Программные роботы существенно сокращают операционные расходы компаний и позволяют высвободить человеческий ресурс. Робот может трудиться 24 ч в сутки и при этом он почти не делает ошибок, не устает, а результат его работы предсказуем. Вложения в RPA-системы очень быстро окупаются. Все это способствует быстрому росту

масштабов их применения во всем мире, в том числе и в России.

Рынок программного обеспечения для RPA-роботов является самым динамичным в мире. Продажи здесь увеличиваются более чем на 60% в год. По прогнозам компании Gartner в 2024 г. они составят 2,4 млрд долл. США, то есть вырастут почти в 3 раза по сравнению с 850 млн долл. в 2018 г. [5].

Ожидается, что усовершенствуется и технология RPA-систем, прежде всего, за счет их дополнения элементами искусственного интеллекта. Новое поколение роботов сможет быть не только рядовыми исполнителями, но и выполнять контрольные и даже простейшие управленческие функции.

#### 4. Методы обработки «больших данных» (Big Data)

Методы обработки «больших данных» становятся особенно актуальными в связи с быстрым увеличением объемов информации, собираемой в различных отраслях экономики. Наряду с ростом поступления данных из сетей Интернета вещей, будут также увеличиваться объемы данных, генерируемых предприятиями.

Фактически большие данные анализируются с помощью тех же технологий, что и данные обычных объемов, но перед этим они проходят процесс предварительной сортировки и структурирования. Для анализа данных, собираемых из разных источников и в разных форматах, предварительно осуществляют следующие операции:

- приведение данных к единому формату, для чего распознают тексты с фотографий, конвертируют документы, переводят текст в цифры;
- объединение данных, полученных из разных источников;
- отсеивание избыточных данных, прежде всего, данных, недоступных для анализа;
- интеграция данных в случаях наличия нескольких источников, которые надо проанализировать в комплексе.

Традиционные методы интеграции данных основаны на процессе ETL (от англ. Extract, Transform, Load, то есть «извлечение, преобразование, загрузка»). Процесс ETL – один из основных в управлении хранилищами данных, который включает извлечение данных из внешних источников, их трансформацию и очистку [6].

Отдельные компании создают собственные методы обработки больших данных. Так, компания Google разработала облачный сервис Google BigQuery, с помощью которого большие данные

анализируются в режиме реального времени. Сейчас этот сервис интегрирован в расширенную версию сервиса Google Analytics Premium, которая ориентирована, прежде всего, на корпоративный сегмент [7, 8].

На анализе больших данных построены многие сервисы компании Яндекс, такие, например, как поисковый алгоритм «Палех». С помощью этого сервиса можно делать машинный перевод, фильтровать спам, распознавать речь и образы, предсказывать пробки на дорогах и погоду, а также управлять беспилотными автомобилями. Некоторое время в Яндексе существовало отдельное подразделение Yandex Data Factory, которое оказывало консультационные услуги крупным компаниям с применением этого сервиса.

В целом анализ больших данных в бизнесе упрощает планирование, увеличивает скорость запуска новых проектов, помогает оценить степень удовлетворенности пользователей продукции.

#### 5. Иммерсивные технологии или «иммерсивный опыт» (Immersive Experience)

Понятие «иммерсивности» (от англ. immersive – создающий эффект присутствия, погружения) обычно определяют как способ восприятия, который формируется в результате погружения человека в определенные, искусственно созданные условия. Основной акцент здесь делается на технологических факторах моделирования сознания посредством визуализации искусственного окружения.

К этой группе технологий относят, прежде всего, технологии виртуальной (virtual) и дополненной (augmented) реальности. Эти технологии с помощью технических средств дополняют реальный мир человека новыми ощущениями и обеспечивают эффект полного или частичного присутствия человека в альтернативном пространстве. Тем самым изменяется пользовательский опыт в самых разных сферах [9, 10].

При этом *под виртуальной (искусственной) реальностью (VR)* понимается созданный с помощью технических средств мир, который передается человеку через его зрение, слух, осязание и другие ощущения. Объекты виртуальной реальности обычно ведут себя так, как ведут себя аналогичные объекты материальной реальности. Пользователь может воздействовать на эти объекты в согласии с реальными законами физики (гравитация, столкновение с предметами, и т.п.).

*Дополненная реальность* – это технология, с помощью которой реальный мир дополняется

путем введения (с помощью компьютера) в поле восприятия человека различных сенсорных данных. То есть, если виртуальная реальность создает новый искусственный мир, то дополненная реальность лишь вносит отдельные искусственные элементы в восприятие мира реального.

Иммерсивные технологии уже достаточно давно применяются в бизнесе, например, при обучении персонала. При этом считается, что они могут создать реалистичную среду, максимально приближенную к настоящей жизни и таким образом позволяют обучать персонал тому, как следует себя вести в конкретных ситуациях.

Иммерсивные технологии также используются в рекламном бизнесе, особенно часто – при подготовке видеороликов, рекламирующих недвижимость, предметы интерьера и т.п. В данном случае технология виртуальной реальности позволяет контролировать то, что пользователь видит, слышит, чувствует, а также наблюдать при этом за его поведением.

В России технологии виртуальной реальности используют многие банки, например, ВТБ. В частности, в 2019 г. этот банк в рамках годового собрания акционеров провел голосование для акционеров в формате виртуальной реальности. Также в 2019 г. ВТБ запустил сервис VR-ипотеки. Надев очки, потенциальный покупатель и заемщик может осмотреть имеющиеся в базе ВТБ квартиры, варианты их дизайна, а также расположение дома на карте города и окружающую инфраструктуру (школы, больницы, детские площадки, остановки транспорта). В это время виртуальный консультант рассказывает о характеристиках объекта и условиях возможного ипотечного кредита [11].

## 6. Технологии «блокчейн» (Blockchain)

Технология «блокчейн» (от англ. – «цепочка блоков») основана на технологии «распределенного реестра» (Distributed Ledger Technology), то есть на децентрализованных базах данных, которые хранят информацию обо всех транзакциях участников системы в виде «цепочки блоков». Доступ к ней есть у всех пользователей. Чаще всего копии этих цепочек хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга. Это делает крайне затруднительным внесение изменений в информацию, уже включенную в блоки, и соответственно искажения занесенных в них данных. Помимо прочего, распределенные реестры намного лучше защищены от атак и несанкционированного изменения данных, чем традиционные базы

данных, поскольку копии отдалены друг от друга и для хакерского изменения потребуется произвести атаку сразу на все узлы.

Главные преимущества «блокчейна» – прозрачность проводимых транзакций и их открытость, что особенно полезно при заключении контрактов и проведении сделок. Считается, что «блокчейн» имеет большой потенциал с точки зрения совершенствования цепи поставок, включая автоматизацию процесса, а также повышения степени прослеживаемости движения товаров и обеспечения их безопасности. «Блокчейн» позволяет эффективно организовать учет грузов и обмен транспортными документами в реальном времени. Все это может сэкономить средства и сократить сроки доставки грузов.

Технология «блокчейна» пока не получила широкого распространения, хотя в некоторых отраслях она уже хорошо себя зарекомендовала [12].

Ниже даны примеры внедрения технологии «блокчейна» крупными промышленными и транспортными компаниями:

- порт Роттердам использует «блокчейн» для контроля принятия и отправки грузовых контейнеров;
- крупнейший в мире производитель продуктов питания компания Nestlé применяет «блокчейн» для контроля производства и поставок кофе;
- IBM разработала блокчейн-систему для биллинга и межоператорских платежей;
- автоконцерн BMW использует блокчейн для контроля поставок запчастей;
- AirAsia запустила блокчейн-решение для грузовых авиаперевозок;
- одна из крупнейших в мире горнодобывающих компаний BHP Group начала использовать блокчейн для продажи железной руды;
- Шанхайская газовая группа (Shanghai Gas Group) задействовала блокчейн-систему для контроля добычи газа и продаж сжиженного природного газа.

В соответствии с прогнозами компании IDC, мировые затраты компаний на технологии «блокчейн» будут расти ежегодно на 60,2% и составят в 2023 г. 15,9 млрд долл. США. При этом самая большая доля мировых расходов (30%) придется на банковский сектор, а самыми большими статьями расходов банков станут трансграничные платежи, финансирование торговых операций и пост-торговые/транзакционные расчеты. На промышленные компании придется около 20% расходов. Среди стран по объему затрат на технологии «блокчейн» окажутся США, страны Западной Европы и Китай, а по темпу их ежегодного прироста – Канада (73,3%) [13].

## 7. «Цифровые двойники» (Digital Twins)

В последнее время среди технологий, которые могут реально способствовать проведению «цифровой трансформации» экономики, все чаще упоминаются «цифровые двойники». Это связано, прежде всего, с тем, что, с одной стороны, в условиях пандемии коронавируса повышалась роль цифровых версий реальных объектов, дающих возможность проводить дистанционный анализ их состояния. С другой стороны, появляются новые методы сбора и анализа данных, в том числе методы искусственного интеллекта, позволяющие проводить более качественный анализ больших объемов данных, порождаемых «цифровыми двойниками».

Помимо прочего, «цифровые двойники» дают возможность получать информацию в режиме реального времени, тем самым снижая возможность ошибок и повышая уровень контроля.

«Цифровой двойник» – это цифровая копия физического объекта, которая отражает технические характеристики и поведение этого объекта на основе данных, которые поступают с датчиков, размещенных на реальном устройстве, и которое работает параллельно с его «цифровым двойником». Сравнение данных, поступающих с датчиков «цифрового двойника», с данными, поступающими с датчиков реального устройства, позволяет выявлять различные аномалии и причины их возникновения.

«Цифровые двойники» могут создаваться для разных реальных производственных активов – станков, скважин, турбин, ветроэлектрических установок и т.д. на протяжении всего «жизненного цикла» реальных объектов.

Так, при проектировании и испытании изделия с помощью «цифрового двойника» можно получать разные модели изделия, а затем – оценивать и выбирать наилучшую из созданных версий. Это намного быстрее и экономичнее, чем изготовление реальных образцов изделий. На этапе изготовления продукции «цифровой двойник» помогает оценить точность изготовления различных элементов, а также выявить неисправности. На этапе эксплуатации изделия «цифровые двойники» чаще всего используются для мониторинга технического состояния реального объекта, анализа причин возникновения неисправностей, выявления новых потребностей потребителя. Используя методологию «цифровых двойников», компании могут создавать не только копии своих изделий, но и цифровые копии предприятий. Такие цифровые копии помогают выявить недостатки в использовании производственных активов, а также оценить изменения, которые могут

возникнуть при выполнении операций. Это помогает экономить время и ресурсы, необходимые для тестирования рабочих гипотез на практике.

Считается, что наибольший эффект «цифровые двойники» приносят в том случае, если:

- на предприятии имеется большой парк установленного технологического оборудования;
- установленное оборудование имеет длительный жизненный цикл;
- имеется широкий диапазон условий эксплуатации оборудования;
- оборудование труднодоступно для проведения обслуживания.

Таким критериям отвечает продукция различных отраслей промышленности, например, энергетики (турбины, электростанции), производства сложного промышленного и транспортного оборудования и др.

Важной особенностью «цифровых двойников» является то, что они дают возможность моделировать состояние и поведение реального объекта при изменении условий его производства или эксплуатации (что произойдет, если...?). Как отмечалось выше, «цифровой двойник» может воспроизводить состояние реального объекта в любой момент на протяжении его жизненного цикла. Но для этого необходимо постоянно корректировать цифровую модель с учетом поступающих фактических данных о состоянии реального объекта и производимых с ним действиях (обслуживание или ремонт, проведенные испытания).

Цифровые модели могут использоваться производителями соответствующей продукции, а также ее покупателями или компаниями, предлагающими свои услуги на рынке информационных технологий.

Наибольший вклад в разработку концепции цифрового двойника внесли два промышленных гиганта – General Electric и Siemens AG.

Корпорация General Electric (GE) на базе своей платформы Predix и процессоров Intel® Core™ i7 в 2016 г. разработала платформу GoLINC, которая предназначена для сбора и анализа данных, снятых с датчиков и видеокамер локомотивов. Первичная обработка таких данных проводится на периферии, нередко – непосредственно на локомотивах. После этого данные пересылаются для дальнейшего, более глубокого анализа в так называемые «центры оптимизации перевозок». На базе платформы GoLINC было создано большое число цифровых двойников.

«Цифровые двойники» применяются как на собственных предприятиях GE, в том числе для проектирования продукции, мониторинга оборуду-

дования и процесса производства, так и для послепродажного обслуживания произведенной продукции. На базе платформы Predix к 2018 г. было разработано 120 программных приложений для разных отраслей промышленности.

В 2018 г. General Electric выпустила новый программный продукт – Digital Twin Analytics Workbench, который включает набор алгоритмов машинного обучения и шаблоны, позволяющие ускорить и облегчить создание «цифровых двойников», а также совершенствовать эти модели на протяжении всей их «жизни».

Важную роль в развитии концепции «цифровых двойников» сыграл концерн Siemens AG. Все пакеты соответствующих программ основаны на платформе Siemens MindSphere, обновленная версия которой была представлена в 2018 г. В частности, используется пакет программных решений Teamcenter – самый известный и широко применяемый программный продукт Siemens. Он предназначен не только для построения виртуальных моделей, но также для оптимизации ресурсов предприятия и ускорения вывода продукции предприятия на рынок. Teamcenter нашел применение, в том числе для создания единых баз данных, необходимых для решения этих задач, и обеспечения доступа к этим базам пользователей. С помощью решений Teamcenter удаленные группы специалистов, работающие над общим проектом, могут общаться и обмениваться информацией в режиме реального времени. Функции Teamcenter легко интегрируются с уже имеющимися информационными системами [14].

По мнению экспертов, в течение 3-5 лет сотни миллионов «вещей» будут представлены в виде «цифровых двойников». Организации с их помощью будут планировать и совершенствовать производственные процессы, а также проводить профилактическое обслуживание и прогнозировать поломки оборудования. Считается, что в результате «цифровые двойники» постепенно смогут заменить специалистов и традиционные устройства мониторинга и управления. Согласно проведенному в 2019 г. компанией Gartner опросу, 13% организаций, реализующих проекты IoT, уже применяют технологию «цифровых двойников», а 62% находятся в процессе ее внедрения [15].

Получают распространение «цифровые двойники» и в России. Хорошим примером в этом направлении является ПАО «Татнефть», где курс на цифровую трансформацию производственной системы был взят в 2014 г. С этого времени в корпорации проводится работа по созданию и внедрению новых моделей управления, модернизации различ-

ных бизнес-направлений. Цель этой работы – повышение прозрачности процессов, скорости реакции на внешние и внутренние изменения и, соответственно, принятие более качественных решений. ПАО «Татнефть» работает совместно со своими стратегическими партнерами: ООО «ОНХ-Холдинг», ООО «ИНКО-ТЭК», ООО «Оргнефтехимпроект». При поддержке ООО «Оргнефтехимпроект» и на основе программного комплекса «3D Генплан» здесь был создан цифровой паспорт промышленного объекта – «цифровой двойник».

Программный комплекс «3D Генплан» – это многофункциональная информационная система, предназначенная для сбора данных, их анализа, обработки, хранения, управления и визуального отображения. ПК «3D Генплан» объединяет собранные данные в единую информационную модель, которая позволяет осуществлять просмотр электронных документов, видео и фотоматериалов, идентификационных характеристик объектов в 2D и 3D пространствах в режиме реального времени, а также осуществлять поиск информации, выполнять измерения, гибко разграничивать права доступа пользователей к информации.

Такая многофункциональная информационная система и концепция цифрового двойника работают в строящейся второй очереди нефтеперерабатывающего комплекса компании «Татнефть» – «ТАНЕКО» (г. Нижнекамск). Здесь визуализация позволяет и проектировщику, и заказчику погрузиться в правдоподобную симуляцию технического проекта и предоставляет возможность исследовать, реагировать, а при необходимости вносить изменения в состояние объекта за минимальные сроки [16]. В «ТАНЕКО» используются виртуальные модели проектируемых установок, а также система VR-совещаний (с использованием средств виртуальной реальности). Виртуальная модель позволяет человеку лучше воспринимать проектируемый объект, а участники VR-совещаний, находясь в различных точках страны, могут погружаться в виртуальную среду для принятия проектных и управленческих решений по созданию установки или ее совершенствованию. Это принципиально новый подход к организации высокотехнологичного рабочего места с погружением в виртуальную реальность.

## Заключение

Современные ИКТ, перечень которых постоянно и быстро расширяется, стали реальным и определяющим фактором системного преобразования экономической деятельности в целом и в особенности ее производственного сектора. Эти

технологии влекут за собой кардинальное повышение эффективности тех областей, в которых получают все более широкое распространение. Вместе с тем, их разработка и внедрение связаны с увеличивающимися расходами. Ускоряющаяся и углубляющаяся «цифровизация экономики» – это не только результат масштабных научных исследований, но и специальных усилий по организационно-правовому и управленческому обеспечению этого процесса на государственном и корпоративном уровнях.

### Литература

1. *Минкомсвязь* разослала в госкомпаниях рекомендации по масштабной цифровой трансформации. <https://tass.ru/ekonomika/9306989>
2. *Latest Technology Trends That Will Impact Businesses in 2021*. <https://www.mobileappdaily.com/future-technology-trends>
3. *Worldwide Spending on Artificial Intelligence Is Expected to Double in Four Years, Reaching \$110 Billion in 2024, According to New IDC Spending Guide*. August 25, 2020. <https://www.businesswire.com>
4. *Новиков И.* Почему программные роботы стали вдруг так популярны? 2020. <https://www.cnews.ru>
5. *Mike Wheatley*. Gartner publishes first Magic Quadrant for robotic process automation market. 2019. <https://siliconangle.com>
6. *IW Staff*. Value of Data Mountain Continues to Grow. 2020. <https://www.industryweek.com>
7. *Коновалов М.В.* ETL: обзор и роль в развитии компаний // Технические науки в России и за рубежом: Тр. VII Междунар. науч. конф. М.: Буки-Веди. 2017. С. 31-34.
8. *Шпрингер Е.* Технологии big data: как анализируют большие данные, чтобы получить максимум прибыли. <https://mcs.mail.ru>
9. *Karnes KC*. What is an Immersive Experience and How Do You Create One? 2020. <https://clevertap.com>
10. *Lukashkin S.* Куда нас погружают иммерсивные технологии. 2019. <https://habr.com/ru/>
11. *Данилова Т.* ТОП-10 банковских инноваций 2019 г. <https://bankinform.ru>
12. *Charles Richard*. How Companies are Using Blockchain to Transform Business. 2020. <https://www.rtinsights.com>
13. *New IDC Spending Guide Sees Strong Growth in Blockchain Solutions Leading to \$15.9 Billion Market in 2023*. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45429719>
14. *Snodgrass, Blake*. Manufacturing is getting smarter with a digital twin. <https://www.plm.automation.siemens.com>
15. *Gartner Identifies the Top 10 Wireless Technology Trends for 2019 and Beyond*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-23-gartner-identifies-the-top-10-wireless-technology-tre>
16. *Индустрия 4.0: «Татнефть» создает цифровых двойников производственных объектов*. 22 июня 2017 г. [http://www.up-pro.ru/library/information\\_systems/production/cyfrovye-dvojniki-tatneft.html](http://www.up-pro.ru/library/information_systems/production/cyfrovye-dvojniki-tatneft.html)

**Швецов Александр Николаевич.** Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник. Доктор экономических наук. Количество печатных работ: более 260. Область научных интересов: системный анализ и управление в социально-экономических системах. E-mail: [san@isa.ru](mailto:san@isa.ru)



## The latest information technologies of “digitalization of the economy”: content, prospects, costs

A.N. Shvetsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center «Computer Science and Control» RAS, Moscow, Russia

**Abstract.** The global trend of the current decade is the “digitalization of the economy”, which means the introduction of digital technologies into economic activity. Digital technologies used in the economy primarily include information and communication (information-computer) technologies, which are used to build information systems at various stages of the product life cycle. Such systems perform the tasks of collecting, transmitting and processing data coming from the production, distribution, exchange and consumption of products. A brief look at digital technologies used in modern industry.

**Keywords:** *digitalization, industrial Internet of things, cloud technologies, big data, blockchain, augmented and mixed reality, digital twins, advanced analytics, robotization of business processes*

**DOI:** 10.14357/20790279210204

### References

1. *The Ministry of Communications* sent out recommendations to state-owned companies on large-scale digital transformation. <https://tass.ru/ekonomika/9306989>
2. *Latest Technology Trends That Will Impact Businesses in 2021*. <https://www.mobileappdaily.com/future-technology-trends>
3. *Worldwide Spending on Artificial Intelligence Is Expected to Double in Four Years, Reaching \$110 Billion in 2024, According to New IDC Spending Guide*. August 25, 2020. <https://www.businesswire.com>
4. *Novikov I.* Why have software robots suddenly become so popular? 2020. <https://www.cnews.ru>
5. *Mike Wheatley.* Gartner publishes first Magic Quadrant for robotic process automation market. 2019. <https://siliconangle.com>
6. *IW Staff.* Value of Data Mountain Continues to Grow. 2020. <https://www.industryweek.com>
7. *Kononov, M.V.* ETL: overview and role in the development of companies // Technical sciences in Russia and abroad: Proc. of Intern. VII International Scientific Conf. M.: Buki-Vedi. 2017. — P. 31-34
8. *Springer E.* Technology big data: how to analyse big data to get the most out of your profit // Mail.ru Cloud Solution. 2020. <https://mcs.mail.ru>
9. *Karnes KC.* What is an Immersive Experience and How Do You Create One? 2020. <https://clevertap.com>
10. *Lukashkin S.* Where we are immersed in immersion technology. 2019. <https://habr.com/ru/>
11. *Danilova T.* TOP 10 banking innovations 2019. 2019. <https://bankinform.ru>
12. *Charles Richard.* How Companies are Using Blockchain to Transform Business.2020. <https://www.rtinsights.com>
13. *New IDC Spending Guide Sees Strong Growth in Blockchain Solutions Leading to \$15.9 Billion Market in 2023*. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45429719>
14. *Snodgrass, Blake.* Manufacturing is getting smarter with a digital twin. <https://www.plm.automation.siemens.com>
15. *Gartner Identifies the Top 10 Wireless Technology Trends for 2019 and Beyond*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-23-gartner-identifies-the-top-10-wireless-technology-tre>
16. *Industry 4.0: Tatneft creates digital counterparts of production facilities*. 2017. [http://www.uppro.ru/library/information\\_systems/production/cyfrovye-dvojniki-tatneft.html](http://www.uppro.ru/library/information_systems/production/cyfrovye-dvojniki-tatneft.html)

**Shvetsov A.N.** Federal Research Center «Computer Science and Control» RAS, Moscow, Russia. Chief Researcher. Number of printed works: over 260. Research interests: system analysis and management in socio-economic systems.