

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Кафедра цифровых технологий,  
математики и экономики

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

*по дисциплине "Индустрия 4.0 цифровизация промышленности"  
для направления подготовки 27.03.05 Инноватика,  
направленность (профиль) "Управление инновационной деятельностью"*

Мурманск  
2021

Составитель: Чечурина Майя Николаевна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры цифровых технологий, математики и экономики Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры цифровых технологий, математики и экономики 21.06.2021 г., протокол №12

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Общие организационно-методические указания .....	4
Тематический план.....	5
Содержание программы и методические указания к изучению дисциплины ...	6
Перечень рекомендуемой литературы .....	34

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания по дисциплине «Индустрия 4.0 цифровизация промышленности» предназначены для самостоятельной работы студентов.

**Целью дисциплины** Индустрия 4.0 цифровизация промышленности является формирование компетенций в соответствии с ФГОС по направлению подготовки бакалавра и учебным планом для направления подготовки 27.03.05 Инноватика.

**Задачи дисциплины** – дать необходимые знания в области цифровых технологий для решения профессиональных задач.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика»:

**Таблица 1 – Результаты обучения**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Индикаторы сформированности компетенций
1.	<b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Компетенция реализуется полностью	ИД-1 <sub>УК-1</sub> : - знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач; ИД-2 <sub>УК-1</sub> : - умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности; ИД-3 <sub>УК-1</sub> : - владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.
2	<b>ОПК-7.</b> Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Компетенция реализуется полностью	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub> : - знает принципы работы современных информационных технологий; ИД-2 <sub>ОПК-7</sub> : - умеет решать задачи управления инновационной деятельностью с использованием современных информационных технологий; ИД-3 <sub>ОПК-7</sub> : - владеет навыками управления инновационной деятельностью с использованием современных информационных технологий.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Темы самостоятельной работы	Количество часов самостоятельной работы
		Очная
1	<b>Тема 1. Цифровизация как теоретический концепт.</b> Основные направления корпоративной цифровизации. Этапы цифровизации. Выгоды, риски и проблемы цифровизации. Развитие теории цифровой трансформации в XXI	20
2	<b>Тема 2. Цифровые технологии.</b> Сквозные цифровые технологии. Цифровая трансформация управления и бизнеса. Цифровые сервисы. Управление государством как цифровой платформой. Принцип «цифрового двойника». Имитационное моделирование. Понятие Big Data, возможных сфер внедрения и обработки в целях получения максимально эффективного результата. Международный опыт применения цифровых технологий.	26
3	<b>Тема 3. Технологии цифровой промышленности.</b> Мировые тренды в развитии цифровой промышленности. Национальная технологическая инициатива (НТИ). Рынок НТИ. Направление Технет. (Передовые производственные технологии). Мегапроект «Фабрики будущего». Цифровая промышленность. Робототехника и сенсорики. Промышленный интернет. Технологии беспроводной связи. Квантовые технологии. Большие данные. Машинное обучение. Системы распределенного реестра. Искусственный интеллект. Нейротехнологии. Лазерные технологии. Фотоника. Технологии виртуальной и дополненной реальности. Возобновляемые источники энергии. ВИМтехнологии. Цифровая медицина.	26
4	<b>Тема 4. Цифровизация промышленности. Индустрия 4.0.</b> Актуальные тренды Индустрии 4.0. Принципы внедрения технологии Индустрия 4.0. Мировые тренды в развитии цифровой промышленности. Национальная технологическая инициатива (НТИ). Рынки НТИ безопасность, технологии, организация. Ключевые технологии. ТОП-10 передовых технологий. Потенциальная выгода от внедрения технологий. Экономический эффект. Влияние передовых технологий на мировую экономику Потенциальный вклад цифровизации в экономику России	24
	Итого:	96

## Содержание программы и методические указания к изучению дисциплины

**Тема 1. Цифровизация как теоретический концепт.** Основные направления корпоративной цифровизации. Этапы цифровизации. Выгоды, риски и проблемы цифровизации. Развитие теории цифровой трансформации в XXI веке.

### Методические указания

При изучении темы необходимо уяснить положение о том, что цифровизация – основное направление инновационного развития общества. Изучите основные направления и этапы цифровизации, а также выгоды, риски и проблемы этого процесса.

### Дополнительный материал для изучения темы

Современное общество сталкивается с постоянным ростом скорости обновления знаний и информации, что неизбежно приводит к изменению всех сфер человеческой жизни. Зачастую бывает трудно уследить за подобными изменениями, не имея представления о ключевых трендах, определяющих нашу текущую и будущую действительность. В рамках данного курса речь в первую очередь будет идти о промышленности, как о ключевом элементе экономики государства и источнике различной материальной продукции, так востребованной в нашей трудовой и повседневной жизни.

Само понятие **тренд** – это некоторое объективное восприятие наблюдаемой тенденции, демонстрирующее нам изменения, которые могут оказать существенное влияние на какой-либо из процессов нашей жизни. Тренды оказывают влияние на продукты, на рынки и на новые технологии. Знание о их существовании, а также понимание стоящих за ними процессов необходимо для гармоничного существования в современном мире.

В качестве основных мировых трендов развития промышленности можно выделить следующие:

1. Рост сложности производства и производимой продукции.
2. Цифровизация производства и использование технологии цифровых двойников.
3. Смещение «центра тяжести» на этап проектирования и разработки.
4. Сокращение времени на принятие решений (**Time to Decision**), реализации проектов (**Time to Execution**) и выпуска решения на рынок (**Time to Market**).
5. Массовая кастомизация продукции.

Одним из основополагающих трендов является **постоянный рост сложности производимой продукции и, как следствие, постоянный рост сложности самого производства**. Одним из направлений развития современных производственных технологий является их цифровизация.

Когда речь заходит о цифровых технологиях, нельзя не упомянуть о так называемых **«Взрывных»** или **«Подрывных»** технологиях (**Disruptive technology**). Данным термином принято называть технологии, появление и внедрение которых способно существенно изменить устоявшийся рынок и перевернуть сложившуюся ситуацию в целых отраслях. С целью лучшего понимания их значимости, рассмотрим одну из моделей развития

технологий – **6D-архитектуру развития**, описывающую 6-ть основных этапов становления цифровой технологии.

**Первый этап** непосредственно связан с «**Цифровизацией**» технологии – внедрением новых решений, связанных с использованием цифровых сигналов и цифровой информации. Как только что-то из реального мира становится цифровым, физические ограничения пропадают и появляются новые возможности взаимодействия в рамках технологии.

**Второй этап** связан с «**Недооценкой**» новых возможностей, предоставляемых цифровым отображением той информации, которая ранее имела другие формы представления.

Однако, с течением времени, развитие нового подхода демонстрирует взрывной прирост эффективности рассматриваемой технологии. Данный, третий этап зачастую называют «**Прорывом**».

Представленные первые три этапа являются наиболее важными для достижения технологического лидерства в рамках определенной отрасли. Тем важнее вовремя заменить данные процессы. В действительности же, перечисленные этапы протекают незаметно как для общества, так и для большинства руководителей предприятий. И соответственно, большинство конкурентов, не наблюдая и не замечая их, попадают в ловушку того, что они практически молниеносно могут потерять инициативу и, как следствие, свои позиции на рынке.

В свое время, компания Kodak, не оценив влияние цифровых технологий на рынок фотографий, потеряла лидерство на соответствующем рынке. Отметив этап «**цифровизации**» фотографий- создание первых цифровых фотоаппаратов, - компания посчитала, что качество фото изображения, обеспечиваемого цифровыми фотоаппаратами, совершенно несравнимо с качеством обычного пленочного метода. Наблюдая на этапе «**недооценки**» медленное развитие матриц цифровых фотоаппаратов, компания укреплялась в своей мысли об отсутствии потенциала у данной технологии. Данная позиция стала основой для отказа от каких-либо дальнейших разработок и исследований в области цифровой фотосъемки. Однако следующий этап, связанный с бурным развитием цифровой фототехники привел к «**подрывным**» изменениям во всей индустрии. Цифровые фотоаппараты постепенно стали вытеснять существующие традиционную фото технику и, соответственно, обеспечили тот объем информации, который не был достижим два – три года назад. Этот взрывной рост технологии привел к тому, что отрасль изменилась, а компания, которая вовремя не заметила этих изменений, потеряла практически весь рынок. С другой стороны, те компании, которые вложились в развитие перспективной технологии получили значительное преимущество и технологию уровня «**Know-How**» для покорения целого рынка.

**Четвертый этап** – «**Демонетизация**». Со временем технология становится достоянием все большего числа компаний. Появляются её вариации и аналоги, что неизменно приводит к её значительному удешевлению. В фото индустрии этот период представлен появлением большого числа бюджетных цифровых фотоаппаратов, не нуждающихся в постоянном приобретении фотопленки и применении технологий её проявления и печати готовых фотографий.

**Пятый этап** – «**Дематериализация**». Однако на сегодняшний день и цифровые

фотоаппараты утратили свою лидерскую позицию на рынке. Для решения все тех же задачи практически всегда обходимся возможностями нашего смартфона, который представляет собой более универсальное решение для повседневной жизни. Появление универсального устройства также является отображением одного из этапов – «Дематериализация», когда речь заходит об объединении различных технологий в рамках одного продукта.

**Шестой этап** – «Демократизация». Ну и завершающим этапом является «Демократизация» технологии, подразумевающая её повсеместное распространение – становление её чем-то привычным и обыденным.

Полезными с точки зрения понимания перспективности технологий и уровня их готовности являются данные, предоставляемые различными аналитическими агентствами. В частности, американская исследовательская и консалтинговая компания Gartner известна своим анализом развития современных цифровых технологий. В своих отчетах данная компания применяет удобное графическое представление **Hype Cycle**, отображающее не только текущий уровень готовности технологии, но и всю логику развития с позиции взаимодействия технологии с обществом и промышленностью [5].



Рис 1. Ключевые участки кривой Gartner (**Hype Cycle**)

Кривая Gartner содержит пять ключевых участков:

- **«Запуск технологии»**. Данная область кривой содержит те технологии, которые только возникли и только начинают обсуждаться в узких кругах профессионалов и разработчиков.
- **«Пик завышенных ожиданий»**. Наступает момент, когда уже все говорят о новом технологическом решении и появляются первые компании, пытающиеся опробовать данную технологию на себе в полном объеме с целью приобретения бизнес-преимущества.
- **«Пропась разочарования»**. Закономерно, что после первых попыток практического использования технологии, формируется более полное понимание её реальных ограничений. Выясняется, что у технологии полно слабых мест и недоработок. Возникает разочарование, часто доходящее до признания технологии провальной.
- **«Склон просвещения»**. Со временем разработчики исправляют выявленные ошибки, что приводит к новому витку развития технологии, с учетом представления о её реальных возможностях. Технология становится более удобной и «дружелюбной» в использовании, что приводит к росту пользователей и практического интереса, но значительно меньшего в сравнении с «пиком».
- **«Плато продуктивности»**. Технология завоевала себе место на рынке и стала

удобным инструментом в определенной области.

Однако, все ли цифровые технологии одинаково полезны для промышленности? Если рассматривать цепочку создания добавленной ценности, то следует отметить, что непосредственно сам процесс производства является низкомаржинальным. Сам по себе процесс производства не приносит значительной прибыли. Более того, технологии на этапе производства не способны обеспечить конкурентоспособность промышленного предприятия. В действительности всё современное производство движется в направлении построения абсолютно одинаковой архитектуры – «безлюдное гибкое автоматизированное производство» осуществляющее высокопроизводительный выпуск высококлассной продукции. Следовательно, если предприятие стремится быть более конкурентоспособным и обеспечить достаточную прибыль, ему следует сконцентрироваться на краях кривой добавленной стоимости.

Описанные ранее тенденции высокотехнологичной промышленности особенно актуальны в контексте изменения модели потребления и спроса высокотехнологичной продукции. Массовая кастомизация приходит на смену массового производства. Если ранее успешная модель работы предприятия подразумевала выпуск абсолютно идентичного изделия малой номенклатуры огромными партиями, то на сегодняшний день, рынок нуждается в более широком разнообразии продукции для удовлетворения потребностей всех групп потребителей. Современные потребители нуждаются в персонализированном наборе характеристик изделия. Тенденция, связанная с глобализацией и закономерным смещением идей, культур, вкусов – только способствует потребности в уникальных продуктах. Современная промышленность столкнулась с новым вызовом – как удовлетворить индивидуальные потребности потребителей и при этом избежать значительного повышения себестоимости подобного производства. Цифровая промышленность является одним из способов ответить на данный вопрос.

### **Выгоды, риски и проблемы цифровизации**

В докладе Всемирного банка о состоянии цифровой экономики «Цифровые дивиденды», сделанном в 2016 году, подчеркиваются следующие выгоды цифровизации:

- рост производительности труда;
- повышение конкурентоспособности компаний;
- снижение издержек производства;
- создание новых рабочих мест;
- увеличение степени удовлетворенности человеческих потребностей;
- преодоление бедности и социального неравенства.

Однако, цифровизация несет следующие потенциальные риски:

- несанкционированный доступ к информации и другие угрозы кибербезопасности;
- массовая безработица;
- цифровое неравенство – разрывы в уровне образования и условиях доступа к цифровым услугам и продуктам между гражданами и бизнесами внутри стран, а также между государствами.

Тем не менее, цифровизация каждой отрасли экономики и страны в целом, становится неотвратимым явлением. Но чтобы цифровая экономика стала реальностью,

необходимо решить следующие проблемы:

- низкий уровень цифровой грамотности населения;
- недостаток ИТ-инфраструктуры;
- нехватка ИТ-специалистов;
- «традиционное» сознание, ориентированное на работу с материальными, а не цифровыми объектами;
- жесткость корпоративных структур;
- необходимость радикальной перестройки бизнес-моделей и управленческих парадигм.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Основные этапы становления цифровых технологий.
2. Анализ развития цифровых технологий.
3. Опишите выгоды и риски цифровых технологий.
4. Проблемы, которые необходимо решить для развития цифровых технологий.

### **Литература (1,2,5).**

**Тема 2. Цифровые технологии.** Сквозные цифровые технологии. Цифровая трансформация управления и бизнеса. Цифровые сервисы. Управление государством как цифровой платформой. Принцип «цифрового двойника». Имитационное моделирование. Понятие Big Data, возможных сфер внедрения и обработки в целях получения максимально эффективного результата. Международный опыт применения цифровых технологий.

### **Методические указания**

При изучении темы студентам необходимо изучить сквозные цифровые технологии.

Необходимо ознакомиться и усвоить основные цифровые сервисы. Важно уяснить сущность принципа «цифрового двойника».

### **Дополнительный материал для изучения темы**

#### **СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

##### **Платформенная концепция**

Цифровая платформа – это новая, лишь для цифровой экономики характерная бизнес-модель, суть которой заключается в предоставлении бизнесам и населению специфической услуги по координации деятельности различных участников рынка.

Платформа предоставляет участникам ряд удобств, автоматически формирует рейтинги доверия между ними, а главное – позволяет продавцам и покупателям товара/услуги быстро найти друг друга, быстро заключить сделку и произвести расчеты.

Функционирование платформ ускоряет и удешевляет процессы производства и обмена, устраняет из них лишние посреднические звенья, резко повышает эффективность рынков и производительность труда.

При этом многие платформы могут обслуживать участников сделок без каких-либо географических ограничений, практически по всей планете. Примерами цифровых платформ являются Uber, Airbnb, Amazon, Alibaba и многие другие.

Сегодня различные цифровые платформы объединяются во взаимосвязанные, основанные на обмене данными «экосистемы». На повестке дня – создание и запуск цифровых платформ нового поколения, охватывающих огромное количество разных рынков и предприятий.

Если платформенная концепция разрабатывалась и реализовывалась преимущественно в сегменте торговли и логистики, то в промышленности драйвером цифрового развития является концепция «Индустрия 4.0» и «умная фабрика» как технологическое ядро «Индустрии 4.0».

Умная фабрика:

- Все звенья «умной фабрики» предельно автоматизированы
- Удельный вес и значимость НИОКР при выпуске серийной продукции приближается к значимости НИОКР для сложных технических изделий по индивидуальным заказам
- Производство-трансформер, производственные линии которого способны быстро обновляться и перестраиваться. Все звенья и подсистемы управляются автономной системой благодаря промышленному интернету вещей
- На всех этапах жизненного цикла изделия функциональные звенья «умной фабрики» работают как единое взаимосвязанное целое, регулируемое потоками обратных связей в режиме онлайн
- Объектом управления становится весь жизненный цикл изделия (PLM-управление), включая интеграцию с логистикой, сервисными центрами и получение обратной связи.

С одной стороны, можно сфокусировать свое внимание на видах деятельности, связанных с произведенной продукцией: дистрибуция, маркетинг, продажа и сервисное обслуживание. Данные процессы во многом связаны с технологиями анализа и обработки данных, позволяющих строить бизнес процесс и прогнозировать возникающие возможности и риски. Зачастую речь идет о сборе огромного количества информации не только о состоянии рынка, но и о созданной продукции. Речь идет о применении различных систем контроля и телеметрии с целью сбора достоверных сведений о процессах, происходящих с интересующей нас системой. В данном контексте следует ввести понятие «**Цифровая тень**».

**Цифровая тень** – система связей и зависимостей, описывающих поведение реального объекта, как правило, в нормальных условиях работы и содержащихся в избыточных больших данных (Big Data), получаемых на реальном объекте при помощи технологий промышленного интернета (IIoT) [6]. Более подробно о данных технологиях речь пойдет в последующих лекциях данного курса.

С другой стороны, предприятие может сконцентрировать своё внимание на этапах проектирования и цифрового моделирования продукции. Успешность реализации данного этапа зависит как от современных цифровых технологий, так и от компетенций и опыта в области данной деятельности. Финальные характеристики и уровень соответствия продукции требованиям рынка закладываются именно на данном этапе. Именно

способность спроектировать сложную наукоемкую и высокотехнологичную продукцию с гарантированным поведением её в процессе всего жизненного цикла обеспечивает лидерство предприятия на рынке каждой из отраслей промышленности. В связи с чем, наиболее значимыми выступают те технологии, которые обеспечивают создание так называемых «**Цифровых двойников**».

**Ключевым элементом цифровизации** является **цифровой двойник** – «умная» модель объекта / продукта, обеспечивающая отличие между результатами виртуальных испытаний и натуральных испытаний в пределах  $\pm 5\%$  и / или «умная» модель, учитывающая особенности конкретного производства и технологии изготовления. Цифровой двойник должен постоянно пополняться данными об эксплуатации реального объекта и отображать его функциональное состояние в режиме реального времени. Такая модель создается в результате численного моделирования и оптимизации, фиксирует все данные о материалах, особенностях конструкции, произведенных операциях, испытаниях.

Цифровой двойник позволяет вовремя определять неполадки и осуществлять ремонт, прогнозировать состояние объекта и принимать решения о режимах эксплуатации в дальнейшем. Всё это дает возможность снизить количество простоев и эксплуатационные издержки, повысить эффективность используемого оборудования и систем. Кроме того, сокращаются производственные циклы, что ускоряет процесс вывода продукта на рынок.

**Цифровой двойник** – это технология, процесс проектирования, создания глобально конкурентоспособной продукции, в основе которого лежит разработка и применение семейства взаимосвязанных сложных мультидисциплинарных математических моделей, описываемых пространственными нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных. Математические модели должны обладать высоким уровнем адекватности поведению в различных условиях эксплуатации и реальных материалов, и объектов/систем/машин/конструкций, и тех технологических процессов, с помощью которых создаются реальные материалы и реальные объекты/изделия/продукты. Цифровой двойник должен обеспечивать отличие между результатами виртуальных испытаний и физических/натурных испытаний в пределах  $\pm 5\%$  по сотням датчиков.

Объединение технологий **Цифрового двойника** и **Цифровой тени** – это то, что дает ключевое конкурентное преимущество и на данный момент меняет существующую промышленность с традиционного подхода к современному «передовому».

Имитационное моделирование обычно осуществляется единоразово для улучшения системы или процесса и расширяется, в случае необходимости нового функционала или изменения системы. Цифровой Двойник, с другой стороны, имеет более целостный подход, а его реализация и развертывание – непрерывный проект, который развивается во времени.

Передовые и традиционные подходы к производственному процессу отличаются по ряду параметров:

- существенное сокращение времени на проектирование;
- существенное сокращение времени на вывод продукта на рынок;
- существенное сокращение времени на доведение продукта до готовности, обеспечит необходимую прибыль;
- снижение количество ошибок и этапов перепроектирования.

**В качестве основных выделено 9 сквозных цифровых технологий (СЦТ), включая:**

1. Нейротехнологии и искусственный интеллект.
2. Системы распределенного реестра.
3. Квантовые технологии.
4. Компоненты робототехники и сенсора.
5. Технологии беспроводной связи.
6. Технологии виртуальной и дополненной реальностей.
7. Новые производственные технологии.
8. Большие данные.
9. Промышленный интернет.

### **Дорожные карты развития «сквозных» цифровых технологий**

#### **3.1. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект»**

Искусственный интеллект может применяться для реализации новых возможностей человека во всех сферах деятельности, в том числе для:

- 1) освобождения человека от монотонной работы путем автоматического создания программного обеспечения;
- 2) поддержки в принятии решений;
- 3) автоматизации опасных видов работ;
- 4) поддержки коммуникаций между людьми.

Применение искусственного интеллекта необходимо во всех экономических и социальных отношениях для повышения качества жизни и улучшения благосостояния общества (искусственный интеллект – это «новое электричество»).

Искусственный интеллект (ИИ) — комплекс технологических решений, имитирующий когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и позволяющий при выполнении задач достигать результаты, как минимум сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека.

Комплекс технологических решений включает информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение, в котором в том числе используются методы машинного обучения, процессы и сервисы по обработке данных и выработке решений.

Нейротехнологии – технологии, которые используют или помогают понять работу мозга, мыслительные процессы, высшую нервную деятельность, в том числе технологии по усилению, улучшению работы мозга и психической деятельности.

#### **3.2. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра»**

Технология систем распределенного реестра представляет собой новый подход к созданию баз данных, ключевой особенностью которого является отсутствие единого центра управления. Каждый узел составляет и записывает обновления реестра независимо

от других узлов. В отличие от распределенных баз данных каждый участник системы распределенного реестра хранит всю историю изменений и валидирует добавление любых изменений в систему с помощью алгоритма консенсуса, который математически гарантирует невозможность подделки данных при определенной доле достоверных нод. Однако ни один участник не может изменить данные в системе таким образом, что другие участники не узнают об этом. Благодаря этому данные, которые находятся внутри системы распределенного реестра, становятся доверенными, а все изменения – прозрачными.

В рамках разработки дорожной карты развития СЦТ «Системы распределенного реестра» были выделены три субтехнологии:

1. Технологии организации и синхронизации данных.
2. Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости данных (консенсус).
3. Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов.

### 3.3. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «**Квантовые технологии**»

Квантовые вычисления – новый класс вычислительных устройств, использующий для решения задач принципы квантовой механики. Прогнозируется, что в целом ряде задач квантовый компьютер будет способен дать многократное ускорение по сравнению с существующими суперкомпьютерными технологиями. Примерами являются сферы кибербезопасности, искусственного интеллекта и создание новых материалов.

Квантовые коммуникации – технология криптографической защиты информации, использующая для передачи ключей индивидуальные квантовые частицы. Главное преимущество квантовых коммуникаций – защищенность информации, гарантированная законами физики.

Квантовые сенсоры и метрология – совокупность высокоточных измерительных приборов, основанных на квантовых эффектах. Высокая степень контроля над состоянием 4 отдельных микроскопических систем позволяет создавать сверхточные квантовые сенсоры с пространственной разрешающей способностью, сравнимой с размером одиночных атомов, а также высокоточные атомные часы.

**В рамках разработки дорожной карты развития СЦТ «Квантовые технологии» были выделены три субтехнологии:**

1. Квантовые вычисления.
2. Квантовые коммуникации.
3. Квантовые сенсоры и метрология.

### 3.4. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «**Компоненты робототехники и сенсорики**»

СЦТ «Компоненты робототехники и сенсорики» охватывает направления разработки автоматизированных технических систем и методов управления ими, разработки сенсорных систем и методов обработки сенсорной информации, взаимодействия технических систем между собой и с человеком. Робототехника и сенсорики основываются на методах механики, электроники, мехатроники и других

науках.

Роботы предназначены для замены человека при выполнении рутинных, грязных, опасных работ, а также там, где требуется высокая точность и повторяемость. Область применения и перспективы современной робототехники исключительно широки: роботы уже применяются в быту, в сфере обслуживании людей, в медицине, в сельском хозяйстве и многих других видах работ. Основой взаимодействия с людьми являются человеко-машинные интерфейсы, современные виды которых включают не только традиционное представление визуальной информации и привычные органы управления, но и перспективные интерфейсы на основе анализа электрической активности мозга и мышц, с обратными силомоментными связями.

**В рамках разработки дорожной карты развития СЦТ «Компоненты робототехники и сенсорика» были выделены три субтехнологии:**

1. Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия.
2. Технологии сенсорномоторной координации и пространственного позиционирования.
3. Сенсоры и обработка сенсорной информации.

**3.5. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Технологии беспроводной связи».**

Технологии беспроводной связи – подкласс информационных технологий, служат для передачи информации между двумя и более точками на расстоянии, не требуя проводной связи. В качестве носителя информации в таких сетях выступают радиоволны различных диапазонов, инфракрасное, оптическое или лазерное излучение. Так, субтехнологиями беспроводной связи являются сети связи, на основе которых выстраивается беспроводная связь.

**В рамках разработки дорожной карты развития СЦТ «Технологии беспроводной связи» было выделено пять субтехнологий:**

1. WAN (Wide Area Network);
2. LPWAN (Low Power Wide Area Network);
3. WLAN (Wireless Local Area Network);
4. PAN (Personal Area Network);
5. Спутниковые технологии связи (СТС).

**3.6. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности»**

**Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR-технологии) – ключ к принципиально новому уровню взаимодействия человека с цифровым миром, который играет все большую роль в глобальной экономике, политике, социальных отношениях.** В настоящее время VR/AR-технологии получили наиболее серьезное развитие на рынках развлечений и маркетинга, но это не предел, а только первая ступень их внедрения. Наиболее перспективными с точки зрения экономического эффекта являются продукты на основе VR/AR-технологий в сфере промышленного производства, образования, здравоохранения, потребительских сервисов. Результаты анализа, проведенного при разработке настоящей дорожной карты, показали наличие у российских

компаний, научно-образовательных организаций существенных технологических заделов, позволяющих претендовать на лидерские позиции на мировом рынке в ряде сегментов.

Широкое внедрение VR/AR-технологий способствует развитию экономики страны, существенному повышению производительности и эффективности на промышленных предприятиях в рамках Индустрии 4.0, формированию новых подходов к процессу обучения и повышению уровня образования, качественному повышению уровня здравоохранения и доступности медицинской помощи за счет удаленного присутствия врача. Вместе с этим VR/AR-технологии создают новейшие способы коммуникаций и потребительских сервисов, формируют массовые медиа для современного поколения.

**В рамках разработки дорожной карты развития СЦТ «Технологии виртуальной и дополненной реальностей» было выделено шесть субтехнологий:**

1. Средства разработки VR/AR-контента и технологии совершенствования пользовательского опыта (UX) со стороны разработчика;
2. Платформенные решения для пользователей: редакторы создания контента и его дистрибуции;
3. Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии;
4. Интерфейсы обратной связи и сенсоры для VR/AR;
5. Технологии графического вывода;
6. Технологии оптимизации передачи данных для VR/AR.

**3.7. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии»**

Дорожная карта по развитию «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии» (ДК СЦТ НПТ) формирует перечень мероприятий до 2024 года, нацеленных на разработку и развитие новых производственных технологий мирового уровня как основы для достижения промышленного лидерства в высокотехнологичных отраслях промышленности.

Сквозная цифровая технология «Новые производственные технологии» (СЦТ НПТ) – это сложный комплекс мультидисциплинарных знаний, передовых наукоемких технологий и системы интеллектуальных ноу-хау, сформированных на основе результатов фундаментальных и прикладных научных исследований, кросс-отраслевого трансфера и комплексирования передовых наукоемких технологий, СЦТ и субтехнологий.

Новые производственные технологии – совокупность новых, с высоким потенциалом, демонстрирующих де-факто стремительное развитие, но имеющих пока по сравнению с традиционными технологиями относительно небольшое распространение, новых подходов, материалов, методов и процессов, которые используются для проектирования и производства глобально конкурентоспособных и востребованных на мировом рынке продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т.д.)

**На основании проведенного анализа и в соответствии с рекомендациями Наблюдательного совета АНО «Цифровая экономика к новым производственным цифровым технологиям отнесены следующие субтехнологии:**

1. Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design).

2. Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing).

3. Манипуляторы и технологии манипулирования.

**Приоритетные отрасли для внедрения субтехнологий СЦТ НПТ:**

1) автомобилестроение (ОКВЭД: производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов, включая производство двигателей для автотранспортных средств);

2) авиастроение и ракетно-космическая техника (ОКВЭД: производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования);

3) двигателестроение (ОКВЭД: производство силовых установок и двигателей для летательных аппаратов, включая космические);

4) машиностроение, включая атомное, нефтегазовое, тяжелое, специальное машиностроение, железнодорожный транспорт (ОКВЭД: производство машин и оборудования общего назначения);

5) судостроение и кораблестроение (ОКВЭД: строительство кораблей, судов и лодок);

6) непрерывное / процессное производство (ОКВЭД: добыча полезных ископаемых; обрабатывающие производства: производство металлургическое, производство кокса и нефтепродуктов; производство химических веществ и химических продуктов).

***Вопросы для самопроверки***

1. Платформенная концепция цифровой экономики.
2. Сквозные цифровые технологии, сущность и значение.
3. Проанализируйте дорожные карты каждой из сквозных технологий.
4. «Цифровой двойник» как ключевой элемент цифровизации.
5. Новые производственные технологии. Приоритетные отрасли в РФ.

**Литература (1,2,3,4,5,6,7).**

**Тема 3. Технологии цифровой промышленности.** Мировые тренды в развитии цифровой промышленности. Национальная технологическая инициатива (НТИ). Рынок НТИ. Направление Технет. (Передовые производственные технологии). Мегапроект «Фабрики будущего». Цифровая промышленность. Робототехника и сенсорика. Промышленный интернет. Технологии беспроводной связи. Квантовые технологии. Большие данные. Машинное обучение. Системы распределенного реестра. Искусственный интеллект. Нейротехнологии. Лазерные технологии. Фотоника. Технологии виртуальной и дополненной реальности. Возобновляемые источники энергии. ВИМтехнологии. Цифровая медицина.

**Методические указания**

При изучении темы необходимо рассмотреть все составляющие технологии цифровой промышленности.

Проанализировать составляющие Национальной технологической инициативы (НТИ).

## Дополнительный материал для изучения темы

Национальная технологическая инициатива (НТИ). Данная инициатива представляет собой долгосрочную комплексную программу по созданию условий для обеспечения глобального технологического лидерства Российской Федерации к 2035 году путём «выращивания национальных чемпионов» для высокотехнологичных рынков будущего. Предложение о необходимости модернизации российской промышленности в соответствии с новым технологическим укладом и с вызовами, которые будут ожидать Россию при решении задач безопасности государства и улучшения качества жизни людей в ближайшие 10 – 15 лет, было озвучено Президентом РФ В.В. Путиным в Послании Федеральному Собранию 4 декабря 2014 г. Анализ мирового опыта и текущих трендов развития технологических решений, позволил сформировать стратегию развития, курируемую Агентством стратегических инициатив (АСИ) и Российской венчурной компанией (РВК).

НТИ изначально строится как широкое коалиционное действие, предполагающее формирование проектных групп из технологических предпринимателей, представителей ведущих университетов и исследовательских центров, крупных деловых объединений России, институтов развития, экспертных и профессиональных сообществ, а также заинтересованных органов исполнительной власти.

Функция лидера отведена отечественному высокотехнологичному бизнесу, компаниями с «геном НТИ». Кроме того, НТИ, будучи национальной программой, не отрицает необходимость международного сотрудничества, а напротив – поддерживает данное направление работы. Кооперация с международными партнерами – залог успеха отечественных высокотехнологичных компаний в мире глобальных технологий.

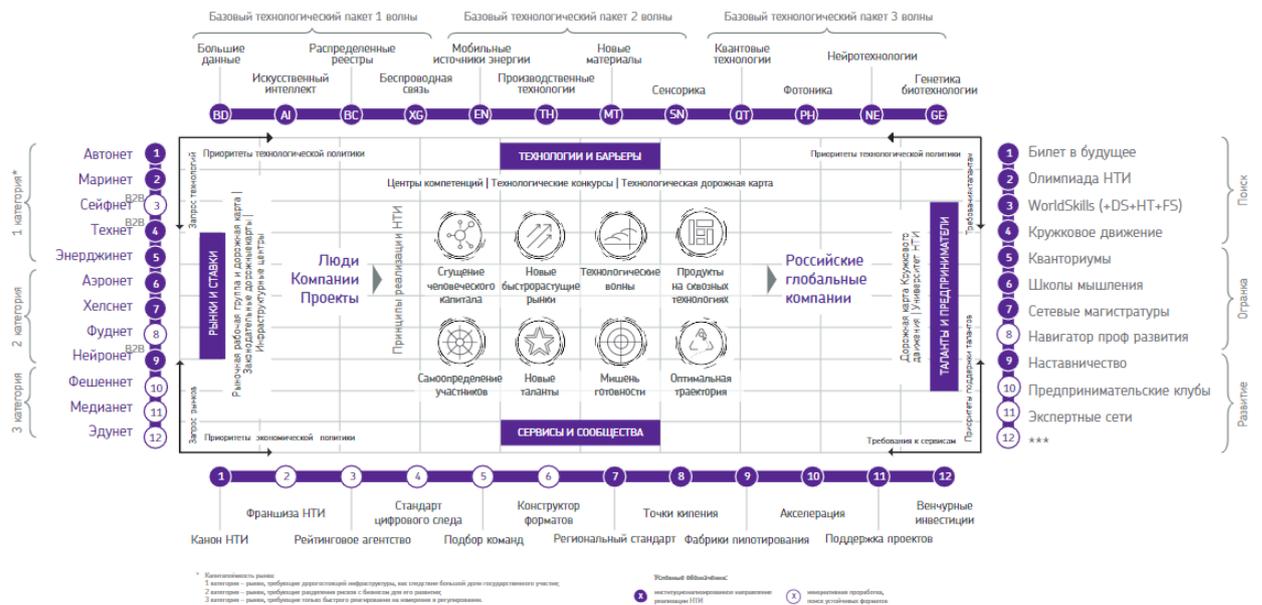


Рис. 2. Матрица Национальной технологической инициативы (НТИ)

Графическая интерпретация определенной логики формирования взаимодействия между всеми участниками НТИ называется Матрицей Национальной технологической инициативы (**Матрица НТИ**).

Матрица НТИ сформирована по принципу спирали: речь идет о развитии в Российской Федерации **новых рынков (левая ось)**, основанных на **прорывных технологиях (верхняя ось)**, к развитию которых можно привлечь минимально-достаточную плотность **талантов (правая ось)**, для развития которых ориентируются или создаются **инструменты поддержки, работающие в сервисной модели (нижняя ось)**.

Основной целью программы является формирование принципиально новых «рынков будущего» и «выращивание» на данных рынках «национальных чемпионов». Но что из себя представляют данные рынки? Рынки НТИ это перспективные отрасли мировой промышленности, которые потенциально будут сформированы через 15 – 20 лет и соответствуют следующим критериям:

- Рынок станет значимым и заметным в глобальном масштабе. Речь идет об объемах рынка - более 100 млрд. долларов к 2035 году.
- Рынок потенциально будет иметь сетевую природу, что отражается в присутствии «Net» в названии.
- Рынок предпочтительно ориентирован на потребности людей как конечных потребителей (приоритет B2C над B2B).
- Рынок важен для Российской Федерации с точки зрения обеспечения базовых потребностей и безопасности страны.
- В рамках рынка есть условия для достижения конкурентных преимуществ и занятия значимой доли рынка.

На сегодняшний день, в рамках НТИ выделяют 12 ключевых направлений («высокотехнологичные рынки НТИ»), которые, в соответствии с прогнозами аналитиков, будут наиболее актуальными в глобальном масштабе по состоянию на 2035 год. Сформированная в рамках каждого рынка рабочая группа, обеспечивает разработку стратегии развития выбранного направления и реализацию данной стратегии посредством привлечения интеллектуальных, материальных и прочих ресурсов. Выделяют следующие рынки НТИ:

- **АвтоНет** – рынок по развитию современных наземных транспортных средств, а также соответствующих услуг и систем, реализуемых на основе интеллектуальных платформ, сетей и инфраструктуры в логистике людей и вещей.
- **АэроНет** – рынок распределенных систем беспилотных летательных аппаратов.
- **МариНет** – рынок интеллектуальных систем управления морским транспортом и технологий освоения мирового океана.
- **НейроНет** – рынок средств человеко-машинных коммуникаций, основанных на передовых разработках в нейротехнологиях, повышающих продуктивность человеко-машинных систем, производительность психических и мыслительных процессов.
- **ХелсНет** – рынок персонализированных медицинских услуг и лекарственных средства, обеспечивающих рост продолжительности жизни, а также получение новых эффективных средств профилактики и лечения различных заболеваний.
- **ФудНет** – рынок производства и реализации питательных веществ и конечных видов пищевых продуктов.
- **ЭнерджиНет** – рынок распределенной энергетики, включающий как создание

гибких распределительных сетей, так и современные цифровые платформы взаимодействия поставщик-потребитель.

- **СэйфНет** – рынок безопасности сетей и компьютерных технологий, нацеленный на защиту персональных и конфиденциальных данных в процессе хранения и какого-либо использования.

- **ФешшенНет** – рынок мелкосерийного/штучного выпуска персонализированной одежды и аксессуаров, с привлечением современных технологий на всех этапах производства и реализации изготавливаемой продукции.

- **МедиаНет** – рынок коммуникации и обмена информации между людьми, организациями и СМИ.

- **ЭдуНет** – рынок образования, основанный на сетевых и платформенных принципах.

Отдельного внимания заслуживает рынок технологий – **ТехНет**. Следует понимать, что вышеперечисленные 11 рынков НТИ во многом основываются на ряде прорывных технологий, получивших название «сквозных технологий». **Сквозные технологии** – ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков. Данные технологии одновременно охватывают несколько трендов или отраслей. С целью развития России в соответствии с мировыми технологическими трендами и повышения конкурентоспособности российской промышленности особое внимание уделяется одной из самых важных «сквозных технологий» – **передовых производственных технологий (Advanced Manufacturing Technologies)**. Высокотехнологичный рынок ТехНет сконцентрирован именно на развитии данной «сквозной технологии».

**ТехНет** представляет собой кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление, обеспечивающее технологическую поддержку развития рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности за счет развития передовых производственных технологий, включающих в себя следующие «субтехнологии»: цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии, CNC-технологии и гибридные технологии, робототехнику, информационные системы управления предприятием, Smart Big Data и промышленный Интернет Вещей.

Вместе с тем, ни одна из передовых производственных технологий, взятая в отдельности, не способна предоставить долгосрочного конкурентного преимущества на рынке. Такое преимущество могут обеспечить только системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения – «Фабрики Будущего» (Factory of Future, FoF).

Следует отметить, что Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого играет важную роль в кросс-отраслевой группе ТехНет «Передовые производственные технологии», а также непосредственно вовлечен в реализацию мегапроекта «Фабрики Будущего».

**Направление «Технет» посвящено развитию и применению одного из самых важных классов «сквозных технологий» – передовых производственных технологий**

### **(Advanced Manufacturing Technologies).**

К этим технологиям относятся:

- цифровое проектирование и моделирование как совокупность технологий компьютерного проектирования (Computer-Aided Design, CAD); математического моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering, CAE, и High Performance Computing, HPC) и оптимизации (Computer-Aided Optimization, CAO) – многопараметрической, многокритериальной, многодисциплинарной, топологической, топографической, оптимизации размеров и формы и т. д.; технологической подготовки производства (Computer-Aided Manufacturing, CAM), в том числе нового поколения, ориентированной на аддитивное производство (Computer-Aided Additive Manufacturing, CAAM); технологий управления данными о продукте (Product Data Management, PDM) и технологий управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM);

- новые материалы, в том числе передовые сплавы (суперсплавы), передовые полимеры, передовые композиционные материалы, передовые керамические материалы, металлопорошки и металлопорошковые композиции, метаматериалы;

- аддитивные технологии, включая 3D-принтеры, технологии, подходы и способы работ с исходными материалами, разработка и эксплуатация расходных материалов и набор услуг по 3D-печати;

- CNC-технологии и гибридные технологии, включая станки и технологии оборудования с числовым программным управлением, приводную технику, гибридные многофункциональные технологии обработки;

- промышленная сенсорика – внедрение «умных» сенсоров и инструментов управления (контроллеров) в производственное оборудование, в помещение на уровне цеха или фабрики в целом;

- технологии робототехники, прежде всего промышленные роботы;

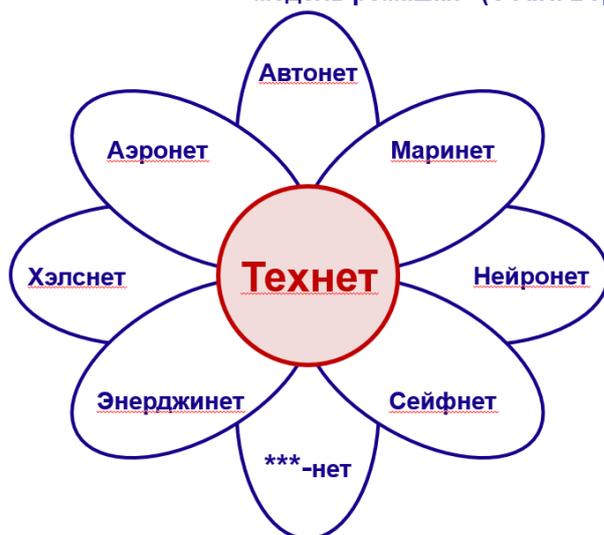
- информационные системы управления предприятием (Industrial Control System – ICS, Manufacturing Execution System – MES, Enterprise Resource Planning – ERP, Enterprise Application Software – EAS);

- Big Data – генерация, сбор, хранение, управление, обработка и передача больших данных;

- индустриальный Интернет.

«Сквозные» технологии носят кросс-рыночный характер, то есть не имеют привязки к конкретным рынкам и в той или иной степени будут применяться в рамках всех будущих рынков, в каждом случае получая определенную фокусировку и рыночную проблематику.

**Модель взаимодействия «Технет» с другими «дорожными картами»  
Национальной технологической инициативы:  
«модель ромашки» (© А.И. Боровков, 2015 г., Форсайт-Флот)**



**Технет – передовые  
производственные технологии:**

- (Advanced Simulation & Advanced Optimization)-Driven Design & Manufacturing: CAD/CAE/FEA/CFD/FSI/MBD/EMA/CAO/HPC/PDM/PLM
  - Аддитивные и гибридные технологии
  - Новые материалы: композиты, полимеры, керамика, сплавы, металлопорошки, метаматериалы
  - Smart Big Data на входе и на выходе как основа для Advanced Predictive Engineering Analysis / Analytics
  - ICS, MES, индустриальный Интернет, промышленная робототехника, сенсорика
- ...

Рис.3. Модель взаимодействия «Технет» с другими дорожными картами Национальной технологической инициативы, предложенная на «Форсайт-Флоте – 2015» А.И. Боровковым, Д.С. Ивановым и А.Д. Фертманом

**Во-вторых, ни одна из передовых производственных технологий, взятая в отдельности, не способна предоставить долгосрочного конкурентного преимущества на рынке.** В связи с этим дорожная карта «Технет» акцентирует внимание на создании в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции нового поколения за счет **отбора и комплексирования технологий мирового уровня в технологические цепочки**, называемые Цифровыми, «Умными», Виртуальными Фабриками Будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future).

**В-третьих, для того чтобы формировать Фабрики Будущего, отбирая и комплексирова различные лучшие в мире технологии с добавлением собственных кросс-отраслевых интеллектуальных ноу-хау, необходимо иметь место, где их можно было бы опробовать на практике, в среде, отвечающей реальным условиям, – испытательный полигон (TestBed).**

**В-четвертых, дуальность направления «Технет», заключающаяся в ориентированности на работу не только со средними и малыми технологическими компаниями, которые в соответствии с идеологией НТИ в наибольшей степени участвуют в создании и развитии новых рынков, но и с крупными компаниями – лидерами существующих отраслей высокотехнологичной промышленности (кросс-отраслевой характер направления «Технет»).**

**В-пятых, направление «Технет» призвано ответить на следующие вызовы экономического развития России:**

- исчерпание традиционных источников роста (добыча углеводородных ресурсов, дешевая стоимость энергоресурсов и рабочей силы и т.д.);
- импортозависимость и необходимость опережающего развития высокотехнологичных отраслей промышленности России.

**В-шестых, направление «Технет» сфокусировано на разработке, развитии и применении передовых производственных технологий для решения задач экспорто-**

ориентированного импортоопережения.

### **Фабрики Будущего**

Ключевое значение в ДК «Технет» отводится формированию «Фабрик будущего» (Цифровых, «Умных» и Виртуальных фабрик), представляющих собой системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения.

**Цифровая фабрика (Digital Factory)** характеризуется использованием технологий цифрового проектирования и моделирования, создания цифровых двойников как самих продуктов или изделий, так и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла, что позволяет радикально сократить сроки вывода на рынок и повысить интеллектуалоемкость новых продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т.д.).

**«Умная» фабрика (Smart Factory)** формируется, как правило, на основе Цифровой фабрики. «Умная» фабрика подразумевает, прежде всего, наличие высокотехнологичного оборудования – робототехнических комплексов, 3D-принтеров, станков с числовым программным управлением и др. Применение датчиков, сенсоров, а также автоматизированных систем управления технологическими процессами и систем оперативного управления производственными процессами на уровне цеха, предоставляет возможность осуществлять быструю и гибкую («автоматизированную») переналадку оборудования. Такой подход позволяет радикально повысить производительность, экологичность и энергоэффективность производства как массовой, так и кастомизированной продукции, удовлетворяющей требованиям рынка и потребителей.

**Виртуальная фабрика (Virtual Factory)** формируется как распределенная сеть Цифровых и «Умных» фабрик, а также поставщиков услуг / компонентов. Виртуальная фабрика призвана радикально повысить добавленную стоимость продуктов и изделий и расширить конкурентные предложения на рынке за счет использования технологий управления глобальными цепочками поставок и распределенными производственными активами.

**По итогам опроса на первые пять строк вышли технологии, которые в целом аналитиками обычно связываются с Индустрией 4.0:**

- цифровое проектирование и моделирование (этот комплекс технологий отметили 50% компаний);
- аддитивные технологии (3D-printing) (35 %);
- материалы с заданными свойствами (27 %);
- робототехника (27 %);
- интернет вещей (IoT) (27 %).

Структурированные или неструктурированные данные огромных объемов и разнообразия называются собирательным термином **Big Data** (или **большие данные**).

Для того, чтобы показать, насколько это большое число, достаточно сказать, что для того, чтобы скачать этот объем данных со скоростью 100 мегабит в секунду, понадобится около 500 миллионов лет, а чтобы скачанные данные сохранить – пачка DVD-дисков высотой более 23 расстояний от Земли до Луны.

Помимо собственно увеличения объема хранимой информации, важной тенденцией

является увеличение данных, генерируемых реальном времени. Так, по прогнозу IDC, к 2025 году количество одновременно работающих связанных между собой устройств, генерирующих данные в реальном времени, превысит 150 миллиардов. Вследствие этого, процент таких данных от общего объема увеличится с 15 в 2017 до 30 % к 2025 году.

**Социальные данные (social data)** генерируются в процессе функционирования крупнейших социальных сетей, онлайн-магазинов, интернет-порталов различной тематики, онлайн-библиотек. К таким данным относятся всевозможные лайки, сообщения, комментарии и отзывы, пользовательские обзоры.

Объем генерируемых ежедневно социальных данных можно представить, исходя из того, что только на Facebook в 2019 году каждый день загружалось в среднем более 300 миллионов фотографий, выполнялось более 9 миллиардов просмотров видеозаписей, а какие-либо действия выполняли примерно 1,6 миллиарда пользователей.

**Аппаратные данные (machine data)** – это данные, получаемые в процессе функционирования различных устройств. Сюда можно отнести в том числе данные мониторинга производственных линий и датчиков промышленного оборудования, медицинских приборов, различных бытовых устройств (в том числе интернета вещей), камер видеонаблюдения, фитнес-трекеров.

Масштаб генерируемых аппаратных данных можно оценить при помощи следующего примера: компания Аэробус размещает в каждом крыле современного самолета модели A380-1000 по 10000 датчиков в каждом крыле, что совокупно приводит к созданию примерно 7Тб данных в день, при этом только в США каждый день выполняется не менее 5000 коммерческих вылетов в день.

**Данные транзакций (transactional data)**, как правило, относятся к финансовому сектору и представляют собой сведения о чеках, переводах, данные об оплате и доставке заказов и т.д.

Существует огромное количество доступных каждому открытых источников больших данных, которые можно использовать для научной или практической работы. К ним относятся в том числе различные порталы государственных данных, например, Портал открытых данных европейского союза (**European Union Open Data Portal**), содержащий различные государственные данные стран Европейского Союза, **Healthdata.org**, содержащий наборы медицинских данных разного типа, Национальный центр климатических данных (**National Climatic Data Center**), содержащий метеорологические и климатические данные. Социальная сеть **Facebook** предоставляет доступ к открытым данным пользователей через **Graph Api**. Различные сервисы **Google** также предоставляют доступ к своим данным, так **Google Finance** содержит данные рынков акций за 40 лет, обновляемые в режиме реального времени, **Google Books Ngrams** предоставляет возможность поиска по полным текстам всех книг, оцифрованных в рамках сервиса **Google Books**.

Но не вся информация, хранимая и генерируемая огромными объемами, может быть причислена к большим данным. Как правило, этим термином называются данные большого объема, которые соответствуют критериям **3V: Volume, Velocity и Variety**.

Критерий «**Volume**» (объем): данных должно быть действительно много, например, крупная социальная сеть, такая как **Facebook** или российские **Вконтакте** или **Одноклассники**, ежедневно генерирует миллионы действий пользователя, которые могут

повлечь за собой создание каких-либо сущностей, пригодных для анализа.

Критерий «**Velocity**» (скорость): непрерывная генерация огромного объема данных предъявляет высочайшие требования к скорости их обработки.

Критерий «**Variety**» (разнообразие): современные алгоритмы и технические средства позволяют анализировать любую структурированную и неструктурированную информацию.

Под **структурированной информацией** понимаются данные, упорядоченные в соответствии с некоторым форматом, как правило численные, которые могут быть проанализированы без дальнейшей обработки. Они размещаются в таблицах баз данных или, например, в табличных файлах. Это могут быть временные ряды показаний датчиков, климатические данные и др.

Под **неструктурированной информацией** понимается фактически всё остальное, например, тексты сообщений в социальных сетях, изображения, видео и звуковые данные, то есть то, что не имеет жесткого формата.

Кроме того, информация может быть и частично структурированной, как, например, журналы программного обеспечения, сообщения которых могут содержать как фиксированную, так и произвольную часть.

Для дальнейшего уточнения понятия «**Большие данные**», кроме классических **3V**, разные эксперты предлагают и другие наборы критериев, такие как **4V**, **5V** и даже **7V**, добавляя к уже перечисленным такие понятия как «**Veracity**» – достоверность данных, «**Variability**» – зависимость данных от контекста, «**Visualization**» – возможность визуализации результатов анализа и «**Value**» – необходимость извлечения максимальной пользы из результатов анализа больших данных.

Ключевое значение технологий **Big Data** в том, что с их помощью стало возможно оперативно анализировать огромный массив данных и выявлять в нем скрытые, неочевидные закономерности, и на этой основе принимать наиболее оптимальные решения.

Так, например, Сбербанк успешно применяет технологии работы с большими данными для решения множества задач, от оптимизации внутренних процессов до оценки рисков и кредитного скоринга, используя не только традиционные данные, такие как кредитная история, но и дополнительные, такие как схемы социальных связей из социальных сетей и данные сотовых операторов.

Принято считать, что работа с большими данными подразделяется на четыре обобщенных этапа:

**Сбор необработанных данных** уже представляет собой определенную сложность. Огромный объем информации, получаемый из самых различных источников, в том числе и в реальном времени, требует продуманной организации процесса и значительных вычислительных ресурсов.

**Хранение.** Данные должны храниться в надежном, быстром, масштабируемом и постоянно доступном хранилище как до, так и после обработки.

**Обработка и анализ данных** является наиболее сложной и затратной с точки зрения вычислительных ресурсов операцией. Для преобразования «сырых» данных в понятный для машиночитаемый вид требуется приведение их к некоторому жесткому формату. Для этого к ним применяется последовательность действий по фильтрации,

сортировке, группировке, агрегации. Для анализа данных к ним применяются алгоритмы, позволяющие определить в них некоторые закономерности, важные с точки зрения решения текущих задач.

**Визуализация** результатов анализа является одним из самых важных этапов работы с большими данными с точки зрения получения аналитических выводов для их практического применения в реальных задачах. Результатом этого этапа являются не только диаграммы и графики, показывающие изменение текущей ситуации, но и, например, рекомендации по выполнению каких-либо действий.

Приведем несколько примеров использования больших данных в промышленности. Производственное оборудование на заводах компании Intel непрерывно передаёт данные в единый центр, в рамках которого большие данные обрабатываются алгоритмами распознавания образов, обнаружения сбоев и визуализации, что позволяет снизить скорость реакции на внештатную ситуацию с нескольких часов до 30 секунд.

**Магнитогорский металлургический комбинат (ММК)** и **Yandex Data Factory** (подразделение ООО «Яндекс») выполняют в рамках проекта «Снайпер» разработали математические модели плавки стали в кислородно-конвертерном цехе (ККЦ) ММК с созданием на ее базе соответствующего программного продукта. Цель проекта - оптимизация расхода ферросплавов и добавочных материалов при производстве стали в ККЦ.

Компания **BMW** использует большие данные для обнаружения уязвимостей в прототипах своих автомобилей в процессе их разработки, начиная с 2014 года. Это позволяет компании устранять выявленные проблемы до начала их производства. Производитель авиационных двигателей **Rolls-Royce**, производящий авиационные реактивные двигатели, применяет большие данные для моделирования новых двигателей и оценки их потенциальной полезности.

В сфере торговли, рекламы и продвижения применение анализа больших данных позволяет решать задачи оптимизации цен, привлечения новой аудитории и удержания лояльных клиентов, определять удовлетворенность клиентов сервисом или товаром на основании неструктурированных отзывов.

Российский интернет-магазин **Ozon** использует большие данные и машинное обучение в том числе для решения задачи пополнения складов путем прогнозирования потребности в конкретных товарах и для решения задачи персонализированного предложения рекомендуемых товаров.

Крупные сервисы электронной почты, такие как **Gmail** или российские **Mail.ru**, **Yandex** и другие, используют технологии больших данных для фильтрации спама, интеллектуальной сортировки почтовых ящиков и предотвращения нежелательной активности.

В сфере безопасности широко применяются алгоритмы распознавания лиц, обученные при помощи большого массива накопленных данных, для организации интеллектуального видеонаблюдения, анализа биометрии и т.д.

Большие данные в сфере безопасности применяются в первую очередь различными государственными органами. Агентство Национальной безопасности в США применяет большие данные для эффективного слежения за предполагаемыми организаторами террористических актов, в том числе с использованием анализа их активности в сети

Интернет.

Полиция Лос-Анджелеса применяет анализ больших данных для организации проактивной безопасности. Анализ частоты преступных действий разного типа по районам позволяет перераспределять имеющиеся ресурсы для более эффективного патрулирования.

Применяемая в Москве система распознавания лиц сопоставляет лица из видеопотока с базой лиц, находящихся в розыске, и в случае совпадения уведомляет находящихся поблизости сотрудников полиции. Эксперимент систем распознавания на городской инфраструктуре стартовал в 2017 году, а в метро – в марте 2018-го.

В сфере медицины большие данные применяются для решения задач диагностики, особенно в тех случаях, когда для постановки диагноза требуется детальный анализ медицинских изображений. Алгоритмы машинного обучения зачастую способны увидеть в таких изображениях закономерности, недоступные глазу врача-человека.

Так, один из медицинских алгоритмов компании **Google** способен по фотографии глаза человека с вероятностью в 0.97 определить, кому он принадлежит, мужчине или женщине. При этом, офтальмологии не известны признаки, по которым можно сделать такой вывод, и до разработки данного алгоритма никто даже и не предполагал, что глаза мужчины или женщины могут чем-то отличаться.

**United Healthcare**, крупнейшая медицинская страховая компания США, применяет большие данные для решения задачи построения максимально полного представления о более чем 85 миллионов пациентов. Применение полученных инструментов позволяет повысить качество клинического обслуживания, пресекать мошеннические действия со страховкой и контролировать финансовые показатели.

Ученые из Университета Кейптауна УСТ обнаружили, что у различных видов рака, таких как рак груди, легких, яичников и т.д. имеют четкие генетические маркеры (специфическая комбинация генов) путем анализа накопленной генетической информации с использованием технологий больших данных.

Крупнейшими игроками на рынке анализа больших данных естественным образом являются организации, так или иначе связанные с их генерацией. Наличие большого объема доступных данных и потребность в результатах их анализа вынуждает крупные компании создавать подразделения, занимающиеся внедрением и разработкой технологий больших данных. Сюда относятся такие интернет-компании как **Google, Facebook, Apache, Microsoft, Amazon**, производители баз данных **Oracle**, сервисы такси **Uber, Gett** и т.д.

Широкий спектр образовательных учреждений, дающих качественное техническое образование, позволяет поддерживать конкурентоспособность России в сфере подготовки научных и прикладных специалистов в области больших данных. Образовательные программы и научные исследования такого рода существуют в нашем университете, а также в ряде других, таких как НИУ ВШЭ, МФТИ, МГУ, СПбГУ, ИТМО, НГУ, ТПУ и др

В сфере бизнеса, кроме упомянутых ранее компаний **Яндекс** и **Мейл.Ру Групп**, большими данными занимаются подразделения российских крупных банков, таких как **Сбербанк, Альфа-Банк** и **Tinkoff**, операторы услуг сотовой связи **Megafon, МТС, Билайн** и другие.

Для продвижения технологий больших данных в 2018 году компании **Mail.Ru Group, oneFactor, «МегаФон», «Сбербанк», «Яндекс»** и **Tinkoff** создали Ассоциацию

участников рынка больших данных, основной целью которой является создание условий для развития технологий и продуктов в сфере больших данных в России.

## **ВІМтехнологии**

### **Технология информационного моделирования зданий (ВІМ)**

#### ***Основная идея***

ВІМ (Building Information Modeling) – технология информационного моделирования зданий и сооружений. В её основе лежит принцип, что вместо разработки плоских, не связанных друг с другом чертежей проектировщик создает **виртуальную трехмерную копию** здания, наполненную **полезной инженерной информацией**, а затем эти данные используются и накапливаются всеми участниками проектно-строительного процесса.

Несколько десятилетий назад широкое распространение получили персональные компьютеры, а вместе с ними и **цифровое проектирование** в Autodesk AutoCAD и аналогичных программах (**CAD**). Это сильно изменило организацию работы: изменения стали вноситься быстрее, файлы можно копировать и другие улучшения, связанные с цифровизацией инструмента.

Однако с точки зрения идеологии AutoCAD позволил лишь сменить карандаш на компьютерную мышь: всё также идея здания рождалась **в голове у архитектора**, а затем линия за линией переносилась на плоское цифровое пространство в компьютере. В программах были полезные инструменты по подсчету объектов, ссылки на чертежи, но реально ими редко пользовались. При изменениях всё также нужно было **вручную** редактировать чертежи по отдельности. Поэтому даже с переходом на цифровое черчение при строительстве зданий остались **нестыковки и ошибки**.

**Первый** официально задокументированный случай применения ВІМ-технологии произошел в **1986** году. Информационное моделирование применялось в Лондоне во время реконструкции третьего терминала аэропорта Хитроу.

Наиболее популярная в России программа для ВІМ-моделирования **Autodesk Revit** была создана в 2000 году. Интересно, что у Revit российские «корни» – сооснователем ПО был Леонид Райз, родившийся в Санкт-Петербурге.

В России движение в сторону ВІМ началось ориентировочно в 2013-2014 году. Ведущие государственные экспертизы в пилотном режиме стали принимать на рассмотрение проекты, выполненные с помощью инструментов информационного моделирования.

В России информационное моделирование зданий получило широкое распространение с начала 2010-х годов и сейчас широко применяется среди девелоперских, проектных и строительных компаний:

- ПИК, крупнейшая строительная компания России;
- ЛенСпецСМУ, крупный застройщик в Санкт-Петербурге;
- ТГК-1, крупнейший поставщик энергии на Северо-Западе;
- Рив Гош, национальная сеть магазинов;
- и многие другие.

В современных ВІМ-программах легко **одновременно** прорабатывать сразу **несколько вариантов** проекта, **моментально** получать **ключевые характеристики**

(полезная площадь, количество материалов), **видеть** проект **в объеме** и даже исследовать его глазами будущих пользователей.

Когда идея найдена, благодаря BIM **ускоряется подготовка чертежей**, так как все основные объекты (стены, перекрытия, двери и так далее) фактически проецируются из единой модели. Остается лишь проставить размеры для наглядности чертежей, а также разместить пояснения и обозначения.

Необходимые **спецификации** (таблицы, перечни объектов), которые всегда присутствуют на листах, также формируются **автоматически** по заданным правилам: площади помещений с любой группировкой и сортировкой, количество окон и дверей, их размеры, тоннаж стали.

Также в BIM есть встроенные **инструменты проверки** качества проекта. Например, если инженерные сети не попадут в отведенные для них отверстия, программа предупредит об этом.

Благодаря таким возможностям технология не только ускоряет проектный процесс, но и избавляет от ошибок. А это повышает качество зданий, сокращает стоимость и сроки строительства.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Что такое Национальная технологическая инициатива (НТИ)?
2. Опишите сущность и составляющие Национальной технологической инициативы (НТИ).
3. В чем состоит сущность **Big Data**?
4. Что такое технология BIM?

### **Литература (1,2,4,6,14,15).**

**Тема 4. Цифровизация промышленности. Индустрия 4.0.** Актуальные тренды Индустрии 4.0. Принципы внедрения технологии Индустрия 4.0.: Мировые тренды в развитии цифровой промышленности. Национальная технологическая инициатива (НТИ). Рынки НТИ.» безопасность, технологии, организация. Ключевые технологии. ТОП-10 передовых технологий. Потенциальная выгода от внедрения технологий. Экономический эффект. Влияние передовых технологий на мировую экономику Потенциальный вклад цифровизации в экономику России.

### **Дополнительный материал для изучения темы**

#### **СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

##### **Платформенная концепция**

Цифровая платформа – это новая, лишь для цифровой экономики характерная бизнес-модель, суть которой заключается в предоставлении бизнесам и населению специфической услуги по координации деятельности различных участников рынка.

Платформа предоставляет участникам ряд удобств, автоматически формирует рейтинги доверия между ними, а главное – позволяет продавцам и покупателям товара/услуги быстро найти друг друга, быстро заключить сделку и произвести расчеты.

Функционирование платформ ускоряет и удешевляет процессы производства и обмена, устраняет из них лишние посреднические звенья, резко повышает эффективность рынков и производительность труда.

При этом многие платформы могут обслуживать участников сделок без каких-либо географических ограничений, практически по всей планете. Примерами цифровых платформ являются Uber, Airbnb, Amazon, Alibaba и многие другие.

Сегодня различные цифровые платформы объединяются во взаимосвязанные, основанные на обмене данными «экосистемы». На повестке дня – создание и запуск цифровых платформ нового поколения, охватывающих огромное количество разных рынков и предприятий.

Если платформенная концепция разрабатывалась и реализовывалась преимущественно в сегменте торговли и логистики, то в промышленности драйвером цифрового развития является концепция «Индустрия 4.0» и «умная фабрика» как технологическое ядро «Индустрии 4.0».

Умная фабрика:

- Все звенья «умной фабрики» предельно автоматизированы
- Удельный вес и значимость НИОКР при выпуске серийной продукции приближается к значимости НИОКР для сложных технических изделий по индивидуальным заказам
- Производство-трансформер, производственные линии которого способны быстро обновляться и перестраиваться. Все звенья и подсистемы управляются автономной системой благодаря промышленному интернету вещей
- На всех этапах жизненного цикла изделия функциональные звенья «умной фабрики» работают как единое взаимосвязанное целое, регулируемое потоками обратных связей в режиме онлайн
- Объектом управления становится весь жизненный цикл изделия (PLM-управление), включая интеграцию с логистикой, сервисными центрами и получение обратной связи.

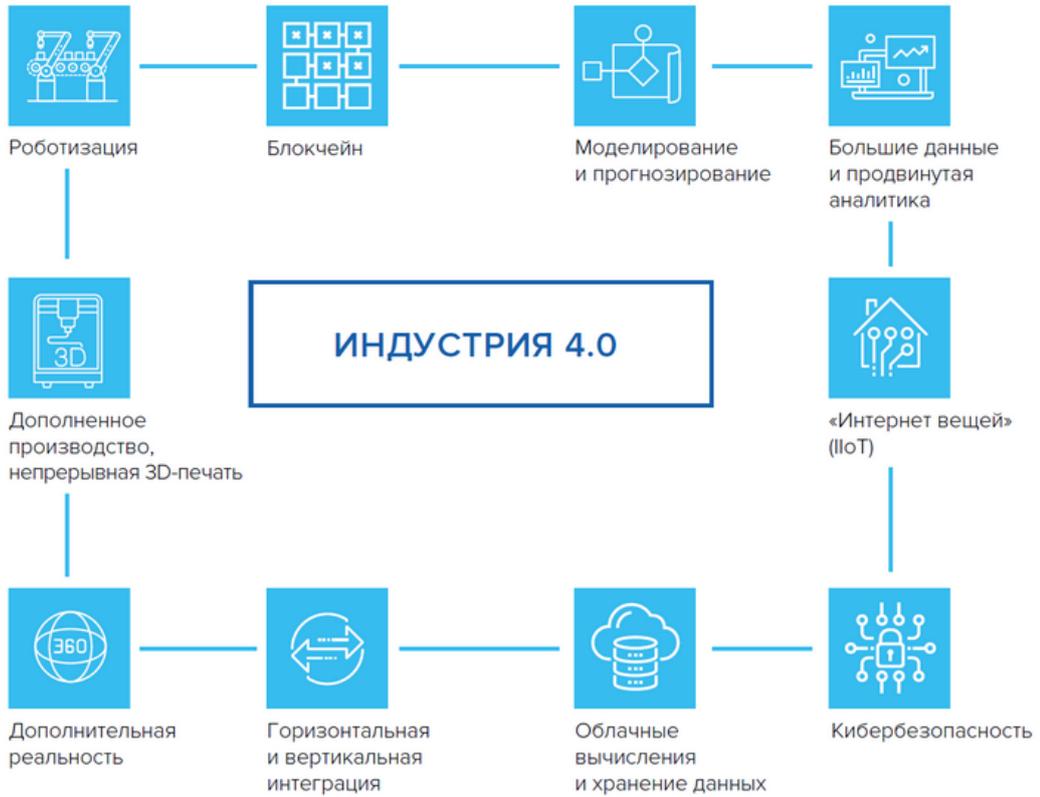


Рис. 4. Индустрия 4.0 и Умная фабрика



Рис. 5. Концепция «Киберфизической системы»

Близка по смыслу к «умной фабрике» технологическая концепция «киберфизической системы», понимаемой как единый комплекс вычислительных ресурсов и физических процессов.

К киберфизическим системам относятся датчики, оборудование и информационные системы, охватывающие как отдельные предприятия, так и комплексы предприятий, реализующих последовательные переделы в цепочках создания стоимости.

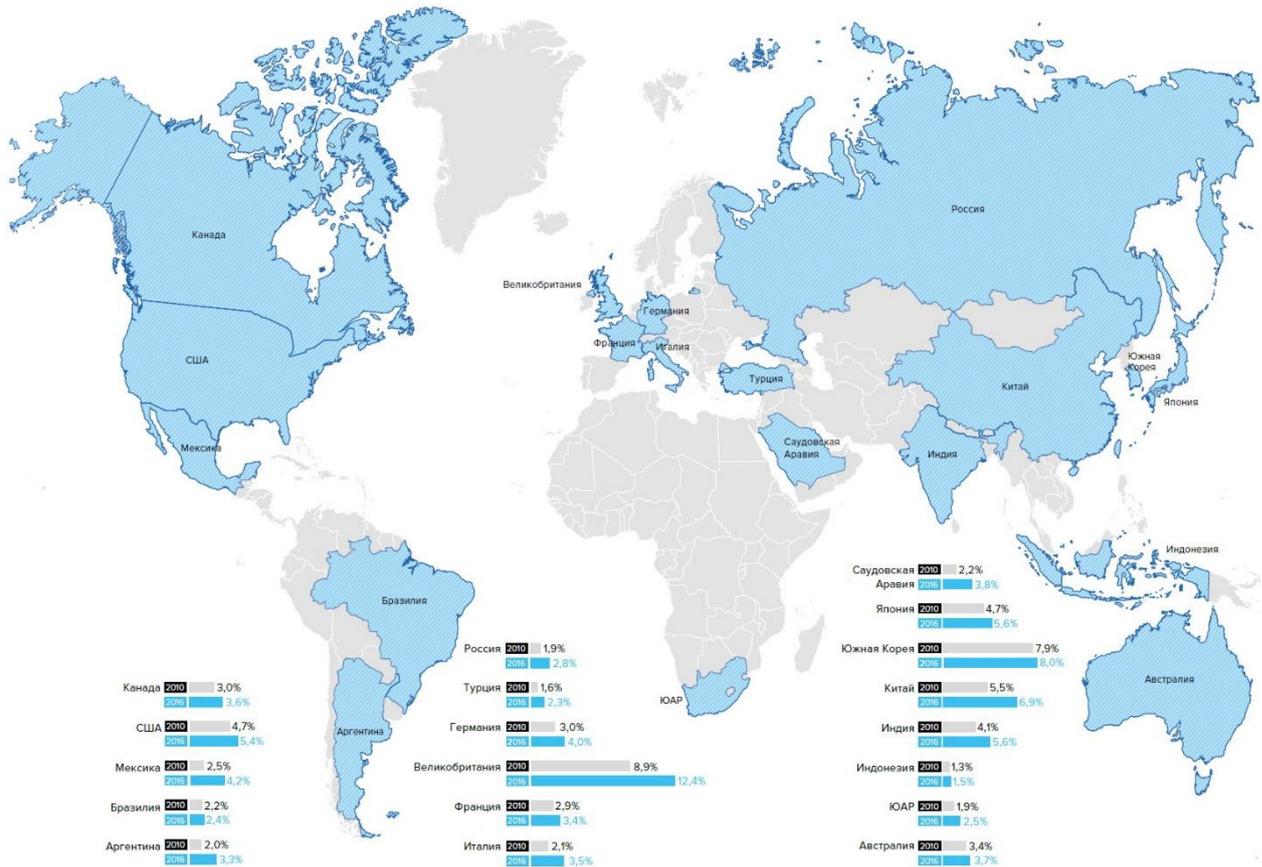


Рис.6. Главные цифровые экономики мира

Доля цифровой экономики в ВВП развитых стран с 2010 по 2016 год выросла с 4,3 % до 5,5%, а в ВВП развивающихся стран – с 3,6 % до 4,9%. В странах «большой двадцатки» этот показатель вырос за пять лет с 4,1 % до 5,3 %. Мировым лидером по доле цифровой экономики в ВВП является Великобритания – 12,4 %\*.

Согласно данным исследования аналитиков International Data Corporation, опубликованного в 2016 году, общие мировые затраты на технологии цифровой трансформации будут ежегодно расти на 16,8 % и достигнут к 2019 году 2,1 трлн долларов США.

По прогнозам консалтинговой компании Accenture, использование цифровых технологий должно добавить в 2020 году 1,36 трлн долларов США, или 2,3% ВВП в общем

объеме ВВП десятки ведущих мировых экономик. ВВП развитых стран подрастет за счет «цифровой экономики» на 1,8 %, а ВВП развивающихся стран – на 3,4 %.

**Таблица 1**

**Рост доли цифровой экономики в ВВП стран G20 с 2010 по 2016 год (Доля цифровой экономики в ВВП)**

Страна	2010	2016
Великобритания	8,3 %	12,4 %
Южная Корея	7,3 %	8,0 %
Китай	5,5 %	6,9 %
Индия	4,1 %	5,6 %

***Вопросы для самопроверки***

1. Как обеспечивается экономический рост на основе цифровизации промышленности?
2. Что такое цифровая экономика?
3. В чем суть программы Индустрия 4.0?

**Литература (1,2).**

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная литература*

1. Прохоров А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. / А. Прохоров, Л. Коник. – Litres, 2019.
2. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил.
3. The digital twin of the economy: proposed tool for policy design and evaluation Patrick Pobuda [University of Münster, Germany, Real-world economics review, issue no. 94, 2020 <https://rwer.wordpress.com/comments-on-rwer-issue-no-94/>
4. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства Н.В. Курганова, М.А. Филин, Д.С. Черняев, А.Г. Шаклеин, Д.Е. Намиот International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 7, no.5, 2019
5. Цифровая экономика: 2021 : краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, Ц75 К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 124 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-2345-2
6. Вичугова А. Цифровизация производства и цифровые двойники: объединяем PLM, IoT и Big Data [Электронный ресурс] / А. Вичугова // Bigdataschool. – 2020. – URL: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/digital-twin-plm-iot-big-data.html>

### *Дополнительная литература*

7. Боровков А.И., Рябов Ю.А. Цифровые двойники: определение, подходы и методы разработки // Цифровая трансформация экономики и промышленности: сборник трудов научно-практической конференции, 20–22 июня 2019 г. / под ред. А.В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – С. 234–245. – URL: [http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/06\\_june/24/INPROM\\_Cifrovye\\_dvoyniki.pdf](http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/06_june/24/INPROM_Cifrovye_dvoyniki.pdf)
8. Алексей Боровков о бионическом дизайне (лекция в рамках совместного проекта ПостНауки и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого). – URL: <https://youtu.be/0VilU-O0VY>
9. А.И. Боровков «Как бионический дизайн меняет производство» (лекция в рамках «Открытого университета»). – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Q8Em3G-UCHQ>
10. Боровков А.И., Бурдаков С.Ф., Клявин О.И., Мельникова М.П., Михайлов А.А., Немов А.С., Пальмов В.А., Силина Е.Н. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с. – URL: [http://fea.ru/spaw2/uploads/files/2012\\_Книги\\_СИО\\_и\\_КИ/2013\\_0101\\_НИУ](http://fea.ru/spaw2/uploads/files/2012_Книги_СИО_и_КИ/2013_0101_НИУ)
11. Учебное пособие «Компьютерный инжиниринг» [Электронный ресурс] Центр компьютерного инжиниринга – электронный документ – URL: <http://fea.ru/article/uchebnoe-posobie-kompyuternyj-inzhiniring>
12. Цифровая платформа CML-Bench™ разработки цифровых двойников и система управления деятельностью в области компьютерного инжиниринга. – URL: <http://fea.ru/article/cml-bench>.

13. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК / А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин, В. М. Марусева, В. Ю. Кулемин // Оборонная техника. – 2018. – № 1. – С. 6–33. – URL: <http://assets.fea.ru/>

14. Анналин, Ын. Теоретический минимум по Big Data. Всё что нужно знать о больших данных. / Ын Анналин, Су Кеннет. – СПб, «Питер». – 2019. – 208 с.

15. Что такое BIM технологии? // Autodesk. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/solutions/bim>