

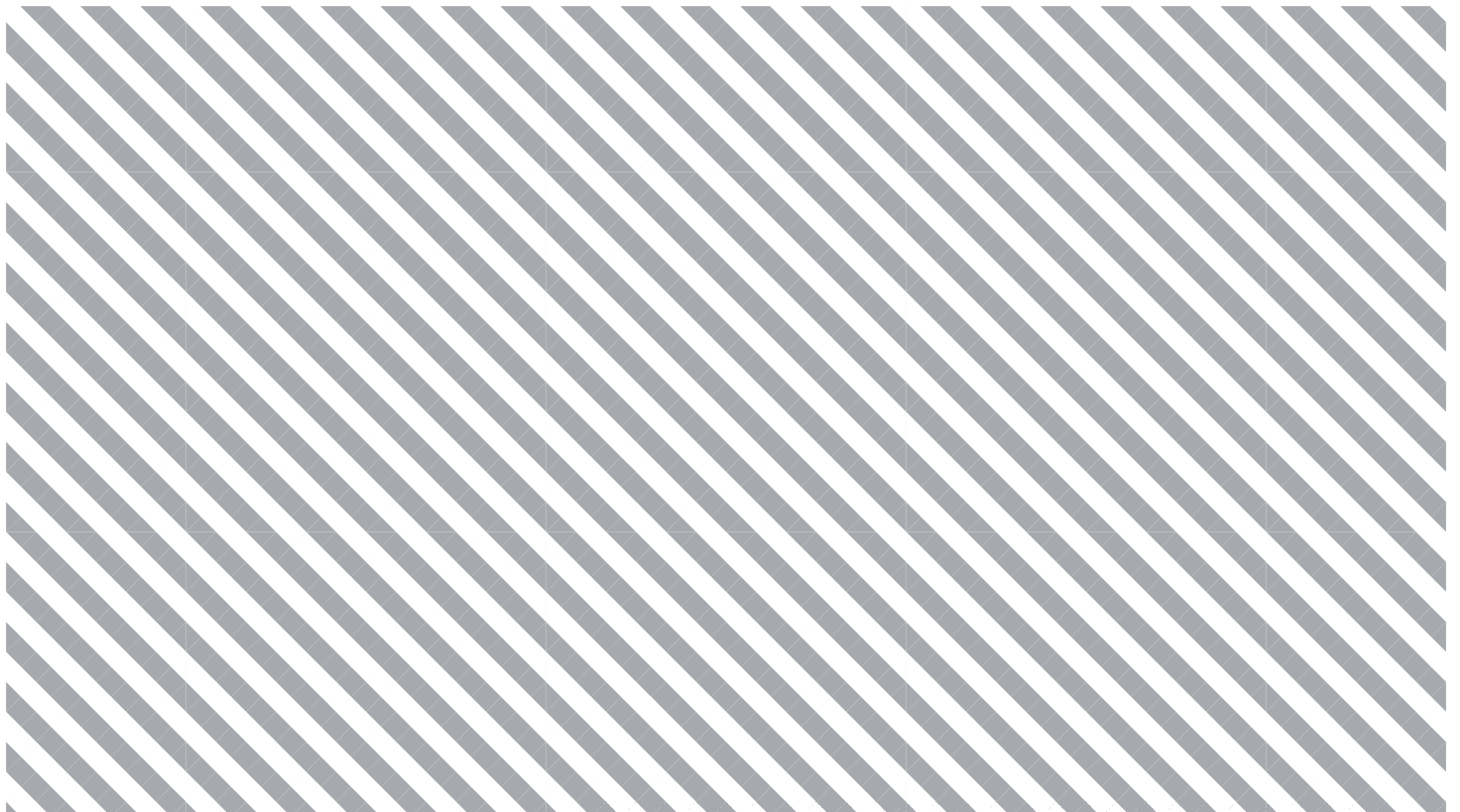
Информационный документ

# Четвертая промышленная революция

## Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций

Материал подготовлен совместно с McKinsey & Company

Январь 2019 г.



Всемирный экономический форум  
91–93 route de la Capite  
CH-1223 Cologny/Geneva  
Швейцария  
Телефон: +41 22 869 1212  
Факс: +41 22 786 2744  
Электронная почта: [contact@weforum.org](mailto:contact@weforum.org)  
[www.weforum.org](http://www.weforum.org)

© Всемирный экономический форум, 2019. Все права защищены. Запрещается воспроизведение или передача каких-либо частей этой публикации в любом виде и с использованием любых средств, включая фотокопирование и запись, равно как и использование в системах хранения и поиска информации.

Настоящий информационный документ опубликован Всемирным экономическим форумом в рамках реализации проекта, направления исследований или совместной программы. Выводы, толкования и заключения, изложенные в настоящем документе, получены в результате совместной работы, выполненной при содействии и поддержке Всемирного экономического форума, однако они не обязательно отражают точку зрения ВЭФ, равно как и всех его членов, партнеров и других заинтересованных сторон.

# Содержание

Вступительное слово	5
Краткое изложение	7
<b>1. «Маяки» — предприятия, успешно использующие глобальные тенденции четвертой промышленной революции</b>	<b>9</b>
Огни на горизонте: «пионеры» четвертой промышленной революции делают резкий рывок	9
<b>2. Обзор глобальной сети «маяков»</b>	<b>11</b>
<b>3. «Маяки»: характерные черты, отличительные особенности и факторы успеха</b>	<b>17</b>
Характерные черты «маяков»	17
Развитие человеческого капитала	17
Лидирующее положение в отрасли и ведущая роль в формировании стандартов	17
Открытые инновации и сотрудничество	17
Крупный и малый бизнес	18
Предприятия развитых и развивающихся стран	18
Значительный эффект при минимальной модернизации оборудования	19
<b>4. Как «маяки» добиваются широкомасштабного эффекта?</b>	<b>20</b>
Подход к масштабированию: два пути	20
Факторы создания стоимости для достижения широкомасштабного эффекта	21
Вспомогательные средства масштабирования	21
«Маяки» сегодня	22
Три инструмента, позволяющие широко внедрить технологии четвертой промышленной революции на производстве и преодолеть «болото пилотных проектов»	22
<b>5. Успешное широкое внедрение: подробное описание опыта двух «маяков»</b>	<b>24</b>
Procter & Gamble — Rakona (Раковник, Чехия): эффективность затрат как фактор роста	24
История предприятия	24
Всеобъемлющее видение	24
Пять основных сценариев использования	25
Достижения, результаты и перспективы	26
Rold (Черро-Маджоре, Италия): внедрение технологий и подходов «Индустрии 4.0» в условиях МСБ	27
«До и после»: разительные перемены	27
Важнейшие вспомогательные факторы	27
Пять основных сценариев использования	28
Достижения, результаты и перспективы	28
<b>6. Призыв к действию</b>	<b>29</b>
Почему нужно что-то делать?	29
Четвертая промышленная революция сыграет решающую роль в возобновлении роста производительности	29
Мир под давлением	29
С четвертой промышленной революцией связаны многогранные перспективы и задачи	29
Что нужно предпринять?	29
Не замена оператора, а расширение его возможностей	30
Инвестиции в развитие навыков и непрерывное обучение	30
Распространение технологий во всех регионах и участие МСБ	30
Кибербезопасность на защите организаций и общества	30
Сотрудничество через открытые платформы четвертой промышленной революции и аккуратное обращение с данными	30
Решение проблемы изменения климата с помощью технологий четвертой промышленной революции	30
Кто должен действовать?	31

Организации с «маяком»	31
Организации без «маяка»	31
Поставщики технологий, стартапы и университеты	31
Возможность создать новую глобальную платформу управления знаниями для четвертой промышленной революции	31
<b>Приложение. Внутри «маяков»: собственная точка зрения предприятий</b>	<b>32</b>
<b>1. Факторы создания стоимости</b>	<b>32</b>
Принятие решений на основе анализа больших данных	32
Bosch Automotive (Уси, Китай)	32
Кристоф Шапделен (Christophe Chapdelaine), старший вице-президент по производству и управлению качеством, Bosch Automotive Diesel Systems (Уси)	33
Бабур Озден (Babur Ozden), основатель и генеральный директор, Maana	33
Демократизированные технологии на производстве	34
Натан Линдер (Natan Linder), генеральный директор и соучредитель, Tulip Interfaces	34
Мэлони Уайз (Melonee Wise), генеральный директор, Fetch Robotics	35
Работа согласно принципам Agile	35
Fast Radius (Чикаго, США)	35
Лу Расса (Lou Rasse), генеральный директор, Fast Radius	35
Bosch Automotive (Уси, Китай)	36
Минимальные дополнительные затраты на добавление новых сценариев использования	36
Производственная площадка Microsoft (Сучжоу, Китай)	36
Даррен Койл (Darren Coil), директор по бизнес-стратегии, Microsoft	37
Мэлони Уайз (Melonee Wise), генеральный директор, Fetch Robotics	37
Новые бизнес-модели	37
Европейский производитель бытовой электроники (название компании не разглашается)	37
<b>2. Вспомогательные средства масштабирования</b>	<b>39</b>
Стратегия и бизнес-обоснование для технологий четвертой промышленной революции	39
BMW Group	39
Кристиан Патрон (Christian Patron), руководитель направления инноваций и цифровизации в производственной системе, и Марсель Айгнер (Marcel Eigner), специалист по стратегии цифровизации производства и использованию интеллектуальной аналитики в производственной системе, BMW Group	39
Архитектура интернета вещей, рассчитанная на масштабирование	40
Hewlett Packard Enterprise	40
Чен Линчевски (Chen Linchevski), соучредитель и генеральный директор, Precognize	41
Развитие навыков	41
Tata Steel (Эймёйден, Нидерланды)	41
Ханс Фишер (Hans Fischer), генеральный директор, Tata Steel Europe	42
Дайан Пива (Daiane Piva), консультант по вопросам энергоэффективности, Tata Steel	42
Вовлеченность персонала	42
Schneider Electric (Ле-Водрёй, Франция)	42
Лилиан Об (Lilian Aube), представитель профсоюза работников завода в Ле-Водрёй, Schneider Electric	43
Софи Гружье (Sophie Grugier), старший вице-президент по управлению глобальной сетью поставок, Schneider Electric	43
Авторы	44
Рабочая группа проекта	44
Ссылки	46

# Вступительное слово



**Хелена Лёрэн (Helena Leurent)**, руководитель системной программы Shaping the Future of Advanced Manufacturing and Production («Формирование будущего перспективных технологий и промышленного производства»), член исполнительного комитета, Всемирный экономический форум



**Энно де Бёр (Enno de Boer)**, партнер, руководитель международной экспертной группы по организации производства, McKinsey & Company, США

Яркий свет маяков, пронизывающий туман и тьму, издавна был спасением для мореходов. Маяки служили путеводными ориентирами для безопасного прохождения судов. На ежегодной встрече Всемирного экономического форума в 2018 г., прошедшей в Давосе и Клостерсе (Швейцария), лидеры государственных и частных организаций приняли решение о широкомасштабном поиске производственных компаний различного профиля, которые находятся в авангарде внедрения инноваций четвертой промышленной революции. Благодаря единой платформе Всемирного экономического форума эти передовые предприятия, получившие название «маяков» четвертой промышленной революции, идут по пути накопления уникального опыта для совершенствования производственной среды.

В промышленном производстве на протяжении десятилетия производительность не росла, а спрос был сильно фрагментирован, в связи с чем давно назрела потребность в инновациях. Организации, которым удалось преодолеть пилотный этап внедрения инноваций «Индустрии 4.0» и масштабировать решения, получили беспрецедентный прирост эффективности при минимальном сокращении персонала. Однако многие компании, по-видимому, прочно застряли в «болоте пилотных проектов». Широкомасштабное повсеместное внедрение технологий четвертой промышленной революции, для которого требуются совместные усилия коммерческих компаний и государства, ускорит рост благосостояния, от чего выиграет все общество.

Четвертая промышленная революция в производстве остается одним из приоритетных вопросов для многих руководителей частных и государственных организаций. Под ее влиянием происходят радикальные изменения в цепочках создания стоимости, отраслях и бизнес-моделях. Поскольку в промышленном производстве сосредоточена третья часть общей экономической стоимости интернета вещей<sup>1</sup>, «центр тяжести» разворачивающейся революции приходится именно на промышленные предприятия. В промышленном производстве создается лишь 16% мирового ВВП<sup>2</sup>, но при этом на обрабатывающие отрасли приходится 64% всех затрат на исследования и разработку<sup>3</sup>. Однако без надлежащего управления изменениями может возникнуть опасность вытеснения человеческого труда. Для изучения возможных неочевидных последствий и эффективного управления процессом преобразований необходимо более тесное сотрудничество заинтересованных сторон.

«Маяки» представляют собой реальный пример цифрового производства и «Глобализации 4.0»; также у них проявляются все характерные черты, ассоциируемые с четвертой промышленной революцией. Кроме того, они подтверждают гипотезу о дополнительных возможностях получения экономического эффекта, связанных с улучшениями по всему спектру факторов создания стоимости в промышленности — производительности и эффективности использования ресурсов, гибкости и оперативности, скорости вывода продукции на рынок и индивидуализации в соответствии с потребностями клиентов. Экономический эффект обеспечивается за счет преобразования существующих производственных систем, инноваций в цепочках создания стоимости и создания новых бизнес-моделей, обладающих прорывным потенциалом для существующего бизнеса.

Примеры «маяков» подчеркивают глобальный характер современного производства. Например, в сети «маяков» есть заводы немецкой фирмы в Китае и предприятие в Ирландии, принадлежащее американской компании. Это говорит о том, что инновации одинаково актуальны во всех регионах и для всех секторов — для получения сырьевых и основных промышленных материалов, для перерабатывающей промышленности и для специализированного высокотехнологичного производства. Кроме того, это доказывает, что радикальные изменения в результате внедрения инноваций четвертой промышленной революции доступны компаниям любого масштаба, от всемирно известных «голубых фишек» до небольших местных предприятий, на которых работает менее 100 человек.

«Маяки» высоко ценят сотрудничество и ежегодно открывают свои двери тысячам посетителей, признавая, что преимущества культуры сотрудничества намного весомее возможных конкурентных угроз. Их пример может стать источником вдохновения в различных областях, таких как разработка стратегии, повышение квалификации персонала, сотрудничество в сообществе «Индустрии 4.0», управление преобразованиями на производстве или по всей цепочке создания стоимости. «Маяки» различаются по размеру, работают в разных отраслях и находятся в разных регионах, но у них есть девять общих отличительных характеристик. В этом документе рассматриваются выводы, полученные в результате анализа этих характеристик, и содержится призыв к действию, обращенный к лидерам бизнеса и главам государств. Мы рекомендуем государственным организациям, университетам, поставщикам технологий и коммерческим компаниям воспользоваться возможностями этой уникальной сети, чтобы лучше разобраться в новых технологиях и ускорить их широкое распространение.

Четвертая промышленная революция в производстве представляет собой новый фактор экономического роста, с которым связаны ранее не существовавшие возможности обучения и принятия ценностей. Внедрение технологий в соответствии с всеобъемлющим видением, направленным на улучшение окружающего мира, поможет укрепить мировую экономику и сделать нашу планету чище.

# Краткое изложение

Многие компании пытаются внедрить технологии четвертой промышленной революции в производство, но мало кому удастся сделать это в масштабах, позволяющих добиться существенного финансово-экономического эффекта. В рамках совместного проекта Всемирного экономического форума и McKinsey & Company проведен анализ, охвативший более тысячи ведущих производственных компаний. По итогам последующего взаимодействия эксперты посетили передовые производственные объекты и выделили группу предприятий — настоящих «маяков» четвертой промышленной революции, которые служат ориентиром для других.

Эта группа промышленных предприятий представляет собой авангард широкого внедрения новых технологий. «Маяки» служат ориентирами для всего мира и показывают примеры подходов к производству, которые могут послужить основой для роста мировой экономики в будущем. Они демонстрируют, как дальновидное использование технологий позволяет сделать мир лучше и чище за счет выхода на новый уровень эффективности промышленного производства. Также на их примере становится понятно, как меняется характер работы на производстве в результате широкого внедрения технологий «Индустрии 4.0», которое сопровождается вовлечением персонала и повышением квалификации при минимальном вытеснении человеческого труда.

Основные направления трансформации производства определяются тремя глобальными технологическими тенденциями: сетевая интеграция, интеллектуализация и гибкая автоматизация. Передовые предприятия, которым удалось успешно использовать эти тенденции, выходят на новый уровень эффективности. Эти «маяки» уже перешли от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкой интеграции и тем самым вырвались из «болота пилотных проектов», в котором до сих пор находятся многие организации.

«Маяки» служат реальным примером, который развеивает распространенные заблуждения и ошибочные представления, препятствующие широкому внедрению инновационных технологий. Их опыт проливает свет на характерные черты, отличительные особенности и факторы успеха, необходимые для оптимального масштабирования.

— «Маяки» обеспечивают развитие человеческого капитала. Вместо того чтобы заменять операторов машинами, они преобразуют работу, делая ее менее рутинной и более интересной, разнообразной и продуктивной.

— «Маяки» — лидеры отрасли, определяющие новые стандарты. Они выходят за рамки программ непрерывного совершенствования, десятилетиями господствовавших на предприятиях, и вносят радикальные изменения, задавая новый уровень результатов.

— Они открыты инновациям и ориентированы на сотрудничество. Они применяют трехстороннюю схему внедрения инноваций, предполагающую сотрудничество частного, государственного и общественного секторов, включая научные организации.

— Среди «маяков» есть представители как крупного, так и малого бизнеса. Инновации четвертой промышленной революции доступны не только крупным организациям, но и предприятиям малого и среднего бизнеса.

— «Маяки» есть и в развитых, и в развивающихся странах. Применение технологий «Индустрии 4.0» на производстве целесообразно даже в условиях низких затрат на рабочую силу.

— «Маяки» добиваются значительного эффекта при минимальной модернизации оборудования. Большинство «маяков» появилось в результате преобразования существующих предприятий. Оптимизация имеющейся инфраструктуры и выборочное внедрение нового оборудования позволяют реализовать многие преимущества.

«Маяки» используют разные способы достижения результатов в широком масштабе. Мы выделили два основных «пути масштабирования», которых обычно придерживаются ведущие предприятия. Эти пути не исключают друг друга, компания может использовать оба как взаимодополняющие.

- Инновационная производственная система: усиление конкурентного преимущества путем совершенствования операционной деятельности.
- Сквозные инновации по всей цепочке создания стоимости: создание новых направлений бизнеса путем изменения экономической модели.

«Маяки» используют пять факторов создания стоимости, позволяющих получать широкомасштабный эффект от применения технологий четвертой промышленной революции. Они демонстрируют четыре специфических навыка, которые выступают в качестве вспомогательных средств масштабирования. В приложении в качестве иллюстрации этих факторов и вспомогательных средств представлены собственные соображения «маяков».

Факторы создания стоимости:

- принятие решений на основе анализа больших данных;
- демократизированные технологии на производстве;
- работа согласно принципам Agile;
- минимальные дополнительные затраты на добавление новых сценариев использования;
- новые бизнес-модели.

Вспомогательные средства масштабирования:

- стратегия и бизнес-обоснование для технологий четвертой промышленной революции;
- архитектура интернета вещей, рассчитанная на масштабирование;
- развитие навыков;
- вовлечение персонала.

Помимо соображений, представленных в приложении, в настоящем документе содержится подробное описание опыта двух «маяков» — компаний разного размера. Первый пример — завод Rakona, принадлежащий Procter & Gamble, — иллюстрирует опыт крупной международной компании. Во втором примере говорится о фабрике небольшой итальянской компании Rold в городе Черро-Маджоре. Из историй преобразований этих предприятий можно почерпнуть ценную информацию, которая поможет составить представление о трансформации производственной среды в целом.

Всемирный экономический форум призывает к действиям, направленным на возобновление роста производительности и решение общемировых проблем, таких как изменение климата, дефицит ресурсов и старение рабочей силы. Форум предлагает комплекс из шести принципов, следование которым позволит получить максимальную пользу для общества в результате четвертой промышленной революции.

- Не замена оператора, а расширение его возможностей.
- Инвестиции в развитие навыков и непрерывное обучение.
- Распространение технологий во всех регионах и участие малого и среднего бизнеса.
- Кибербезопасность на защите организаций и общества.
- Сотрудничество через открытые платформы четвертой промышленной революции и аккуратное обращение с данными.
- Решение проблемы изменения климата с помощью технологий «Индустрии 4.0».

Ответственность за принятие мер лежит как на государственном, так и на частном секторе, и Форум призывает их обратиться к сети «маяков», чтобы подключиться к уникальному процессу приобретения новых знаний и опыта. Ориентируясь на результаты и примеры сети «маяков», компании и государства смогут раскрыть огромный потенциал четвертой промышленной революции в производстве. Эти знания и технологии в сочетании со стремлением к защите окружающей среды и социальной ответственностью будут способствовать дальнейшему экономическому росту и движению к процветанию всего общества.



# 1. «Маяки» — предприятия, успешно использующие глобальные тенденции четвертой промышленной революции

## Огни на горизонте: «пионеры» четвертой промышленной революции делают резкий рывок

Основные направления трансформации производства в период четвертой промышленной революции определяются тремя глобальными технологическими тенденциями: сетевая интеграция, интеллектуальные технологии и гибкая автоматизация (схема 1). «Маякам» удалось успешно использовать эти тенденции и достичь убедительных результатов.

С широким внедрением технологий четвертой промышленной революции деятельность компаний может кардинально измениться, и тщательный анализ одной из трех глобальных тенденций показывает, насколько мощным может быть этот эффект. Например, в исследовании Глобального института McKinsey отмечается значительный ожидаемый разрыв между компаниями, освоившими и внедрившими технологии искусственного интеллекта (ИИ) в течение первых 5–7 лет, и прочими организациями — относящимися ко «второй волне» и отстающими. Согласно данным этого исследования, «пионеры» освоения технологий ИИ могут рассчитывать на совокупный прирост денежного потока в размере 122%, тогда как «последователям» придется довольствоваться намного меньшим эффектом — на уровне 10% (схема 2). Это показывает, насколько важно быстро осваивать технологии: компании, которые вовремя не отреагируют на сформировавшиеся тенденции, рискуют упустить значительную часть преимуществ, а руководители компаний, которые первыми приступают к внедрению, не дожидаясь удешевления технологий и снижения затрат на модернизацию, получают наибольший выигрыш. Таким образом, важнейший фактор связан с конкурентным преимуществом первопроходцев,

Схема 1. Важнейшие глобальные технологические тенденции, влияющие на промышленное производство



которое оказывается намного более существенным в сравнении с дополнительными затратами на модернизацию и капитальными расходами, связанными с освоением новых технологий<sup>4</sup>.

## Выявление «маяков»

«Маяки» четвертой промышленной революции — это предприятия, которые широко внедрили пилотные схемы новых технологий и интегрировали их в производство, благодаря чему получают значительные финансовые и операционные преимущества. Чтобы предприятие считалось «маяком», оно должно соответствовать высоким стандартам в четырех областях: получение значительного эффекта; успешная интеграция нескольких сценариев использования\*; наличие масштабируемой технологической платформы; высокий уровень развития важнейших вспомогательных факторов, таких как управление изменениями, развитие навыков и сотрудничество в рамках сообщества «Индустрия 4.0».

Для выявления «маяков» мы собрали подробную информацию более чем о тысяче ведущих производителей во всех отраслях и регионах. Мы связались более чем со 150 лидерами сообщества и получили заявки от множества передовых предприятий, которые претендовали на то, чтобы войти в число «маяков». По итогам посещения предприятий мы подготовили выводы, которые впоследствии представили экспертному совету по четвертой промышленной революции, включающему представителей частных организаций, университетов и передовых технологических компаний. Совет выбрал 16 «маяков» и признал их самыми передовыми производственными предприятиями. В их число вошли промышленные объекты Bayer, BMW, Bosch, Danfoss, Fast Radius и UPS, Foxconn, Haier, Johnson & Johnson, Phoenix Contact, Procter & Gamble,

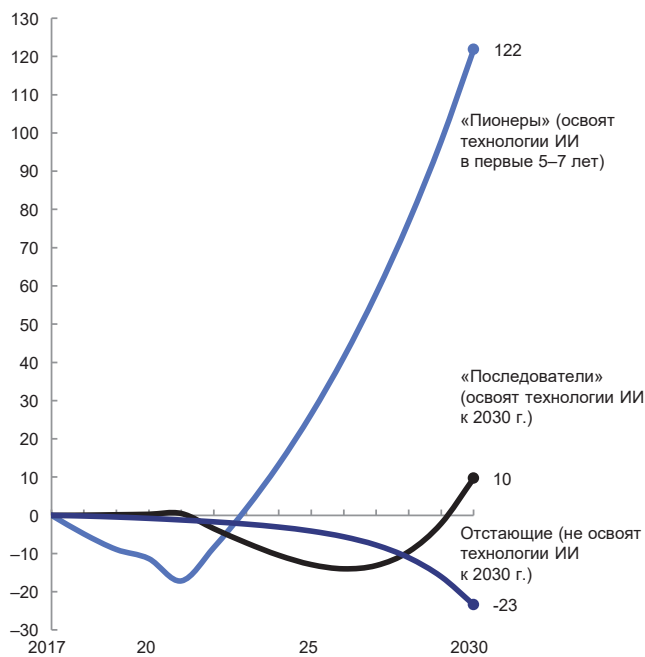
\* Сценарий использования — применение одной или нескольких технологий четвертой промышленной революции в условиях реального производства для решения задач бизнеса.

Rold, Sandvik Coromant, Saudi Aramco, Schneider Electric, Siemens и Tata Steel (схема 3). Многие препятствия на пути четвертой промышленной революции связаны с заблуждениями и недопониманием. Чтобы оценить, насколько разные организации готовы к ней, необходимо развеять эти заблуждения. Под руководством дальновидных лидеров компании любого размера могут отправиться по пути внедрения

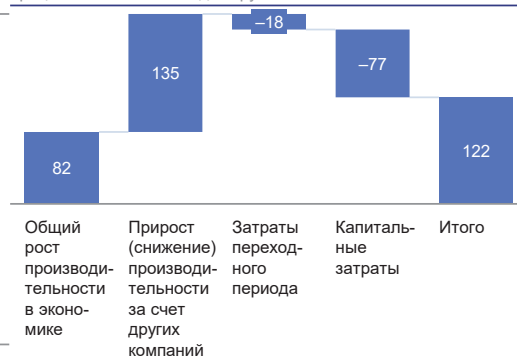
инноваций, чтобы реализовать потенциал цифровых преобразований. Анализ «маяков», выполненный экспертами ВЭФ, дал ценные выводы, позволившие проложить более надежный путь к широкому внедрению достижений четвертой промышленной революции. «Маяки» стали ориентирами, которые помогают производственным организациям преодолеть затруднения и действовать более четко.

Схема 2. Экономический выигрыш от внедрения ИИ для «пионеров», «последователей» и «отстающих»

Относительная динамика денежных потоков в различных группах компаний, внедряющих технологии ИИ, совокупное процентное изменение для каждой группы



Структура показателей лидеров, процентное изменение для группы



Структура показателей отстающих компаний, процентное изменение для группы



С ростом значимости данных и развитием сетевой интеграции меняется динамика внедрения технологий: становится невыгодно ждать, когда технологии станут дешевле и совершеннее, потому что главные преимущества достаются «пионерам»

Примечание: представленные значения получены в результате моделирования и не являются прогнозом, а лишь показывают общую динамику  
Источник: анализ Глобального института McKinsey

Схема 3. Глобальная сеть предприятий-«маяков»



## 2. Обзор глобальной сети «маяков»



Предприятие	Описание
Фармацевтическое подразделение Bayer (Гарбаньяте, Италия)	Предприятие столкнулось с проблемой растущего спроса и нестабильности показателей ОЭО <sup>*</sup> ; внедрена программа преобразований, и обеспечена целенаправленная поддержка ее реализации
BMW (Регенсбург, Германия)	Высокоразвитое предприятие, построенное на принципах бережливого производства, поставило цель выйти на новый уровень благодаря внедрению цифровых технологий
Bosch Automotive (Уси, Китай)	Внедрено более 30 новых сценариев использования для удовлетворения спроса, выросшего на 200%
Danfoss (Тяньцзинь, Китай)	Предприятие использовало технологии «Индустрии 4.0» для повышения качества продукции и сокращения затрат с учетом ожиданий клиентов
Foxconn Industrial Internet (Шэньчжэнь, Китай)	Компания приняла решение о полной переориентировке бизнеса, то есть превращении из производителя электронного оборудования в поставщика промышленных интернет-технологий
Haier (Циндао, Китай)	Предприятие поставило цель провести преобразования посредством внедрения цифровых технологий на производстве в целях удовлетворения потребительского спроса и создания новой бизнес-модели
Johnson & Johnson DePuy Synthes (Корк, Ирландия)	На предприятии действует глобальный инновационный центр, который занимается инновациями в области материалов и технологий с использованием собственных научно-технических ресурсов
Phoenix Contact (Бад-Пирмонт и Бломберг, Германия)	Для удовлетворения растущих требований клиентов к индивидуализации решений предприятие внедрило комплекс новых сценариев использования цифровых технологий

Источник: предприятия-«маяки»

\*Общая эффективность оборудования

Пять основных сценариев использования	Результаты	Основные особенности		
Управление эффективностью с помощью цифровых технологий	↑ 35%	ОЭО	Реализована стратегическая программа, охватывающая всю группу и направленная на внедрение цифровых технологий в процессы взаимодействия с клиентами и внутренние операционные процессы, а также на создание новых бизнес-моделей	
Переналадка оборудования с использованием технологий смешанной реальности	↓ 30%	Время переналадки		
Углубленный анализ отклонений	↓ 80%	Отклонения		
Углубленный анализ поломок	↓ 50%	Поломки		
Комплексное планирование трудовых и материальных ресурсов	↑ 75%	Количество партий на ЭПС*	Разработана стратегия, направленная на повышение эффективности, перестройку образа мышления, упрощение доступа к информации, улучшение качества продукции, экономию затрат и повышение производительности	
Анализ данных и диагностическое ТО	↓ 25%	Внеплановые простои оборудования		
Роботизация складской логистики	↓ 35%	Затраты на логистику		
Управление ТОиР и организация поддержки с использованием интеллектуальных технологий	↓ 5%	Переделка		
Автоматизация и коллаборативная робототехника	↑ 5%	Эффективность процесса сборки		
Мониторинг состояния оборудования с использованием технологий интернета вещей	↑ более 90%	Контрольный показатель ОЭО		Проведены мероприятия по повышению эффективности операционной деятельности на основе анализа больших данных, полученных от объединенного в сеть производственного оборудования; организована проверка концепций на основе методики Agile для быстрого внедрения новых разработок в производство
Управление запасами с использованием цифровых технологий	↓ более 10%	Общий уровень запасов		
Цифровые карты потоков создания стоимости	↑ 15%	Удельная производительность		
Управление жизненным циклом оборудования с использованием цифровых технологий	↓ более 10%	Инструментальные запасы		
Обработка кадровой информации и учет отработанных человеко-часов в режиме реального времени	↓ более 15%	Потери производительности		
Информационная поддержка операторов с использованием цифровых технологий	↓ 50%	Стоимость производственных отходов		
Управление качеством с использованием технологий ИИ	↓ 57%	Претензии клиентов		
Контроль качества механической обработки в режиме реального времени	↓ 7%	Ускорение цикла механической обработки		
Гибкая автоматизация процесса сборки	↑ 30%	Производительность труда		
Цифровые технологии для исследований, разработки и проектирования	↓ более 40%	Сокращение цикла разработки		

Источник: предприятия «маяки»

\*Эквивалент полной ставки

Пять основных сценариев использования	Результаты	Основные особенности	
Сетевая интеграция производственного оборудования с использованием облачных технологий	↑ н/д	Прозрачность	Разработана четкая стратегия по принципу «сверху вниз», и создана специальная рабочая группа для реализации проекта, одна из приоритетных задач которого — развитие навыков
Полная автоматизация производства	↑ 31%	Удельная производительность в час	
Мониторинг и прогнозирование в режиме реального времени	↓ 60%	Непредвиденные поломки	
Автоматизация тестирования с использованием технологий искусственного интеллекта	↓ 50%	Ошибочная оценка	
Мониторинг состояния оборудования с использованием технологий интернета вещей	↑ в 25 раз	Срок службы оборудования	
Организация массового производства по индивидуальным заказам и внедрение системы онлайн-заказа в сегменте B2C*	↓ 33%	Время выполнения заказа	Создана новая бизнес-модель с каналом розничных продаж, позволяющим выбирать конфигурации и заказывать кондиционер онлайн
Оценка эффективности работы оператора в режиме реального времени	↑ 64%	Производительность труда	
Цифровая система управления качеством	↓ 21%	Количество брака на млн ед. продукции	Создано специализированное подразделение, которое используется в качестве собственной площадки для разработки и тестирования новых сценариев использования технологий «Индустрии 4.0»
Управление эффективностью производства с использованием цифровых технологий	↑ н/д	ОЭО	
Организация послепродажного обслуживания с использованием цифровых технологий	↓ 50%	Численность обслуживающего персонала	
Мониторинг эффективности использования критически важных активов в режиме реального времени	↑ 5%	Использование активов	
Аддитивное производство (3D-печать)	↓ 25%	Себестоимость реализованной продукции	
Автономная оптимизация процессов	↓ 10%	Брак	
Обучение и разработка с использованием технологий виртуальной реальности	↑ в 5 раз	Знание техники безопасности	
Коллаборативная робототехника	↑ 25%	Производительность труда	
Виртуальные копии физических активов	↑ н/д	Единичное производство с высокой степенью автоматизации	
Управление эффективностью производства с использованием цифровых технологий	↓ 30%	Время изготовления продукции	
ТОиР с использованием технологий смешанной реальности	↓ н/д	Время выполнения работ и количество ошибок	
Управление энергопотреблением зданий	↓ около 7,5%	Затраты на энергетические ресурсы	
Аддитивное производство (3D-печать)	↓ 60%	Время цикла	

Источник: предприятия-«маяки»

\*Потребительский сегмент



## Предприятие

**Procter & Gamble — Rakona**  
(Раковник, Чехия)

## Описание

Предприятие поставило задачу изменить ассортимент продукции и планирует продолжать работу в течение следующих 140 лет

**Rold (Черро-Маджоре, Италия)**

Предприятие внедрило концепцию цифрового производства для сохранения конкурентоспособности и увеличения объема выпускаемой продукции

**Sandvik Coromant (Гимо, Швеция)**

Предприятие внедрило цифровые технологии и интеллектуальные автоматизированные системы, позволяющие выпускать большие объемы продукции (режущих инструментов) по конкурентоспособной себестоимости при минимальных объемах партии

**Saudi Aramco (Утмания, Саудовская Аравия)**

Предприятие использует цифровые технологии для повышения эффективности, экологичности и безопасности деятельности

**Schneider Electric (Ле-Водрёй, Франция)**

Предприятие, которое существует уже 50 лет, осознало необходимость внедрения цифровых технологий, чтобы сохранить ценовую конкурентоспособность в течение следующих 50 лет

**Siemens Industrial Automation Products (Чэнду, Китай)**

Рост потребительского спроса обусловил необходимость цифровых преобразований для поддержания качества продукции

**Tata Steel (Эймёйден, Нидерланды)**

Проведены крупномасштабные преобразования на всех уровнях организации, включая комплекс мероприятий по внедрению цифровых технологий, в целях повышения показателя EBITDA\*

**Fast Radius и UPS (Чикаго, США)**

Создано новое предприятие для содействия внедрению бизнес-моделей, разрабатываемых на основе технологий «Индустрии 4.0»

Источник: предприятия-«маяки»

\*Прибыль до уплаты процентов, налогов и начисления износа и амортизации

Пять основных сценариев использования	Результаты	Основные особенности		
Контроль качества в процессе производства	↓ н/д	Брак	Один из основных элементов программы преобразований — освоение новых навыков, для чего на предприятии созданы специальные центры повышения квалификации персонала (Digital College и SMART Lab)	
Автоматическое изменение продукции на производственной линии	↓ 50%	Время переналадки		
Сквозная синхронизация цепочки поставок	↓ 35%	Запасы		
Цифровое целеполагание	↑ н/д	Надежность и ОЭО		
Аналитическое и имитационное моделирование	↓ н/д	Время тестирования		
Объединение систем аварийной сигнализации	↓ н/д	Время срабатывания сигнализации		Предприятие активно сотрудничает с вузами в рамках программ повышения квалификации, а также проводит специальные мероприятия для поддержания вовлеченности персонала
Цифровые панели показателей для мониторинга ОЭО	↑ 11%	ОЭО		
Учет КПЭ с использованием сенсорных технологий	↑ н/д	Прозрачность информации о состоянии оборудования		
Моделирование показателей затрат	↑ н/д	Правильность расчетов		
Аддитивное производство (3D-печать)	↓ н/д	Время вывода на рынок		
Параметрическое проектирование и изготовление	↑ 41%	Эффективность инженерно-конструкторских работ	Обеспечена высокая степень вовлеченности операторов в процесс разработки новых сценариев использования	
Цифровой поток производственного процесса	↑ 38%	Производительность операторов		
Платформа бизнес-аналитики	↑ н/д	Качество принимаемых решений		
Технологический контроль в режиме реального времени	↑ н/д	ОЭО		
Автономные средства контроля	↓ 5%	Опасные отходы		
Прогнозный анализ активов	↑ 2%	Энергоэффективность		
Управление эффективностью активов	↑ 3%	Надежность		
Носимые устройства для операторов	↑ 10%	Производительность труда		
Центр аналитики и исследований в области искусственного интеллекта	↓ 12%	Затраты на ТОиР		
Диагностическое ТО с использованием технологий промышленного интернета вещей	↑ 7%	ОЭО		С самого начала программы обеспечена вовлеченность персонала в процесс цифровых преобразований; для формирования видения будущего использованы технологии виртуальной реальности
ТОиР с использованием технологий смешанной реальности	↓ 20%	Время диагностики и ремонта		
Управление энергопотреблением с использованием технологий интернета вещей	↓ 10%	Затраты на энергетические ресурсы		
Цифровизация на основе принципов бережливого производства	↓ н/д	Время, затрачиваемое на анализ применения бережливых методов		
Интеллектуализация цепочки поставок с использованием автоматически управляемых транспортных средств	↓ 80%	Время, затрачиваемое на логистику		

Пять основных сценариев использования	Результаты	Основные особенности	
Управление эффективностью с помощью цифровых технологий	↓ 40%	Количество брака на млн ед. продукции	
Интеграция ERP*/MES**/PLM***	↑ 100%	Обеспечение качества при переналадке	
3D-моделирование производственной линии	↓ 20%	Время цикла	
Информационная поддержка операторов с использованием цифровых технологий	↓ 100%	Претензии заказчиков	
Автоматизация	↓ около 45%	Потери рабочего времени	
Распознавание изображений с использованием методов углубленной аналитики	↓ 50%	Потери в выходе продукции	Более 200 сотрудников всех уровней прошли обучение принципам анализа данных и работе с цифровыми инструментами в специализированном учебном центре
Отбор сырья с использованием методов углубленной аналитики	↓ н/д	Себестоимость сырья	
Оптимизация качества продукции с использованием методов углубленной аналитики	↓ 80%	Брак	
Прогнозирование качества сварных соединений	↓ 50%	Повторная сварка	
Планирование производства и сбыта с использованием технологий искусственного интеллекта	↓ 50%	Просрочка поставки	
Быстрая разработка прототипов с использованием технологий 3D-печати	↓ 89%	Время вывода на рынок	Применение методологии Agile упрощает внедрение новых сценариев использования и совершенствование продукции
Платформа углубленной аналитики	↑ 95%	Выход продукции, признанной годной с первого предъявления	
Виртуальные копии (сеть предприятия)	↓ н/д	Сроки и затраты	
Контроль качества с использованием технологий 3D-сканирования	↓ н/д	Численность персонала, необходимого для контроля качества	

Источник: предприятия-«маяки».

\*Планирование ресурсов предприятия; \*\*Система управления производством; \*\*\*Управление жизненным циклом продукта.



### 3. «Маяки»: характерные черты, отличительные особенности и факторы успеха

#### Характерные черты «маяков»

##### Развитие человеческого капитала

Вопреки опасениям относительно вытеснения живого труда из сферы производства, «маяки» не пытаются заменить рабочих роботами, внедряя технологии «Индустрии 4.0». Исследование McKinsey показывает, что менее 5% профессий можно полностью автоматизировать при современном уровне развития технологий, однако в 62% профессий есть не менее 30% автоматизируемых задач<sup>6</sup> (схема 4).

Следовательно, труд рабочих на производстве становится менее рутинным и более интересным, разнообразным и производительным. На всех этапах карьеры работники сталкиваются с новыми задачами и обязанностями, для которых требуется присущее человеку умение гибко принимать решения в меняющейся обстановке.

##### Лидирующее положение в отрасли и ведущая роль в формировании стандартов

Четвертая промышленная революция принципиально отличается от программ непрерывного совершенствования, десятилетиями господствовавших на производственных предприятиях. Предполагается не постепенное развитие, а качественный скачок с выходом на новые стандарты. Для преобразования операционной деятельности «маяки» обращаются

к различным сценариям использования, которые им предлагает «Индустрия 4.0». В среднем у каждого «маяка» есть 10–15 сценариев использования, находящихся на поздних этапах внедрения, и еще 10–15 — в процессе разработки. Таким образом, «маяки» задают новые отраслевые стандарты показателей операционной и финансовой эффективности, и некоторым из них удается двукратно превзойти собственные ожидания. Благодаря такому революционному подходу «маяки» радикально меняют методы работы и выходят на новый уровень эффективности, на котором они могут заняться ускоренными программами непрерывного совершенствования с использованием новых технологий и навыков четвертой промышленной революции (схема 5).

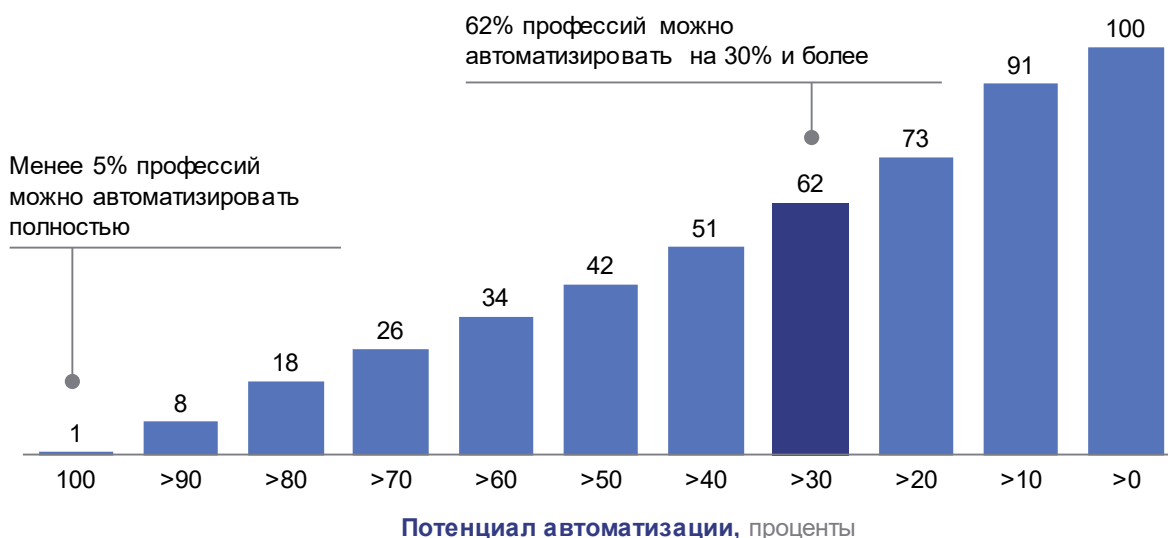
##### Открытые инновации и сотрудничество

Опыт «маяков» показывает, что по пути внедрения технологий четвертой промышленной революции не обязательно идти в одиночку — вам помогут ориентиры. «Маяки» являются частью инновационной среды, куда также входят высшие учебные заведения, стартапы и другие поставщики технологий. «Маяки» хорошо отработали процесс строгого отбора из тысяч поставщиков технологий — они сужают множество возможных вариантов до системы, в рамках которой они могут разрабатывать решения четвертой промышленной революции непосредственно на производстве.

Схема 4. Потенциал автоматизации задач, выполняемых вручную<sup>7</sup>

#### Доля профессий, проценты

100% = 820 профессий



Источник: McKinsey & Company

Схема 5. Влияние технологий и подходов четвертой промышленной революции на отдельные КПЭ предприятий-«маяков»



Источник: анализ предприятий-«маяков», выполненный Всемирным экономическим форумом и McKinsey & Company

С распространением цифровых технологий у компаний возникает обоснованное беспокойство в отношении проприетарных систем и других интеллектуальных активов. Однако «маяки» признают, что связанные с открытостью преимущества и возможности роста существенно более весомы, чем возможные конкурентные угрозы. Разработав надежные механизмы и правила в области кибербезопасности и защиты интеллектуальной собственности, они обеспечивают необходимый уровень защиты с сохранением возможностей сотрудничества. Их двери открыты не только для избранных партнеров — ежегодно они принимают тысячи посетителей.

### Крупный и малый бизнес

Интересно отметить, что инновационные технологии четвертой промышленной революции доступны не только крупным предприятиям, но и представителям малого и среднего бизнеса, которые могут добиться значительных результатов, используя практические

и не требующие больших инвестиций решения. Значимость участия МСБ в процессах четвертой промышленной революции проявляется в двух аспектах. Во-первых, это важно для государства. Основная часть рабочих мест относится именно к сектору МСБ — например, в большинстве стран ОЭСР он обеспечивает 60–70% рабочих мест<sup>8</sup>. Кроме того, МСБ играет существенную роль в цепочке поставок, и цифровизация этого сектора важна для оптимизации сетей поставок организаций любого масштаба.

### Предприятия развитых и развивающихся стран

Также очевидно, что область распространения технологий «Индустрии 4.0» не ограничивается развитыми странами. Китай — один из лидеров революции с большим количеством «маяков»; немало их и в странах Восточной Европы. Это говорит о том, что прочие финансовые и операционные преимущества важнее сокращения затрат на персонал.

### Значительный эффект при минимальной модернизации оборудования

Несмотря на распространенное мнение, что устаревшее оборудование и инфраструктура препятствуют инновациям четвертой промышленной революции, большинство «маяков» появились как раз в результате преобразования существующих предприятий.

Можно получить значительную долю преимуществ от технологий «Индустрии 4.0» за счет подключения существующих активов к сети, их оптимизации и выборочного внедрения нового оборудования. В отличие от первой и третьей промышленных революций, четвертая позволяет получить значительный эффект при сравнительно низких требованиях к модернизации оборудования (схема 6).

Схема 6. Требования к модернизации оборудования в рамках каждой промышленной революции



Источник: Федеральное статистическое ведомство Германии; Немецкий федеральный банк; Prognos; Томас Ниппердей; McKinsey & Company

## 4. Как «маяки» добиваются широкомасштабного эффекта?

«Маяки» успешно справились с типичными проблемами, такими как проверка слишком большого количества концепций, слишком медленное масштабирование, отсутствие единой бизнес-модели для технологий «Индустрии 4.0», внедрение большого количества разрозненных решений и создание множества изолированных источников и баз данных. Как же они преодолели эти бесчисленные трудности? Как им удалось выйти на новый уровень эффективности и наладить непрерывное совершенствование в духе Agile? «Маяки» сильно различаются между собой по характеристикам и качествам, но мы выделили два взаимодополняющих пути масштабирования, пять отличительных особенностей процесса создания стоимости и четыре вида навыков. Здесь представлено общее описание этих путей, особенностей и навыков, а в приложении они рассматриваются более подробно на примере передовых предприятий.

### Подход к масштабированию: два пути

- **Инновационная производственная система.** Компании усиливают конкурентные преимущества,

совершенствуя операционную деятельность. Они стремятся оптимизировать производственную систему, чтобы повысить показатели производительности и качества на предприятиях. Обычно инновации начинаются с одного или нескольких объектов, а затем получают более широкое распространение.

- **Сквозные инновации по всей цепочке создания стоимости.** Меняя экономическую модель работы, компании создают новые направления бизнеса. Они внедряют инновации по всей цепочке создания стоимости, предлагают клиентам новые возможности и совершенствуют существующее рыночное предложение — разрабатывают новые продукты и услуги, расширяют возможности индивидуализации, уменьшают размеры партий и сокращают продолжительность производственных циклов. В этом случае компании сначала сосредотачивают усилия на инновациях и преобразованиях в одной цепочке создания стоимости, а потом переносят приобретенный опыт и навыки на другие направления бизнеса.

Схема 7. Два стратегических подхода к созданию стоимости при внедрении инновационных технологий



Источник: McKinsey & Company; предприятия-«маяки»

## Факторы создания стоимости для достижения широкомасштабного эффекта

В опыте «маяков» выделяется пять способов создания стоимости с использованием технологий «Индустрии 4.0». Эти отличительные особенности процесса создания стоимости предполагают изменения в том, как внедряются технологии, как люди взаимодействуют с технологическими решениями и как новые технологии влияют на коммерческие решения и результаты.

### Принятие решений на основе анализа больших данных

Решения принимаются не на основе гипотез, а по результатам анализа больших данных с помощью методов выявления закономерностей, не предполагающих участия человека (см. примеры Bosch Automotive и Maana в приложении).

### Демократизированные технологии

Производственные технологии способствуют преобразованию методов работы: операторы разрабатывают собственные решения и приложения для упрощения и автоматизации своих задач (см. примеры Tulip Interfaces и Fetch Robotics в приложении).

### Работа согласно принципам Agile

При внедрении новых сценариев использования «маяки» следуют методологии Agile, которая позволяет быстро проверять правильность концепции, совершенствовать решение с учетом полученного опыта и быстро переходить от пилотного проекта к развертыванию — теперь на это уходит несколько недель, а не несколько лет. В некоторых случаях используется образцовая фабрика или отдел экспериментальных технологий четвертой промышленной революции, которые выступают в качестве «инкубатора» (см. примеры Fast Radius и Bosch Automotive в приложении).

### Минимальные дополнительные затраты на добавление новых сценариев использования

В условиях четвертой промышленной революции можно внедрять новые сценарии использования с минимальными дополнительными затратами, что позволяет предприятиям охватывать сразу несколько направлений (см. примеры Microsoft и Fetch Robotics в приложении).

### Новые бизнес-модели

Технологии четвертой промышленной революции позволяют «маякам» разрабатывать новые бизнес-модели, дополняющие традиционные подходы к ведению бизнеса и модели создания стоимости и (или) позволяющие внести в них радикальные изменения (см. пример европейского производителя бытовой электроники в приложении).

## Вспомогательные средства масштабирования

«Маяки» демонстрируют четыре специфических общекорпоративных навыка, которые соответствуют важным факторам успеха на пути освоения технологий «Индустрии 4.0». Компании целенаправленно развивают эти навыки в ходе трансформации производства, а высшее руководство нередко выделяет их как один из главных приоритетов.

### Стратегия и бизнес-обоснование для технологий четвертой промышленной революции

Стратегия «маяков» по использованию достижений четвертой промышленной революции привязана к созданию фундаментальной коммерческой выгоды, выраженной в четких показателях, известной сотрудникам и значимой для всего предприятия (см. пример BMW в приложении).

### Архитектура интернета вещей, рассчитанная на масштабирование

У «маяков» есть архитектура интернета вещей, рассчитанная на масштабирование и операционную совместимость. Вся информация стекается в единое централизованное озеро данных, интерфейсы между приложениями стандартизированы. По данным исследования Digital McKinsey, существенную роль при выборе платформы интернета вещей играют такие критерии, как возможность стандартизированной интеграции и использование открытых стандартов<sup>9</sup> (см. примеры Hewlett Packard Enterprise и Precognize в приложении).

### Развитие навыков

«Маяки» уделяют много внимания развитию навыков. С помощью «цифровых академий» и «умных фабрик» все сотрудники могут познакомиться с основами новых сценариев использования и освоить отлаженные и эффективные методы их применения. Кроме того, «маяки» вкладывают средства в развитие трудовых ресурсов, дополняя команды такими ролями, как посредники между бизнесом и группой аналитики, специалисты по интеграции информационных и промышленных технологий, руководители процессов преобразований. Для выполнения этих ролей подготавливаются собственные сотрудники или привлекаются специалисты со стороны (см. пример Tata Steel в приложении).

### Вовлеченность персонала

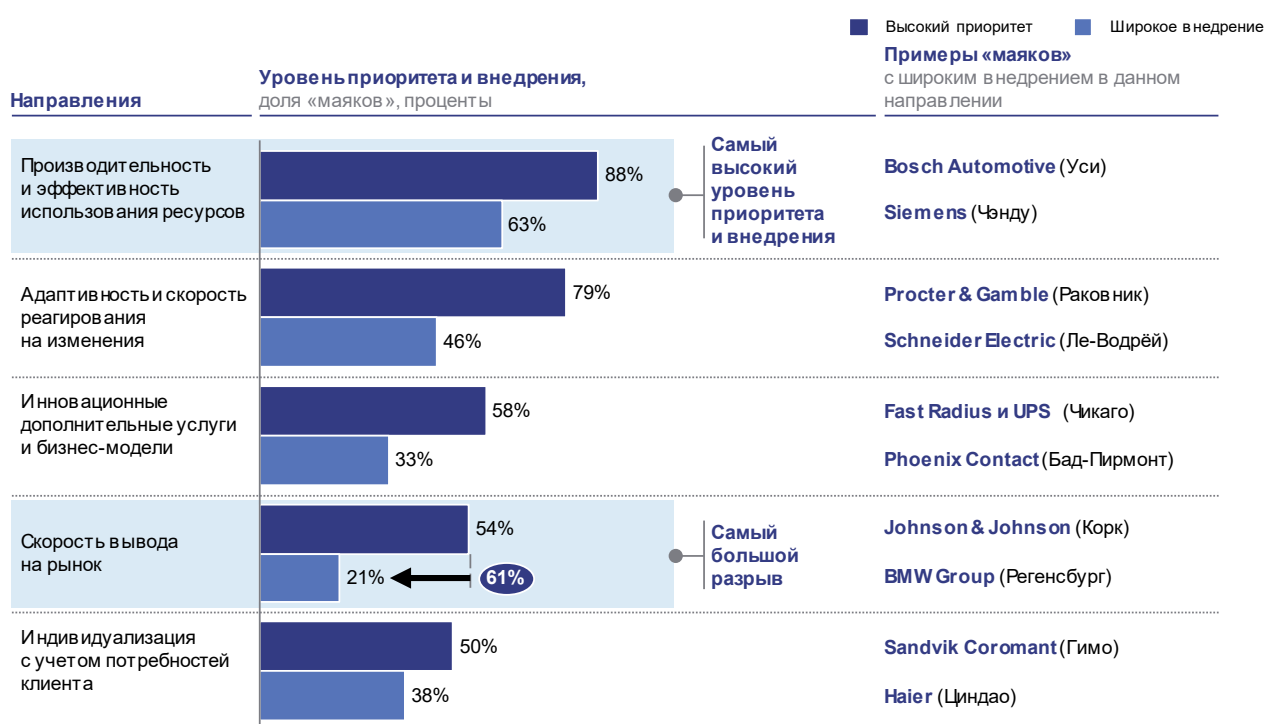
Руководители «маяков» подают личный пример остальным сотрудникам, донося до них четкое обоснование преобразований через разные каналы и обеспечивая личную ответственность каждого сотрудника за общее дело. Сотрудники активно привлекаются к разработке и внедрению сценариев использования (см. пример Schneider Electric в приложении).

## «Маяки» сегодня

Как же сейчас обстоят дела у «маяков» с внедрением инноваций четвертой промышленной революции? Примечательно, что, хотя эти предприятия находятся на переднем крае «Индустрии 4.0», процессы преобразований еще не завершены и есть потенциал дальнейшего совершенствования. Материалы исследования указывают на расхождение между

ожидаемыми и фактическими результатами для разных показателей бизнеса. Самое большое отставание отмечается по показателю скорости вывода продуктов и решений на рынок. Например, как показано на схеме 8, лишь 21% «маяков» успешно внедрились новые решения для ускорения процессов вывода на рынок, при этом 54% компаний считают это направление приоритетным. Поэтому следует ожидать новых достижений в этих областях.

Схема 8. Приоритеты и фактическое внедрение в различных областях



Источник: анализ предприятий-«маяков», выполненный Всемирным экономическим форумом и McKinsey & Company

### Три инструмента, позволяющие широко внедрить технологии четвертой промышленной революции на производстве и преодолеть «болото пилотных проектов»

В январе 2018 г. Всемирный экономический форум совместно с McKinsey & Company опубликовал отчет об исследовании под заголовком The Next Economic Growth Engine — Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production («Новый механизм экономического роста: широкое внедрение технологий четвертой промышленной революции

на производстве»). В отчете представлены основные выводы в отношении преимуществ от внедрения технологий четвертой промышленной революции на производстве и связанных с этим проблем. Выделяются три инструмента, помогающих ускорить внедрение: механизм создания стоимости, механизм масштабирования и модель общего управления. Механизм создания стоимости, основанный на реальном опыте внедрения технологий «Индустрии 4.0» (39 сценариев использования), подчеркивает особую роль интеллектуальных технологий, сетевой интеграции и гибкой автоматизации. Механизм масштабирования описывает наиболее эффективные методы

широкого внедрения технологий и охватывает такие аспекты, как мобилизация, стратегия и инновации. Модель общего управления позволяет выделить направления действий заинтересованных сторон, позволяющие ускорить внедрение технологий.

Если проводить преобразования, направленные на повышение производительности и организационной адаптивности, промышленное производство может обеспечить всеобщий экономический рост и преимущества в глобальном масштабе. Однако для этого многим организациям придется преодолеть существенные препятствия. Выводы из наших прошлых исследований показывают, что внедрение технологий четвертой промышленной революции на производстве по-прежнему идет медленно — более 70% промышленных компаний застряли в «болоте пилотных проектов». Лишь 29% компаний приступили к широкомасштабному внедрению технологий «Индустрии 4.0», тогда как 30% еще только осваивают инновации и реализуют пилотные проекты.

Опыт компаний, ведущих пилотное внедрение, наглядно показывает, что такие проекты нередко затягиваются и (или) оказываются слишком сложными. Лишь 15% респондентов сообщили о пилотных проектах, выполненных в течение года; у 56% опрошенных пилотные проекты заняли от одного до двух лет, а в 28% случаев они затянулись более чем на два года. В процессе масштабирования большинство компаний сталкивается с трудностями в трех областях: соотношение экономического эффекта и рентабельности инвестиций, определение эффекта от цифровых технологий с точки зрения бизнеса, а также высокая стоимость внедрения и масштабирования технологий.

Очевидно, что проблема преодоления пилотного этапа остается насущной для всех компаний, которые хотят выйти на новый уровень эффективности. Предложенные Форумом инструменты помогут им сделать решительный рывок и раскрыть гигантский потенциал, заключенный в широком внедрении технологий «Индустрии 4.0».

## 5. Успешное широкое внедрение: подробное описание опыта двух «маяков»

В этом разделе содержится подробная информация о двух «маяках», на примере которых мы рассмотрим, как можно добиться успешного широкого внедрения технологий «Индустрии 4.0» в очень разных условиях. Разбор примеров позволит глубже понять масштаб изменений, происходящих в промышленном секторе. Он поможет лидерам отрасли разобраться в том, как разворачивается четвертая промышленная революция, и составить представление о связанных с ней преимуществах, возможностях и сложностях. Завод Rakona, принадлежащий Procter & Gamble, — пример того, как крупная международная компания реализует сценарии использования новых технологий на уровне как отдельного предприятия, так и всей группы. Второй пример — компания Rold — показывает, как представитель МСБ успешно внедрил ряд сценариев использования в условиях отдельного предприятия.

### Procter & Gamble — Rakona (Раковник, Чехия): эффективность затрат как фактор роста

На примере завода Rakona, входящего в группу Procter & Gamble, можно увидеть, как обеспечивается сохранение рабочих мест после внедрения технологий «Индустрии 4.0» и сопутствующего повышения эффективности. Это предприятие смогло поддержать востребованность своей продукции в условиях меняющихся требований клиентов и растущего рыночного давления.

#### История предприятия

Завод Rakona, расположенный в 60 км от Праги, основан в 1875 г. Он стал второй производственной площадкой в истории Procter & Gamble. В социалистический период предприятие было государственным, а в 1991 г. вернулось в собственность P&G. Ежедневно завод производит около 4 млн упаковок жидкостей и порошков для мытья посуды, а также кондиционеров для белья. Из-за переориентации рынка с порошкообразных моющих средств на жидкие в 2010–2013 гг. завод столкнулся со значительным снижением спроса. Столкнувшись с этими сложностями, руководство предприятия запустило программу сокращения расходов, чтобы появилась возможность привлечь новые заказы. По итогам программы завод добился выдающихся показателей себестоимости, в результате чего в 2014–2016 гг. возрос объем заказов и потребовалось расширение производства. Успех расширения мощностей основан на точном прогнозировании и удовлетворении будущих потребностей, а для этого требуются цифровизация и автоматизация, а также использование всех возможностей, предлагаемых технологиями «Индустрии 4.0».

#### Всеобъемлющее видение

Руководство Rakona поставило цель добиться уверенного и устойчивого развития даже в условиях экономической неопределенности и рыночного давления. В соответствии с этой целью было сформулировано четкое видение: «Мы — Rakona, мы создаем будущее». Директор завода Алы Вагдан (Aly Wahdan): «Все сотрудники компании приняли участие в разработке этого видения. В нем сочетаются гордость за наше предприятие и стремление создавать привлекательные решения для компании и клиентов. Мы постоянно напоминаем о нашем видении во всех подразделениях и стараемся привлечь всех сотрудников к инновационным преобразованиям, которые позволят повысить конкурентоспособность за счет сведения потерь к минимуму». В соответствии с этим видением выделяются два фактора, обеспечивающих успех инноваций четвертой промышленной революции в Rakona.

- **Использование возможностей внешней цифровой среды.** Руководители Rakona обнаружили, что у сотрудников компании не хватает навыков, необходимых для внедрения инноваций «Индустрии 4.0», и приняли меры. Они эффективно использовали внешние источники знаний о цифровизации и автоматизации, такие как взаимодействие с университетами Праги, сотрудничество со стартапами и участие в студенческих программах обмена, в рамках которых студенты ИТ-специальностей работают вместе с сотрудниками Rakona.
- **Повышение уровня навыков персонала, создание рабочих мест будущего.** На предприятии разработана программа развития навыков, доступная для всех сотрудников. Благодаря ей новые технологии в таких областях, как аналитика, интеллектуальная робототехника и аддитивное производство, стали более понятными и привычными для персонала. В результате у сотрудников сформировались специальные навыки, а на предприятии появились новые должности, такие как руководитель по вопросам кибербезопасности.

Такой подход, предполагающий естественное развитие и вовлечение — в отличие от традиционных действий под давлением руководства, — неотъемлемая часть всеобъемлющей культуры инноваций. Конечная цель — задействовать в цифровых преобразованиях абсолютно всех сотрудников.



## Пять основных сценариев использования

Несмотря на то что предприятия-«маяки» выбирают разные прикладные сценарии использования, все они добиваются положительного эффекта. В случае Rakona пять основных сценариев использования — это цифровое целеполагание, контроль качества в процессе производства, универсальная упаковочная система, сквозная синхронизация цепочки поставок и моделирование (включая имитационное).

- **Цифровое целеполагание** — цифровая система управления эффективностью, преимущества которой проявляются как в технической, так и в управленческой сфере. Цифровое целеполагание позволяет решить ряд проблем, в том числе связанных с трудоемкостью и продолжительностью сбора данных и с принятием решений на основе недостоверной информации. Система отображает текущие значения КПЭ на сенсорных экранах, расположенных непосредственно на производстве. С их помощью пользователи могут изучать данные на разных уровнях, определяя факторы производительности и выявляя первопричины отклонений. Кроме того, система используется для планирования рабочих задач и контроля их выполнения. Благодаря цифровому целеполаганию управление работой стало более строгим, в результате чего повысились показатели надежности процессов и общей эффективности оборудования (ОЭО). Agile-подход к разработке, предполагающий частое тестирование и короткие итерации, обеспечил успешное внедрение системы в масштабе всего предприятия.
- **Контроль качества в процессе производства** направлен на решение проблем, связанных с выборочной проверкой продукции вручную, которая не гарантировала стопроцентного качества каждой партии. Если впоследствии обнаруживалось несоответствие характеристик, приходилось отбраковывать и перевыпускать партию целиком. Кроме того, новый подход к контролю качества помог справиться с задержками при выпуске продукции, вызванными необходимостью выполнять лабораторный анализ. Теперь контроль качества основан на аналитических инструментах, которые в режиме реального времени обрабатывают данные, поступающие с различных датчиков — уровня pH, цвета, вязкости и т.д. Предусмотрена остановка производственной линии в случае обнаружения отклонений, а отчеты по параметрам позволяют гарантировать качество партии перед выпуском. Разработанная компанией P&G система стала первым в отрасли решением такого класса. Система, основанная на интеграции информационных и промышленных технологий, сначала прошла испытания на новой производственной линии, а позднее к ней подключили и другие производственные активы. Благодаря новому решению удалось уменьшить объем рутинной работы, выполняемой вручную. Если говорить об эффекте для бизнеса, вдвое сократились объем перевыпуска и количество претензий, уменьшилась доля брака, а также значительно снизилась потребность в отдельном контроле качества. Выпуск продукции теперь не требует дополнительного времени, благодаря чему общая продолжительность производственного цикла сократилась на 24 часа. Этот сценарий использования внедрен на всех производственных линиях.
- **Универсальная упаковочная система**, получившая название UPack, позволяет перенастраивать упаковочную линию на разные виды продукции без прекращения работы. Раньше для переналадки требовалась полная остановка линии, что приводило к потерям рабочего времени. Также много времени занимала ручная настройка оборудования. Новая система, разработанная на уровне группы P&G, внедрена на всех упаковочных линиях. Полностью интегрированная система, включающая датчики, камеры, сканеры и упаковочные машины, отслеживает состояние процесса в каждой зоне. Система UPack выдает автоматические уведомления об освобождении линии (раньше для этого использовалась бумажная документация), а также поддерживает независимое управление состоянием («запуск», «работа», «пустой», «переналадка») всех участков упаковочной линии. В ней также предусмотрены контроль качества в процессе производства и автоматическая настройка оборудования на основе внесенных в систему данных о видах продукции. Система UPack позволяет не только сократить объем работы по переналадке, но и вдвое ускорить этот процесс, благодаря чему минимальный объем заказа может быть сокращен на 40%.
- **Сквозная синхронизация цепочки поставок** решает сразу несколько задач, в том числе связанных с утилизацией избыточной продукции в конце производственной кампании, вложениями капитала в ТМЗ, медленным выводом продукции на рынок и трудоемкими процедурами анализа цепочки поставок вручную. Эта общекорпоративная система, обеспечивающая непрерывное совершенствование с учетом требований пользователей, применяется на уровне руководства производственных предприятий, в каждом из отделов, а также для координирования действий с централизованной группой планирования.

В веб-приложении реализованы функции аналитического и имитационного моделирования, которые дают полную информацию по всей цепочке поставок. Система позволяет моделировать процессы синхронизации в цепочке поставок в разных условиях, помогая выявлять проблемные места и повышать уровень адаптивности. Для каждого узла цепочки поставок выводятся сведения о синхронизации; есть возможность проводить углубленный анализ и оптимизировать параметры на уровне отдельных продуктов и производственных линий. Также реализованы функции сравнительного анализа, позволяющие сопоставлять показатели разных предприятий и производственных линий P&G. В течение трех лет после внедрения системы для всех видов продукции и производственных линий удалось сократить объем хранимых запасов на 35%, а за прошедший год эффективность управления запасами повысилась на 7%. Кроме того, после внедрения системы уменьшилось количество случаев возврата и нехватки товара, а также ускорился процесс вывода новых продуктов на рынок.

- **Аналитическое и имитационное моделирование** помогает решить проблемы, связанные со сложностью прогнозирования эффекта от изменений на производственных линиях, высокими затратами на испытания в условиях реального производства и дорогостоящим исправлением недостатков, выявленных в новой продукции уже после запуска в производство. Этот сценарий предполагает широкое использование различных средств моделирования для описания и диагностики систем, а также проведение пилотных проектов по прогнозному моделированию, достижение показателей которого и является конечной целью. В частности, моделирование применяется для решения следующих задач: определение параметров производства новой продукции (рекомендации по распределению товарных позиций между производственными линиями, количество резервуаров для хранения и т.д.), выбор оптимальной скорости движения конвейеров, определение оптимальных размеров упаковки, имитационное моделирование изменений на производственной линии перед их проведением, прогнозирование отказов до их наступления и выявление их первопричин. Успешному применению средств моделирования во многом способствует понятное устройство моделей и возможность их корректировки техническими специалистами. Преимущества этого подхода («быстрые выводы — минимальные последствия ошибок») помогли усовершенствовать продукцию, уточнить постановку задач и оптимизировать процессы испытаний.

## Достижения, результаты и перспективы

Опыт Rakona в области внедрения инноваций показывает, насколько существенный эффект может получить предприятие, воспользовавшись всем комплексом подходов и технологий «Индустрии 4.0». Результаты за три года:

- повышение производительности на 160%;
- повышение уровня удовлетворенности клиентов на 116%;
- уменьшение количества претензий клиентов на 63%;
- сокращение общих производственных затрат на 20%;
- уменьшение объема хранимых запасов на 43%;
- уменьшение объема некондиционной продукции на 42%;
- ускорение переналадки на 36%.

Завод не собирается ограничиваться этими достижениями и, опираясь на динамику успешных преобразований, ставит новые цели по развитию в будущем. К ним относятся полностью автоматическое производство без участия человека, автоматизированное ТОиР в зависимости от состояния, автоматизация с использованием недорогих коллаборативных роботов (коботов) и сквозная синхронизация цепочки поставок. Яннис Скуфалос (Yannis Skoufalos), директор по глобальному снабжению: «Наша цель — создать полностью синхронизированную сеть поставок, в которой P&G будет беспрепятственно взаимодействовать с клиентами и поставщиками, а доставка продукции от производственной линии до прилавка обычно будет укладываться в 24–48 часов». Для воплощения в жизнь видения Rakona необходимы постоянные инновации и усовершенствования. Этот «маяк» прилагает все усилия, чтобы следовать своему девизу: «Мы создаем будущее».

## Rold (Черро-Маджоре, Италия): внедрение технологий и подходов «Индустрии 4.0» в условиях МСБ

Итальянская компания Elettrotecnica Rold S.R.L. относится к сегменту малого и среднего бизнеса. Эта фирма, в которой работает 250 штатных сотрудников, производит замки для блокировки люков стиральных машин. Фабрика компании в Черро-Маджоре широко применяет цифровые технологии для промышленного производства, которые позволяют повысить производительность и качество в условиях небольшой компании. Ее пример показывает, что успешное внедрение инноваций четвертой промышленной революции возможно даже при ограниченном объеме инвестиций, если воспользоваться готовыми решениями и наладить сотрудничество с поставщиками технологий и университетами. В частности, Rold потребовалось принять на работу лишь трех программистов.

### «До и после»: разительные перемены

До начала цифровой трансформации компания Rold испытывала внешнее давление: спрос на ее продукцию на международном рынке превышал производственные возможности. Дополнительные сложности были связаны с нехваткой информации об эффективности производства и с тем, что данные хранились на бумаге и в разных местах. Сотрудники тратили значительное время на подготовку отчетности вручную, а из-за того, что решения принимались на основе предположений, не удавалось выйти на высокий уровень эффективности. Лаура Роккителли (Laura Rocchitelli), президент Rold: «Мы стали внедрять цифровые технологии на производстве по нескольким причинам. Во-первых, нам нужно было сделать производство более эффективным. Возможность отслеживать производственные процессы в реальном времени оказалась решающей для улучшения результатов — с точки зрения как загрузки оборудования, так и производительности каждой установки».

Рабочие на производстве сходятся с ней во мнении. Стефано Бозани (Stefano Bosani), начальник литейного цеха, отмечает: «Цифровая платформа позволяет линейному руководителю и рабочим постоянно следить за процессом, помогает повышать эффективность и оптимизировать процесс литья. Платформа довольно гибкая и постоянно совершенствуется, в нее добавляются новые возможности с учетом запросов и пожеланий пользователей. Сотрудники всех уровней активно предлагают новые функции». Работник литейного цеха: «С помощью платформы рабочие могут в реальном времени видеть, когда

ожидается окончание производства, и готовиться к следующему производственному заданию. Еще можно сообщать о причинах задержек и простоев — поэтому процесс становится прозрачным — и определять действия по улучшению производства на основе объективных данных, а не субъективной оценки».

Цифровая трансформация в Rold не ограничивается совершенствованием внутренних процессов. Клиенты компании — производители стиральных машин — получили возможность лучше интегрировать цепочку поставок за счет автоматического обмена данными для размещения заказов и отслеживания поставок. В результате повышается информационная прозрачность и уменьшается объем задач, выполняемых вручную. Кроме того, освоение новых цифровых технологий позволяет компании разрабатывать «умные» продукты с подключением к сети, на основе которых производители стиральных машин могут предлагать своим клиентам новые виды услуг.

### Важнейшие вспомогательные факторы

Rold — пример «маяка», который в качестве основных факторов совершенствования выбрал управление изменениями и коммуникации. Посредством программ, направленных на изменение образа мышления и повышение квалификации, компания помогает сотрудникам развиваться и осваивать цифровые технологии по мере их внедрения. Лаура Роккителли отмечает некоторые трудности, с которыми пришлось столкнуться: «Сначала нам пришлось работать над осведомленностью работников, чтобы они понимали, какие возможности дают цифровые технологии на производстве. Для этого мы придерживались инклюзивного подхода, не выделяя какие-то особые группы».

Также проводились отраслевые мероприятия с участием поставщиков, заказчиков, топ-менеджеров и линейных руководителей. Кроме того, компания провела ряд программ наставничества по таким темам, как решение проблем, творческий подход, управление преобразованиями, коммуникация и инновационная деятельность. В этих программах приняли участие специалисты разных направлений — от дизайнеров до инженеров, штатные сотрудники и сторонние эксперты. Компания наладила отношения с партнерами по отрасли и по внедрению инноваций и поддерживала связь с делегациями от зарубежных университетов и ассоциаций. Стремление компании к эффективному управлению персоналом проявляется в поддержке программ технической стажировки, проводимых совместно с учреждениями среднего и высшего профессионального образования, в партнерстве с местными и зарубежными университетами, а также

в создании условий для участия сотрудников в международных тренингах и мероприятиях.

Кроме того, произошел ряд изменений в организационных моделях и системах управления. Компания уделяет особое внимание сотрудникам, навыки которых помогают внедрять инновации четвертой промышленной революции, в частности разработчикам ПО и специалистам по электротехнике, которые моделируют, проектируют и реализуют решения интернета вещей, и инженерам-технологам с навыками цифровой интеграции. Одновременно с этим проводятся проекты цифровых преобразований, курируемые советом директоров, и широкомасштабные учебные программы по «Индустрии 4.0» для сотрудников разных уровней. Роккителли поясняет: «Чтобы добиться этих изменений, все должны стремиться к единой цели и упорно работать над ее достижением».

#### Пять основных сценариев использования

- **Объединение систем аварийной сигнализации, грамотная приоритизация и решение проблем с привлечением аналитических инструментов** способствовали повышению общей эффективности оборудования — операторы получают уведомления о проблемах с конкретными установками и другие настраиваемые оповещения через смарт-часы и интерактивные терминалы.
- **Цифровые панели показателей для мониторинга ОЭО** позволяют в режиме реального времени наблюдать за производственными ресурсами, находящимися на разных площадках. Они позволяют сообщать о причинах остановок или сбоев.
- **Контроль КПЭ с применением датчиков** обеспечивает цифровизацию всех видов промышленного оборудования, а также оперативный сбор данных о производстве, на основе которых формируются динамические интерактивные отчеты.
- **Моделирование показателей затрат для принятия решений «производство или покупка»** основано на сборе подробных данных от устройств на производстве, подключенных к интернету вещей, в сочетании с инструментами бизнес-аналитики для повышения точности моделей затрат, применяемых в Rold. Средства моделирования непрерывно совершенствуются и дорабатываются.
- **Быстрое прототипирование с помощью аддитивного производства** позволило ускорить

вывод новых продуктов на рынок и способствовало разработке нескольких инновационных решений. Этот сценарий использования помог укрепить связи с университетами и привлечь финансирование в исследовательские проекты. В 2018 г. за достижения в этой области компания Rold получила премию Electrolux Innovation Factory (EIF).

#### Достижения, результаты и перспективы

Компания Rold получила существенный финансовый и операционный эффект от внедрения первых сценариев четвертой промышленной революции. Согласно отчетным материалам компании, с 2016 по 2017 г. совокупная выручка выросла на 7–8%, чему способствовало увеличение общей эффективности оборудования на 11%.

Rold стремится создать предприятие, на котором сотрудники будут максимально широко использовать возможности цифровых решений и автоматизированных систем, что позволит достичь максимальных объемов производства и одновременно улучшить показатели удовлетворенности и самостоятельности персонала. Лаура Роккителли поясняет: «В конечном итоге внедрение цифровых технологий на производстве позволит нам создать платформу, в центре которой будут люди и их интересы». Руководство Rold надеется, что накопленные знания и опыт можно будет применить для цифровой трансформации в цепочке поставок компании. Более того, компания нацелена на дальнейший рост и развитие за счет регулярного обмена передовым опытом как с другими промышленными предприятиями, так и с университетами, которые находятся в авангарде инноваций четвертой промышленной революции.

## 6. Призыв к действию

### Почему нужно что-то делать?

#### Четвертая промышленная революция сыграет решающую роль в возобновлении роста производительности

В промышленном производстве на протяжении десятилетия наблюдается ситуация, когда производительность не растет, а спрос сильно фрагментирован. Положение дел усугубляется старением рабочей силы в странах ОЭСР. В отрасли давно назрела потребность в инновациях. Если организациям удастся преодолеть пилотный этап внедрения инноваций «Индустрии 4.0» и масштабировать решения, они быстро добиваются потрясающих результатов. Примеры успешного масштабирования демонстрируют беспрецедентный рост эффективности при минимальном сокращении персонала. Однако многие компании, по-видимому, прочно застряли в «болоте пилотных проектов». Широкомасштабное повсеместное внедрение технологий четвертой промышленной революции, для которого потребуются совместные усилия коммерческих компаний и государства, ускорит рост благосостояния, от чего выиграет все общество.

#### Мир под давлением

В XXI веке быстрый рост населения планеты и проблема обеспечения экологической устойчивости создают огромную нагрузку на весь мир. Как пояснил основатель и президент Всемирного экономического форума Клаус Шваб (Klaus Schwab), «проблемы, связанные с четвертой промышленной революцией, совпадают с быстрым появлением новых экологических ограничений, усилением многополярности международного порядка и ростом неравенства».<sup>11</sup> В докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) при ООН говорится, что удержать глобальное потепление в пределах 1,5 °C и избежать связанных с повышением температуры тяжелых последствий для экосистем, здоровья и благополучия человека можно только при условии беспрецедентных быстрых и широкомасштабных изменений в промышленности<sup>12</sup>. Подтверждает эти выводы и исследование аналитического центра Global Footprint Network, в котором показано, что сегодняшний уровень общемирового потребления превышает имеющиеся ресурсы в 1,7 раза<sup>13</sup>.

#### С четвертой промышленной революцией связаны многогранные перспективы и задачи

Лидеры частного и государственного секторов хорошо осознают значительные преимущества «Индустрии 4.0»

для производства: 70% промышленных организаций уже осваивают технологии четвертой промышленной революции в пилотном режиме или вышли на широкое внедрение. Реализацию преимуществ обеспечивают стратегии, инициативы и программы разных уровней. В частности, правительства некоторых стран вкладывают средства в создание национальных платформ, чтобы повысить осведомленность о технологиях, поддержать разработку новых сценариев использования и способствовать сотрудничеству между исследовательскими организациями и компаниями частного сектора<sup>14</sup>.

Однако с четвертой промышленной революцией сопряжены некоторые риски, которые необходимо принимать во внимание с самого начала. Без должного управления «Индустрия 4.0» ускорит разделение мира на две части с различными темпами развития. В ее условиях разрыв между лидерами и отстающими может усугубить неравенство с точки зрения роста благосостояния. Не исключено, что в результате этого в промышленном производстве произойдет существенное вытеснение живого труда, критически важные активы станут уязвимыми для кибератак, а несколько поставщиков решений на основе искусственного интеллекта займут доминирующее положение на рынке.

Чтобы добиться более равномерного распространения технологий и связанных с ними преимуществ, следует наладить партнерскую работу коммерческих компаний и государственных организаций. Решающую роль будет играть повышение квалификации. С учетом того, что для 62% существующих профессий можно автоматизировать не менее 30% задач<sup>15</sup>, важным шагом к успешному внедрению технологий и подходов «Индустрии 4.0» становятся обучение работников и их подготовка к этим изменениям. В результате четвертой промышленной революции работа на фабриках и заводах может стать увлекательной и приобрести творческий и предпринимательский характер. При условии обучения и повышения квалификации сегодняшние производственные рабочие смогут играть важную роль в решении новых задач и внедрении инноваций. Появляется возможность создать рабочее место будущего, которое будет привлекать и воодушевлять лучших представителей нового поколения.

### Что нужно предпринять?

В ходе четвертой промышленной революции от лидеров государственного и частного секторов требуются ответственные действия, которые позволят сделать преобразование производственной среды максимально плавным и при этом избежать усиления неравенства

и ситуации «победитель получает все». Они способны повлиять на результаты четвертой промышленной революции и смягчить указанные риски, если будут придерживаться инициативного подхода. Всемирный экономический форум предлагает комплекс мер, направленных на создание полезной стоимости и «справедливое» распространение технологий в мировом масштабе.

### **Не замена оператора, а расширение его возможностей**

На производстве следует внедрять технологии, которые позволят операторам сосредоточиться на задачах с наибольшей добавленной стоимостью, в которых важна способность человека принимать решения и адаптироваться к новым ситуациям. При этом рабочие места должны становиться более привлекательными<sup>16</sup>.

### **Инвестиции в развитие навыков и непрерывное обучение**

В результате четвертой промышленной революции изменится структура должностей на производстве и произойдет перераспределение работников внутри организаций и между ними. Частные и государственные организации должны подготовить работников к этим изменениям, модернизировать систему образования и вложить ресурсы в профессиональную подготовку и непрерывное обучение, чтобы сформировать мобильную рабочую силу, способную воспользоваться новыми возможностями. От этого выиграют не только работники, но и компании, так как нехватка квалифицированных кадров — самое распространенное препятствие на пути широкого внедрения технологий.

### **Распространение технологий во всех регионах и участие МСБ**

Полный эффект от четвертой промышленной революции в обрабатывающей промышленности может быть получен только при условии сквозных преобразований цепочек создания стоимости и производственных систем. Преобразования должны охватить все регионы и распространяться на предприятия МСБ, на долю которых в странах ОЭСР приходится 50–60% создаваемой стоимости<sup>17</sup>. Поэтому компаниям следует распространять технологии «Индустрии 4.0» по всей производственной сети, не забывая о развивающихся странах и поставщиках различных масштабов. Это позволит не только улучшить общие результаты, но и обеспечить более равномерное распространение знаний. Поэтому государственные власти должны предоставить компаниям всех размеров поддержку в освоении технологий, а также создать стимулы и условия для сотрудничества с университетами и поставщиками технологий.

### **Кибербезопасность на защите организаций и общества**

Правительство США выделяет кибербезопасность как «одну из важнейших задач в сфере экономической и национальной безопасности»<sup>18</sup>. С учетом того, что с распространением интернета вещей к сети подключилось 50 миллиардов новых устройств<sup>19</sup>, угроза становится еще более существенной. Чтобы избежать остановки предприятий и неправомерного использования критически важных активов в результате действий хакеров<sup>20</sup>, — из-за чего может замедлиться ход четвертой промышленной революции — частные и государственные организации должны привести инфраструктуру кибербезопасности в соответствие с высочайшими стандартами. Компаниям следует участвовать в межорганизационных инициативах по изучению и дальнейшему развитию кибербезопасности — не только для обеспечения своего экономического будущего, но и для защиты сотрудников, клиентов и местного населения.

### **Сотрудничество через открытые платформы четвертой промышленной революции и аккуратное обращение с данными**

Создание открытых платформ «Индустрии 4.0» в рамках сотрудничества нескольких частных и государственных организаций позволяет снизить зависимость от отдельных крупных поставщиков и избежать привязки к ним. При этом также обеспечивается доступ к большому массиву данных, необходимых для совершенствования аналитических алгоритмов и приобретения ценных знаний. Ответственность за данные может разделяться между партнерами, а четко определенные правила и высокий уровень прозрачности позволят избежать неправомерного пользования данными. Кроме того, компаниям следует пользоваться централизованным хранилищем данных и избегать создания дополнительных изолированных хранилищ, которые будут мешать интеграции и развертыванию новых сценариев использования.

### **Решение проблемы изменения климата с помощью технологий четвертой промышленной революции**

Перед миром стоит серьезная проблема, связанная с изменением климата. В недавнем докладе МГЭИК говорится, что к 2030 г. необходимо сократить выбросы на 45%, чтобы глобальное потепление не превысило 1,5 °C<sup>21</sup>. Технологии «Индустрии 4.0» помогут предприятиям повысить энергоэффективность, увеличить производительность и уменьшить объем отходов и выбросов, а также повысить общую конкурентоспособность.

## Кто должен действовать?

Форум призывает государственные и частные организации подключаться к сети «маяков» и участвовать в процессе накопления опыта. Так они смогут получить ценную информацию о масштабировании технологий.

### Организации с «маяком»

Такие организации могут использовать этот актив для быстрого распространения технологий по всей производственной среде и цепочкам создания стоимости в рамках обмена опытом и передовыми методами работы. Распространению технологий может дополнительно способствовать трехстороннее сотрудничество с государственными и научными организациями.

### Организации без «маяка»

Этим организациям нужно определить, какие из их предприятий могут развиваться в «маяки» за 1–2 года, поставить масштабные цели, определить необходимый объем поддержки и наладить отслеживание результатов. Сеть «маяков» может предоставить будущим «маякам» необходимые знания, а также инструментарий для оценки уровня развития. Кроме того, чтобы ускорить создание «маяка», организации могут сотрудничать с государственными и научными организациями.

### Поставщики технологий, стартапы и университеты

Организации этой группы могут наладить партнерство с «маяками», нацеленное на разработку и тестирование новых сценариев использования в рамках четвертой промышленной революции. Одновременно с этим они будут получать новую информацию о тенденциях и бизнес-задачах, требующих новых решений.

### Возможность создать новую глобальную платформу управления знаниями для четвертой промышленной революции

Когда дело доходит до адаптации к условиям «Индустрии 4.0», частные и государственные организации сталкиваются со сложными задачами в таких областях, как масштабирование технологий на всю производственную среду, повышение квалификации сотрудников и кибербезопасность. В качестве первого ориентира можно использовать опыт выявленных нами «маяков». Однако этого недостаточно: требуется более полный источник информации о четвертой промышленной революции, чем проекты отдельных организаций.

При наличии инициативы заинтересованных сторон в рамках государственно-частного партнерства можно создать глобальную, масштабируемую платформу управления знаниями, которая станет кладезем знаний и рекомендаций как для государственных и частных организаций, так и для общества. Благодаря такой платформе станет возможным диалог о распространении технологий четвертой промышленной революции и связанных с ней проблемах. Эта глобальная платформа может опираться на существующие информационные ресурсы, полученные в рамках национальных программ, на действующие сети разработки и тестирования технологий, на программы разработки стандартов, а также на новую сеть предприятий-«маяков». Платформа даст возможность для глобального объединения усилий и станет единым источником знаний о любых аспектах «Индустрии 4.0».

# Приложение. Внутри «маяков»: собственная точка зрения предприятий

В этом разделе собраны соображения и точки зрения самих «маяков» четвертой промышленной революции. Это своего рода «крупный план», позволяющий подробно изучить, как характерные черты «маяков» проявляются у разных предприятий. Краткая информация о предприятиях дополнена комментариями сотрудников самых разных уровней — от производственных рабочих до руководителей высшего звена. Это позволяет получить более полное представление о преимуществах, проблемах и перспективах, связанных с внедрением технологий и подходов четвертой промышленной революции.

Схема 9. Пять точек зрения на факторы создания стоимости и средства масштабирования



## 1. Факторы создания стоимости

### Принятие решений на основе анализа больших данных

Bosch Automotive (Уси, Китай)



Компания Bosch Automotive Diesel Systems Co., Ltd. (RBCD) начала свой путь к анализу больших данных в 2015 г. В то время доступ к оперативным данным о производстве, таким как продолжительность производственного цикла или характер отказов детали, был затруднен. Для их получения обычно требовался значительный объем работы по сбору и предварительной обработке данных вручную. Усилия RBCD, направленные на непрерывное совершенствование производства, не давали желаемых результатов из-за задержек с получением данных, их низкого качества и быстрого устаревания статистических отчетов, охватывающих лишь ограниченный период времени.

Сотрудники завода в Уси вскоре поняли, что если наладить сбор данных в режиме реального времени и правильно их анализировать, можно ускорить принятие решений и повысить их качество. Это, в свою очередь, поможет компании повысить адаптивность — качество, которое считается жизненно важным для конкурентоспособности на китайском рынке. Было решено начать пилотное внедрение в RBCD с применения нового подхода к механической обработке — важному этапу в технологической цепочке многих продуктов компании. Внедрение на 100 станках выявило значительный потенциал масштабирования.



Используя стандартные инструменты и опираясь на передовой опыт, уже освоенный другими заводами Bosch, завод в Уси за полгода создал систему промышленного интернета вещей, в которой предусмотрены использование новых датчиков состояния оборудования и отслеживание подробной информации о режущем инструменте. На этом этапе решающую роль сыграло взаимодействие специалиста по анализу данных и эксперта по механической обработке. В результате совместной работы им удалось визуализировать данные и разработать настраиваемые отчеты с элементами углубленной аналитики, в том числе диагностической, прогнозной и предписывающей. В частности, теперь производственные работники хорошо понимают факторы затрат, связанных с режущим инструментом, а также могут автоматически определять виды инструментов с длительным ожидаемым сроком службы и автоматически корректировать запасы в соответствии с прогнозируемым спросом.

Руководство предприятия уделяет особое внимание системному мышлению, которое не ограничивается рамками классических организационных подразделений. Поэтому с самого начала они представили эти отчеты сотрудникам и руководителям всех заинтересованных подразделений, чтобы получить отзывы пользователей и учесть их в процессе разработки. К середине 2017 г. этот подход не только обеспечил снижение затрат на инструменты более чем на 10%, но и стал примером, который вдохновил организацию на разработку новых приложений для работы с большими данными, например в области диагностического ТОиР или анализа узких мест. В последние два года в условиях чрезвычайно высокого спроса эти мероприятия способствовали росту объемов производства в отдельных областях более чем на 10% и сыграли определенную роль в успешном выполнении заказов и обеспечении удовлетворенности клиентов. Кроме того, завод в Уси предоставляет инженерам возможность изучать основы анализа данных в своей предметной области. В результате анализ больших данных теперь используется для поддержки принятия решений во всех организационных подразделениях RBCD, включая производство, логистику, управление качеством и технический аудит.

Кристоф Шапделен (Christophe Chapdelaine), старший вице-президент по производству и управлению качеством, Bosch Automotive Diesel Systems (Уси)



«Анализ данных дает нам новые методы и идеи, позволяющие повышать качество и производительность и эффективнее выполнять заказы. Наш бизнес очень динамичный и конкурентный, поэтому скорость и гибкость дополнительно повышают удовлетворенность наших клиентов.

Мы применяем эти методы и в технической, и в коммерческой области. Для получения максимальной отдачи нужно приобретать новые навыки. Более того, чтобы идти в ногу с преобразованиями, должны развиваться все сотрудники и руководители. Инновации вдохновляют наших сотрудников и укрепляют репутацию компании как привлекательного места работы. Быстрое внедрение инновационных решений в масштабе всей компании дает нам конкурентное преимущество в поставке товаров и оказании услуг, „разработанных для жизни“».

Бабур Озден (Babur Ozden), основатель и генеральный директор, Maana



«Последние шесть лет мы сотрудничаем с крупнейшими промышленными предприятиями мира, помогая им ускорить цифровую трансформацию.

Когда предприятие идет по пути цифровой трансформации, быстро становится понятно, что большие данные — это не только количество (объем) данных или скорость работы с ними (в реальном времени); это не только использование (новых) датчиков, роботов и средств автоматизации. Приходит осознание того, что отдача от инвестиций в большие данные не ограничивается ценностью полученных выводов.

Промышленные компании, которые действительно добились успеха в использовании больших данных, видят своей целью радикальные улучшения в принятии оперативных решений. Используя большие данные, предприятия справляются с задачами, решение которых раньше было сложным и (или) дорогим; появляется возможность „глобальной оптимизации локальных решений“.

Возьмем, к примеру, принятие на отдельном заводе решений, направленных на борьбу с исправлениями, узкими местами и потерями. Можно ли оптимизировать локальное решение (то есть конкретный случай исправления на конкретном заводе) на уровне завода (с учетом общих целей завода) или — если у компании несколько заводов — на уровне компании в целом? Можно дополнительно развить идею „глобальной оптимизации локальных решений“: например, должен ли завод начинать работу над поступившим заказом или ждать, если есть вероятность получения более выгодного заказа?

Концепция глобальной оптимизации локальных решений не нова. Новизна заключается в том, что с помощью больших данных можно разрабатывать крупномасштабные аналитические решения, причем делать это гораздо проще, быстрее и дешевле, чем раньше. Использование больших данных для принятия решений открывает возможность глобальной оптимизации каждого локального решения на уровне одного завода, нескольких заводов или компании в целом».

## Демократизированные технологии на производстве

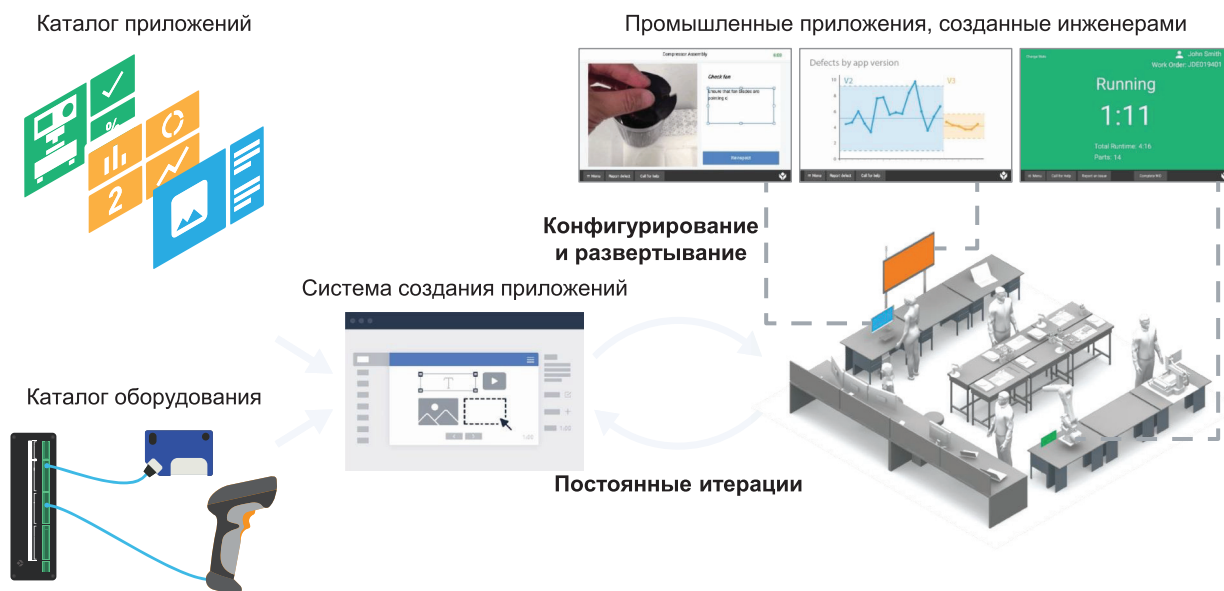
Натан Линдер (Natan Linder), генеральный директор и соучредитель, Tulip Interfaces



«В последние годы некоторые из крупнейших промышленных компаний мира добились значительных результатов в повышении производительности труда и выхода продукции за счет демократизации доступа к технологиям на производстве. Важным инструментом на пути производителей к цифровой трансформации стали платформы для создания промышленных приложений. С их помощью инженеры-технологи могут легко создавать приложения для использования на производстве без написания кода. В результате решать производственные проблемы могут сами инженеры, которые хорошо разбираются в предметной области и заинтересованы в решении.

Благодаря этим платформам ИТ-специалистам больше не нужно разрабатывать специализированные приложения. Вместо этого они могут сосредоточить усилия на реализации функций, с помощью которых инженеры будут создавать приложения самостоятельно. В новых условиях роль службы ИТ заключается в том, чтобы направлять внедрение и масштабирование платформы для создания промышленных приложений, начиная с отдельных рабочих мест. Преимущества для операторов на производстве очевидны. Приложения расширяют возможности операторов и помогают им в работе. Они не только способствуют росту производительности труда и выхода продукции, но и помогают справиться с нехваткой навыков. С помощью средств производственной аналитики операторы получают подробные рекомендации и оперативную обратную связь по эффективности работы. Благодаря этому операторы с разным уровнем опыта могут успешно пользоваться производственными приложениями, которые будут направлять их в зависимости от уровня квалификации».

Схема 10. Демократизация технологии на производстве с использованием платформ для создания приложений



Мэлони Уайз (Melonee Wise), генеральный директор, Fetch Robotics



«Ключевой элемент технологий четвертой промышленной революции — то, что они расширяют возможности рабочих и другого производственного персонала, помогая выявлять области совершенствования и принимать меры на местах. Есть пример крупного производителя, который использовал автономных мобильных роботов (AMR) для точечного перемещения материалов от станций комплектации на сборочный участок. Работники другого участка отметили, что их коллеги реже сталкивались с задержками из-за ожидания деталей, а также обратили внимание на то, что в перерывах между заданиями роботы простаивают. Поэтому они обратились к начальнику цеха с предложением использовать роботов и на их участке.

В системе AMR для управления роботами используется облачная технология. Через интерфейс системы начальник цеха легко настроил и спланировал дополнительные маршруты между зоной комплектации и новым участком — для этого ему потребовалось всего нескольких щелчков мыши без необходимости писать программный код и обращаться за помощью к ИТ-специалистам. Инициативный подход, ориентированный на сотрудничество, позволил повысить и производительность труда, и эффективность использования роботов, в результате чего выиграли все стороны».

## Работа согласно принципам Agile

Fast Radius (Чикаго, США)



Для создания рабочей среды по принципам Agile требуется гибкая и рациональная организация команд, процессов и технологий, которая оптимизируется по мере накопления опыта. Компания Fast Radius (Чикаго, штат Иллинойс) занимается аддитивным производством. Руководство компании понимает, насколько важна организационная адаптивность для промышленного производства в будущем. Это особенно справедливо для аддитивного производства, где высокие требования к адаптивности команд обусловлены быстрым развитием отрасли и появлением прорывных технологий.

С этой целью компания Fast Radius приступила к внедрению **методов Agile, с помощью которых можно организовать итерационную разработку и оптимизировать решения для повышения эффективности.** Работа согласно принципам Agile опирается на использование двух компонентов: гибкой «плоской» организационной структуры и технологической платформы, которая обеспечивает масштабируемое накопление опыта на уровне компании. Сочетание этих двух компонентов позволяет компании адаптироваться к меняющимся условиям работы.

**Сообщество самостоятельных команд.** В Fast Radius выбрали вариант очень «плоской» организационной структуры с минимальным количеством уровней. В части работы с клиентами организационная модель основана на гибких, быстро меняющихся проектных группах. В части операционной деятельности используется нетипичный для производственной компании подход к организационной структуре — деятельность выстраивается вокруг направлений работ, а не отдельных функций. Руководитель направления работ отвечает за все аспекты своего направления и может принимать все необходимые решения, касающиеся проектирования, разработки, использования оборудования и производства. Внедрение новых технологий и усовершенствований идет короткими итерациями — спринтами. Сначала межфункциональные команды направляют все усилия на разработку минимально жизнеспособного продукта, а затем итеративно наращивают функциональность, постоянно учитывая полученные результаты и обратную связь от операторов.

**Быстрые циклы принятия решений и накопления опыта с использованием ПО.** Важнейшим средством обеспечения организационной адаптивности Fast Radius стала технологическая платформа собственной разработки. Благодаря этой платформе принципы Agile, которые в свое время совершили революцию в разработке ПО, можно применить для разработки продукции в масштабе всей компании. Система собирает данные и результаты по всем проектам изделий, которые производятся и хранятся на виртуальном складе Fast Radius. Информация помещается в централизованное хранилище, подготавливается для практического использования и распространяется среди команд, чтобы они могли ускорить разработку и внедрение, опираясь на полученные ранее результаты. Использование этой системы позволило в некоторых случаях сократить цикл разработки продукции на 90% по сравнению с традиционным подходом.

Лу Расса (Lou Rassey), генеральный директор, Fast Radius



«С первого дня мы поняли, что Agile-модель сыграет важнейшую роль для нашего бизнеса. Современное производство все больше и больше переплетается с проектированием и управлением цепочкой поставок. Если говорить конкретно про аддитивное производство, в этой отрасли постоянно появляются прорывные инновации. Чтобы быстро добиваться реальных решений, нужно хорошо ориентироваться в этих инновациях и понимать их суть.

Именно поэтому мы применяем Agile и в технологической, и в организационной сфере. Если раньше разработка занимала месяцы, то теперь мы можем создавать сотни вариантов проектных решений и прототипов за несколько недель — тем самым мы помогаем клиентам ускорить вывод их продуктов на рынок. Сейчас мы можем изготавливать и поставлять критически важные изделия быстрее, чем когда бы то ни было. Полный цикл поставки, который когда-то растягивался на 45 дней, теперь укладывается в 45 часов. Все это стало возможным благодаря тому, что принципы Agile пронизывают все аспекты нашего бизнеса — программы и технологии, структуру производства и подход к формированию команд».

Bosch Automotive (Уси, Китай)



Компания Bosch Automotive Diesel Systems Co., Ltd. (RBCD) старается завершать этап проверки концепции (PoC) максимально быстро. Благодаря этому компания не распыляет ресурсы и поддерживает темп инноваций на уровне около 10 PoC в год. Для достижения этой цели в компании создан центр промышленных инноваций с небольшой сборочной линией, которая используется исключительно в целях обучения и разработки. Хотя эта линия и не предназначена для «реального» производства, у нее есть полноценное подключение к датчикам, системе отслеживания на основе радиочастотной идентификации (RFID) и системе управления ресурсами предприятия (ERP). В результате предприятие получает в свое распоряжение изолированную (а следовательно — безопасную) экспериментальную среду, в которой можно выполнять многочисленные проверки концепции. В 80% случаев Bosch завершает PoC менее чем за три месяца — благодаря сосредоточению усилий на профильных задачах и оперативной поддержке со стороны местных поставщиков ПО.

### Минимальные дополнительные затраты на добавление новых сценариев использования

Производственная площадка Microsoft (Сучжоу, Китай)



Важное направление бизнеса Microsoft связано с аппаратной частью высокотехнологичных продуктов. В 2017 финансовом году объем продаж двух известных продуктов компании превысил 8 млрд долл. США. При таких масштабах особое значение приобретают задачи мониторинга и оптимизации производственных операций, а также обмена информацией о них.

Чтобы гарантировать конкурентоспособность продуктов и услуг, компания Microsoft запустила программу преобразований производства на своем заводе в Сучжоу (провинция Цзянсу, Китай).

Преобразования выполнялись в три этапа:

- подключение производственного оборудования к сети;
- внедрение методов прогнозирования с использованием больших данных;
- применение машинного обучения для создания когнитивных производственных линий.

С точки зрения Microsoft, одним из важнейших преимуществ подключенного оборудования является простота реализации новых сценариев использования при минимальных вложениях. Раньше, чтобы подключить новый источник данных для использования на производстве, менеджерам программ и разработчикам приходилось писать код и запросы к бэкенду. На это уходили дни, недели и даже месяцы. По оценке компании, теперь для подключения нового источника данных к решению требуется примерно 15 минут работы одного человека.

Реализуя преимущества подключенного оборудования и возможность быстрой реализации новых сценариев использования, компания внедрила алгоритмы машинного обучения для предиктивного увеличения выхода продукции на основе данных о технологических процессах для отдельных компонентов. Предиктивные алгоритмы позволяют выявлять дефекты, потери сырья и материалов, а также другие факторы. Реализация только этого сценария использования дала значительный прирост выхода продукции — на 30%.

Microsoft отмечает, что новое решение уже обеспечило множество преимуществ для производственных процессов, включая простоту первоначальной настройки, возможность кастомизации, быстрый доступ к аналитическим данным, значительную экономию времени, снижение затрат и повышение производительности. Интеграция заводов и поставщиков достигла беспрецедентного уровня, и сотрудники не перестают удивляться тому, с какой скоростью можно обнаруживать важные тенденции и выявлять проблемы на предприятиях. Компания ожидает, что при скромных дополнительных инвестициях эти преимущества будут увеличиваться по мере продвижения к полному облачному решению.

Даррен Коил (Darren Coil), директор по бизнес-стратегии, Microsoft



«Эта цифровая трансформация стала крупнейшим изменением в промышленных технологиях за последние 30 лет. Это одно из самых простых изменений, реализация которого принесла великолепные результаты. Физическое подключение оборудования заняло пару недель. Когда стали поступать данные, нам потребовалось всего

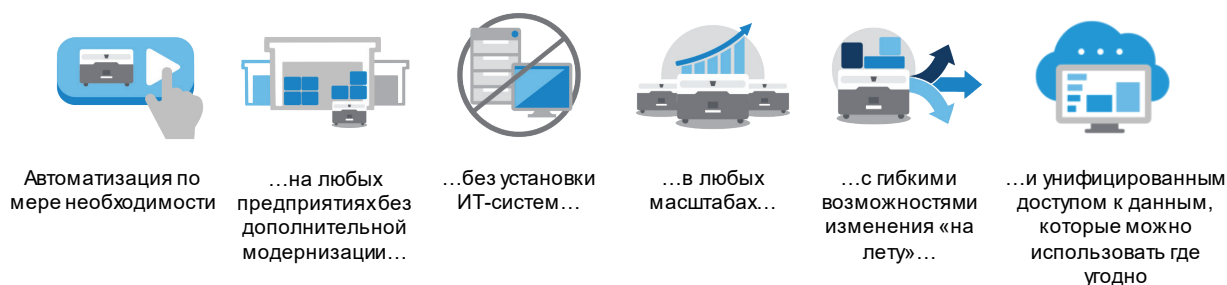
несколько часов, чтобы с минимальными затратами применить машинное обучение и обнаружить запасы, которые вскоре могли перейти в разряд устаревших. Эти данные были всегда, но мы не обращали на них внимания, пока нам не помог интернет вещей. На основе полученных данных на предприятии оптимизировали производственные линии и приняли решения о карантинах, что позволило избежать списания огромного объема продукции. Результаты работы только нашей группы, состоящей из пяти человек, в конечном итоге позволили сэкономить более 5 миллионов долларов за 12 месяцев. По данным финансовой службы, мы снизили стоимость товарно-материальных запасов на 200 миллионов долларов».

Мэлони Уайз (Melonee Wise), генеральный директор, Fetch Robotics



«Лидеры отрасли заинтересованы в новых технологиях автоматизации, на основе которых с минимальными вложениями можно создавать новые сценарии использования для цифрового производства. Соответственно, появляется новое поколение технологий автоматизации „по требованию“, благодаря которым производственные цеха и склады получают преимущества с точки зрения скорости, гибкости и дополнительных затрат, сопоставимые по масштабу с преимуществами облачных вычислений в сфере ИТ».

Схема 11. Шесть основных принципов автоматизации «по требованию»



«На одном крупном предприятии внедрили роботизированную систему транспортировки материалов, чтобы решить проблемы с перегруженностью и временем ожидания, которые приводили к уменьшению выхода продукции и росту затрат на персонал. Поскольку система была автономной и предполагала совместную работу в облаке, не потребовалось никаких изменений на предприятии и в его процессах и удалось обойтись без установки новых компьютеров и ПО. Для запуска пилотного решения потребовалось несколько дней, а полное пилотное внедрение заняло менее двух недель. Благодаря быстрому успеху проекта и убедительной экономической модели первоначальный сценарий использования был утвержден для полномасштабного внедрения, причем проект масштабирования предусматривал реализацию еще одного сценария».

## Новые бизнес-модели

Европейский производитель бытовой электроники (название компании не разглашается)



Поскольку инновационные бизнес-модели обычно появляются в результате самостоятельно инициированных радикальных изменений в подходах к ведению бизнеса, руководители компаний готовы к некоторым потрясениям и нестабильности в период преобразований. В связи с этим понятно желание руководства сохранять конфиденциальность до тех пор, пока новая модель не получит широкого внедрения. По этой причине европейский производитель бытовой электроники, успешно разработавший инновационную бизнес-модель, предпочел остаться анонимным на момент публикации настоящего документа. Мы решили включить эту компанию в обзор, хотя и анонимно, поскольку из ее опыта можно сделать ценные выводы в контексте нашего исследования. Следует отметить, что в цифровую эпоху клиенты привыкли к тому, что можно круглосуточно связаться с поставщиками через интернет, удобный процесс заказа позволяет учитывать индивидуальные пожелания, доставка бесплатна, а процедура возврата максимально упрощена. Поэтому, если традиционные производители хотят сохранить конкурентоспособность, они должны взаимодействовать с клиентами на этапе проектирования, сократить время выполнения заказов с нескольких недель до нескольких часов, а также выполнять единичные заказы по цене массового производства. Кроме того, необходимо предоставить клиентам удобный интерфейс и предельно простые процедуры доставки и возврата. Эти условия трудно или невозможно выполнить без применения цифровых технологий.

Столкнувшись с такими требованиями рынка, компания обнаружила ряд проблем, связанных с традиционными продуктами и цепочками поставок. При производстве компонентов методом литья под давлением создание новой оснастки занимало продолжительное время и требовало больших вложений. Из-за длительных сроков поставки и связывания больших объемов капитала в ТМЗ возникал существенный риск избытка или нехватки запасов. Система разработки продуктов была ориентирована на традиционные производственные процессы, из-за чего ограничивалась свобода проектирования и использовалось множество деталей, требующих сборки. Под влиянием всех этих факторов вывод новых разработок на рынок занимал продолжительное время.

Чтобы решить проблемы и создать новое ценностное предложение для потребителей, компания основала новое предприятие, которое производит продукцию по индивидуальным заказам с размером партии от одного изделия и удельной себестоимостью ниже, чем у старой продукции. Компания создала распределенную сеть аддитивного производства, в которой продукция выпускается прямо в логистических центрах, оснащенных необходимыми цифровыми решениями. Интегрированная цифровая платформа обеспечивает быстрое масштабирование производства. Для гармонизации и автоматизации контроля качества используется машинное обучение. С помощью веб-конфигуратора с бесчисленными возможностями настройки клиент может заказать продукт, полностью отвечающий его требованиям, а размещение производства рядом с конечным клиентом позволяет уменьшить стоимость доставки и ускорить выполнение заказа.

В результате этих действий в течение года полностью изменилась цепочка создания стоимости и появилось новое направление бизнеса с объемом продаж несколько миллионов евро. Также существенно изменились граничные условия деятельности компании.

- Время вывода нового продукта на рынок: –90%.
- Связывание капитала в ТМЗ: –75%.
- Время, затрачиваемое на ручную сборку одного изделия: –80%.
- Вложения в специальные инструменты для производства конкретного изделия: –100%.
- Выбросы CO<sub>2</sub>: –50%.

Пример этой компании показывает, как в результате изменения рыночных условий появляются новые бизнес-модели. В последние годы появилось много прорывных цифровых технологий, которые повлияли — и будут влиять в дальнейшем — на структуру цепочки поставок, разработку продукции, производство и маркетинг. Чтобы успешно внедрить инновации и раскрыть потенциал этих изменений, особенно в условиях крупной корпорации, придется пройти длинный путь, на котором будет много возможностей и ловушек. Перечислим некоторые выводы из опыта этого производителя.

- Важно наладить управление ожиданиями на всех уровнях компании. Значимые краткосрочные результаты, которые помогут в достижении конечной цели, предпочтительнее амбициозных планов, которые приведут к разочарованию.
- Как показывает опыт, полезно создать автономную команду, которая сначала будет работать отдельно от других структур компании. У этой команды должен быть доступ к ресурсам компании, наиболее важным для достижения цели (бренд, инвестиции, сотрудники, каналы продаж и т.д.).
- Поскольку успех радикальных преобразований зависит от изменения корпоративной культуры, необходимо заручиться поддержкой руководителей высшего уровня, которые помогут разрешить потенциальные конфликты и получить доступ к необходимым ресурсам на начальных этапах.

## 2. Вспомогательные средства масштабирования

### Стратегия и бизнес-обоснование для технологий четвертой промышленной революции

BMW Group



Стратегия BMW в сфере цифрового производства основана на трех базовых принципах: приоритет эффективности, правильный образ мышления и простота доступа. Все сценарии использования цифровых технологий должны способствовать совершенствованию производственных процессов с точки зрения качества, затрат и производительности. При этом необходим легкий доступ к технологиям, а сотрудники должны следовать корпоративной культуре, ориентированной на сотрудничество.

#### Эффективность

Структура новой системы определяется кластерами (направлениями) внедрения, для каждого из которых задана стратегическая траектория развития: интеллектуальный анализ данных, инновационные системы автоматизации и поддержки рабочих процессов, «умная» логистика и аддитивное производство. Применяемая в BMW платформа интернета вещей обеспечивает согласованность ИТ-архитектуры на всех уровнях — от группы в целом до отдельных производственных цехов — и предоставляет основу для реализации всевозможных приложений. Подключение производственных объектов и датчиков к облаку не является самоцелью: реализация каждого нового сценария компенсирует затраты на инфраструктуру, обеспечивая положительную рентабельность инвестиций. Важное преимущество инфраструктуры интернета вещей, созданной в компании, — то, что она позволяет быстро реализовывать различные сценарии использования с минимальными трудозатратами на установку, настройку и подключение систем. Сотрудникам предоставлен доступ к комплексу цифровых инструментов, которые можно применять по своему усмотрению в самых разных сочетаниях. Главный эффект от этой системы — высокая скорость.

#### Образ мышления

Производственные площадки BMW Group расположены в 30 точках в 14 странах мира. Все заводы компании работают в соответствии с производственной системой BMW. Следовательно, наиболее эффективными будут инновации, которые можно применять на всех предприятиях. Однако инновации часто появляются на отдельных предприятиях для решения конкретных задач. Поэтому необходимо развивать культуру сотрудничества между предприятиями в разных странах и на разных континентах. Каждое предприятие входит в производственную сеть с централизованной координацией, где решения, однажды реализованные на отдельном заводе, становятся доступны всем участникам сети. В результате обеспечивается быстрое распространение ценных и эффективных инноваций по всем регионам. Этот подход в компании описывают выражением «поможешь ты — помогу тебе».

#### Простота доступа

Третий принцип помогает добиться высокой эффективности при цифровизации производства. Разработка ПО может быть очень сложной с технической точки зрения. Однако все приложения — от распознавания изображений с использованием искусственного интеллекта до автономного управления транспортом и анализа данных, поступающих с датчиков, — характеризуются одним общим требованием: механизм доступа к данным и пользовательский интерфейс должны быть максимально простыми. Нарушение этого требования приводит к созданию изолированных решений, для использования которых требуется дорогостоящее обучение и которые могут затруднить рабочие процессы.

Логику управления и анализ можно реализовывать непосредственно на заводах с помощью систем самообслуживания, пользоваться которыми очень легко. Этот принцип открытых систем и интерфейсов распространяется на всю производственную систему BMW.

Любые подключенные к сети объекты или установки обязательно интегрируются в общую систему и должны работать в ней — желательно с минимальными затратами и усилиями. В конечном счете цифровое решение должно создавать преимущества для производственного процесса, не требуя никаких дополнительных затрат или усилий.

Кристиан Патрон (Christian Patron), руководитель направления инноваций и цифровизации в производственной системе, и Марсель Айгнер (Marcel Eigner), специалист по стратегии цифровизации производства и использованию интеллектуальной аналитики в производственной системе, BMW Group



Кристиан Патрон, руководитель направления инноваций, цифровизации, работы с данными и аналитики в BMW Group: «Не все решения, которые можно реализовать технически, будут полезными. Чем лучше техническое

решение помогает людям и высвобождает их время, тем больше пользы они принесут, используя свои сильные стороны. Поэтому в условиях четвертой промышленной революции одна из главных задач заключается в том, чтобы выявлять высокоэффективные области применения технологий, создавать стандартные решения и быстро масштабировать их на всю международную производственную систему. Никто не сможет оценить эффективность решения лучше, чем те, кто непосредственно участвует в процессе.

Для быстрого широкомасштабного развертывания проектов разного характера нам нужны фундаментальные средства реализации. Именно поэтому стратегия BMW Group нацелена на развитие комплексной платформы интернета вещей и обучение сотрудников. Такой подход позволяет использовать знание процессов на местах в сочетании со стратегией внедрения в масштабе группы. В будущем решения на основе искусственного интеллекта обеспечат сотрудникам еще более эффективную поддержку на рабочих местах. С помощью моделей глубокого обучения мы объединяем знания экспертов и предоставляем доступ к ним из любой точки мира в течение нескольких секунд. Тем не менее основная роль в процессе создания стоимости всегда будет оставаться за людьми, а их работа будет становиться все более творческой».

Марсель Айгнер, специалист по стратегии цифровизации производства и использованию интеллектуальной аналитики в производственной системе, тоже заостряет внимание на комплексном подходе: «Что касается интеллектуального анализа данных, мы придерживаемся четкой стратегии размещения данных как можно ближе к людям, занятым в производственном процессе. В первую очередь речь идет об озерах данных, которые находятся в полном распоряжении профильных отделов, аналитических инструментах, встроенных в системы самообслуживания, и средствах визуализации данных. Аналитика будет эффективной, только если она дает практически применимые выводы».

## Архитектура интернета вещей, рассчитанная на масштабирование

Hewlett Packard Enterprise



Компания **Texmark Chemicals**, клиент **Hewlett Packard Enterprise**, управляет нефтеперегонным заводом в городе Галена-Парк, штат Техас. Это предприятие — один из крупнейших в мире производителей ДЦПД (дициклопентадиена). Кроме того, завод осуществляет переработку давальческого сырья, производя специализированные химикаты на заказ.

**Texmark** играет важную роль в нефтяной цепочке поставок, и поскольку завод работает с опасными материалами, подпадающими под действие соответствующего законодательства, безопасность считается главным приоритетом. В своем видении **Texmark** связывает новое поколение подходов к промышленной безопасности, организации производства и управлению активами с перспективами, которые открывает развитие промышленного интернета вещей. Это видение предполагает использование различных датчиков в сочетании с инструментами углубленной аналитики для получения аналитических выводов, автоматизации производственной среды и снижения вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором. Одна из целей, достижение которых компания связывала с интернетом вещей, заключалась в сокращении расходов на плановое ТОиР на 50%.

Есть множество способов применения интернета вещей для совершенствования производственных процессов **Texmark**. Однако в случае специализированного производства нельзя ограничиваться универсальными решениями. Для внедрения интернета вещей требуется надежная система связи, рассчитанная на сбор данных от всевозможных устройств. При этом система связи должна быть экономически эффективной — а затраты на кабельное подключение всех устройств промышленного предприятия могут оказаться непомерно высокими. Кроме того, любое технологическое решение, используемое на заводе **Texmark**, должно быть предназначено для эксплуатации в сложных условиях и должно соответствовать стандартам компании по технике безопасности — необходимо исключить возможность возгорания оборудования, применяемого на производственных линиях. Еще один важный вопрос, потребовавший решения при внедрении интернета вещей в **Texmark**, связан с задержкой при передаче данных. Передача данных занимает некоторое время, а в случае интернета вещей счет иногда идет на секунды. Поэтому архитектура решения для интернета вещей должна быть разработана так, чтобы исключить потребность в передаче данных с устройств.

Для решения этих задач и получения преимуществ, связанных с использованием интернета вещей, компания **Texmark** запустила многоэтапный проект по внедрению комплексного решения на основе технологии интернета вещей.

На этапах 1 и 2 был заложен фундамент цифрового решения — налажена связь между центром и периферией (производством). Затраты на создание беспроводного решения составили приблизительно 50% стоимости прокладки кабельной сети. Для решения задач периферийной аналитики **Texmark** применила готовое решение, реализующее ИТ-функции промышленного уровня на производстве. Модернизация диспетчерского центра **Texmark** обеспечила полноценную связь между центром и периферией, а также интеграцию информационных и промышленных технологий в единую систему.



На этапе 3 (идет сейчас) фундамент, заложенный этими технологическими решениями, применяется для реализации новых сценариев использования, таких как прогнозная аналитика, углубленная видеоаналитика, охрана и безопасность, сетевое подключение рабочих мест и управление полным жизненным циклом активов. По словам директора завода Линды Салинас (Linda Salinas), архитектура интернета вещей играет важнейшую роль в создании передового химического предприятия, использующего достижения четвертой промышленной революции. «Мы создаем нефтеперерабатывающий завод будущего, в котором анализируются все данные и выявляются все взаимосвязи, существующие на предприятии. Он все больше напоминает живой, дышащий организм, который знает, как он должен функционировать; если любая часть этого организма не в порядке, она сразу сигнализирует о необходимости вмешательства».

Чен Линчевски (Chen Linchevski), соучредитель и генеральный директор, Precognize



Чен Линчевски — соучредитель и генеральный директор Precognize, израильского разработчика ПО, который специализируется на разработке решений прогнозной аналитики для перерабатывающей промышленности. Он отметил, что опыт внедрения архитектуры интернета вещей на предприятиях перерабатывающей промышленности, которые собирают информацию с тысяч датчиков, можно применить к любой другой отрасли, где идет внедрение этой технологии. Исходя из своего опыта разработки аналитического ПО для прогностического мониторинга, Линчевски поделился тремя важными рекомендациями по созданию архитектуры интернета вещей для широкомасштабного внедрения.

**Доступ к данным.** Первая рекомендация заключается в том, что при выборе архитектуры интернета вещей для широкого внедрения необходимо в первую очередь продумать возможности доступа к данным. «Создайте такую архитектуру, в которой доступ к данным для анализа будет у всех», — рекомендует Линчевски. Такой «демократизации» проще всего достичь, если устранить препятствия, мешающие обмену данными. Например, некоторые поставщики берут дополнительную плату за использование адаптера для доступа к данным, собранным их оборудованием. Линчевски полагает, что «в цифровую эпоху производители должны принять меры, чтобы гарантированно иметь доступ к данным, собранным оборудованием, за которое они платят деньги, — даже если придется использовать это условие как критерий при выборе поставщика оборудования или датчиков».

**Быстрые пробы и ошибки.** Вторая рекомендация заключается в том, что архитектура интернета вещей должна поддерживать методику быстрых проб и ошибок. По словам Линчевски, проекты, связанные с цифровыми технологиями, обычно выполняются быстро — это отличает их от традиционных проектов в промышленности, для которых характерны длительные сроки реализации. Он пояснил, что в перерабатывающей промышленности внедрение обычно занимает две недели, после чего еще три месяца продолжается пилотный проект. «Для ускорения этого процесса необходим доступ ко всем данным, как я отмечал раньше, а также потребуются API или другие средства подключения к источникам данных. Архитектура должна определять требования к кибербезопасности и предусматривать создание среды, допускающей умеренные требования к безопасности, потому что в случае излишней строгости требований ход проектов будет замедляться. Нужно разрешить использование изолированных сред («песочниц»), средств доступа к данным в режиме «только чтение» и автономных приложений (на пилотном этапе)», — поясняет Линчевски.

**Гибкая архитектура.** Третья рекомендация Линчевски заключается в том, что архитектура должна быть гибкой, чтобы учитывать различия между производственными площадками, а также предусматривать возможность расширения и адаптации по мере уточнения потребностей. Первое приложение должно привести к очевидному эффекту, который поможет обосновать дальнейшие действия по развитию архитектуры. «Попытка проработать все детали архитектуры с самого начала потребует слишком много денег и времени, — говорит Линчевски и предлагает другой вариант. — Договоритесь о принципах. После этого приступайте к пилотному внедрению, оно поможет уточнить потребности и доработать архитектуру».

## Развитие навыков

Tata Steel (Эймёйден, Нидерланды)



Когда Tata Steel приступила к внедрению углубленной аналитики (УА), вскоре стало ясно, что универсального средства, которое решит все проблемы, не существует и что для успеха необходимо повышать квалификацию сотрудников. Вместо реализации небольшого количества очень крупных сценариев использования (с потенциалом увеличения EBITDA более чем на 20 млн евро) компания выбрала подход, предполагающий работу над множеством относительно небольших проектов. Это важное решение определило характер и структуру программы. Для выполнения огромного количества проектов требовалось много работников, обладающих специальными навыками. Искать новых сотрудников на рынке было непрактично из-за дефицита квалифицированных кадров. Аутсорсинг тоже не подходил, потому что предполагалась непрерывная работа. Поэтому у Tata Steel возникла необходимость в обучении значительного числа сотрудников. Так появилась

корпоративная академия углубленной аналитики, в которой уже прошли обучение более 200 человек. Академия изначально предполагала широкий профиль обучения, и в учебный план вошли программы подготовки ряда специалистов, в том числе экспертов по анализу данных (data scientist) и инженеров по работе с данными (data engineer). Эксперты по анализу данных учатся создавать оптимальные модели на основе имеющегося массива данных для заданной целевой функции — для этого требуется глубокое понимание статистических методов. Задача инженеров по работе с данными состоит в том, чтобы приводить исходные необработанные данные к виду, в котором их могут изучать и многократно использовать эксперты по анализу данных. Для этого они изучают методы подготовки и очистки данных.

Помимо этих специальностей, напрямую связанных с углубленной аналитикой, есть еще две группы, которым требуется хорошее понимание аналитических методов — посредники между бизнесом и группой аналитики, а также руководители. Задача посредников заключается в том, чтобы донести до специалистов по аналитике точную постановку бизнес-задачи и следить за тем, чтобы предложенное решение укладывалось в ограничения предметной области. Они также играют важную роль в отсеивании случайных (или даже ложных) корреляций, которые часто появляются на ранних этапах аналитических проектов. Также стало ясно, что для подготовки руководителей Tata Steel требуются специальные учебные модули. Эти модули дают общее представление об углубленной аналитике и рекомендации по стилю управления проектами в этой области. Поскольку на первых этапах аналитических проектов присутствует значительная неопределенность, подход к управлению отличается от традиционных методов и требует постановки особых вопросов и использования особых механизмов.

Подготовка в основном проходит в формате традиционных аудиторных занятий, поскольку непосредственное взаимодействие между учащимися и преподавателями — одна из важнейших частей образовательного процесса. Вместо того чтобы использовать отвлеченные примеры, разработчики курсов адаптировали учебные материалы к условиям Tata Steel, поскольку опыт компании показал, что примеры, привязанные к конкретной ситуации, намного лучше иллюстрируют концепцию или поясняют статистический метод. Помимо аудиторных занятий, в академии используются различные методы практического обучения. В частности, подготовка экспертов по анализу данных включает участие в хакатоне, который проводит академия. Работая в командах, начинающие эксперты должны за 36 часов создать модель для специально подготовленного массива данных из реальной практики Tata Steel.

Ханс Фишер (Hans Fischer), генеральный директор, Tata Steel Europe



«Углубленная аналитика — ключевой компонент нашей стратегии в отношении „Индустрии 4.0“. Вместо того чтобы нанимать узких специалистов, которые разбираются только в анализе данных, мы решили обучить своих профильных экспертов методам науки о данных. Важную роль в этом сыграла наша академия углубленной аналитики. Здесь нужно отметить, что подготовить экспертов по анализу данных — это еще не все. Нужно было обучить руководителей, чтобы они могли замечать перспективные возможности применения аналитики и управлять аналитическими проектами в своих областях. Недавно я сам прошел курс по углубленной аналитике для руководителей. Обучение стало для меня действительно ценным опытом — я стал глубже понимать возможности углубленной аналитики. Я и раньше не сомневался, что аналитика полезна для нашей отрасли, но теперь я убедился в этом лично».

Дайан Пива (Daiane Piva), консультант по вопросам энергоэффективности, Tata Steel



«Вскоре после начала работы консультантом по энергетике в Tata Steel Europe я пошла на вводный тренинг по углубленной аналитике. После завершения тренинга мне поручили проект в этой области. Это сочетание теоретической подготовки и практической работы стало решающим для будущего профессионального роста. Я думаю, что настоящая сила углубленной аналитики заключается не только в алгоритмах, но и в подходе — гибком и адаптивном, но при этом хорошо структурированном. Мы быстро обнаруживаем проблемы и быстро учимся. Проекты организованы таким образом, чтобы получать четко определенные результаты, двигаясь через конкретные промежуточные этапы. Благодаря такой схеме отслеживать прогресс очень легко. Просто удивительно, сколько ценной информации можно получить, если просто внимательнее присмотреться к данным».

## Вовлеченность персонала

Schneider Electric (Ле-Водрёй, Франция)



В условиях цифровой трансформации инновации должны быть открытыми, но в то же время структурированными — тогда будет возможно комплексное внедрение в масштабе всего бизнеса. Для разработки, тестирования и внедрения инноваций в компании Schneider Electric используется структурированный подход в рамках программы «Умное предприятие». Активная работа по вовлечению персонала направлена на то, чтобы сотрудники поддерживали нововведения и новые технологии, что в итоге поможет ускорить внедрение.

Например, на предприятии компании в Ле-Водрёй (Франция) создана полная виртуальная трехмерная модель производства, которая используется для тестирования и проверки инновационных идей. Эта модель также помогает наглядно объяснить сотрудникам, как поменяется их повседневная работа.

Чтобы стимулировать сотрудничество, важно выделять время на демонстрацию и изучение новых технологий, ответы на вопросы и обсуждения. В Schneider Electric создана корпоративная социальная сеть, которая позволяет операторам обмениваться эффективными методами работы, задавать вопросы и отвечать на них, а также участвовать в жизни и развитии сообщества.

Одним из главных изменений в компании стал пересмотр подхода к управлению производством. Раньше роль директора завода заключалась в том, чтобы контролировать работу предприятия и решать возникающие проблемы, а также направлять сотрудников для достижения целевых значений КПЭ. Однако в новых условиях, когда операторы могут принимать решения на основе более подробных и глубоких данных и информации, поступающей напрямую от оборудования технологической линии, роль директора и его функции меняются. Теперь директор может сосредоточиться на задачах сопоставления и анализа для совершенствования работы предприятия. Этим изменениям дополнительно способствует постоянное расширение сети взаимосвязанных «умных» предприятий, в которой каждый директор может анализировать показатели эффективности своего предприятия в сравнении с другими.

Лилиан Об (Lilian Aube), представитель профсоюза работников завода в Ле-Водрёй, Schneider Electric



«Чтобы добиться устойчивых изменений в процессе цифровой трансформации, необходимо объединить усилия сотрудников на всех уровнях компании. На заводе в Ле-Водрёй мы стали свидетелями быстрого развития методов работы и внедрения в производственную среду новых инструментов, таких как робокары, планшеты, коботы, прогностическое ПО и средства работы с большими данными.

Сегодня в нашем бизнесе нужны новые навыки — благодаря программам обучения и возможности разнообразить работу сотрудники очень хорошо воспринимают нововведения. В нашей работе становится меньше рутинных и больше интересных задач. Повышается уровень промышленной безопасности — этому способствует использование сверхбезопасных робокаров и дистанционный доступ к оперативной производственной информации с мобильного устройства. Сотрудники ценят возможность участвовать во внедрении новых технологий с самых ранних этапов — это позволяет им ощущать себя полноправными участниками процесса трансформации. Мы также ожидаем волны повышений среди сотрудников на производстве, которые будут становиться более ценными для компании по мере роста квалификации и освоения новых навыков.

Эти небольшие изменения уже показывают, что на уровне предприятия благодаря цифровизации мы сможем снизить уровень риска, ускорить реагирование и модернизировать методы работы. А на уровне компании новые методы производства дадут прирост эффективности и производительности».

Софи Гружье (Sophie Grugier), старший вице-президент по управлению глобальной сетью поставок, Schneider Electric



«С внедрением технологий четвертой промышленной революции в цепочке поставок появляется новый способ взаимодействия людей и машин. Цифровизация производственных и складских процессов одновременно способствует повышению эффективности и более устойчивому развитию. Как и раньше, знания и навыки людей необходимы для понимания и управления, но теперь они могут использоваться в сочетании с системами на основе искусственного интеллекта. Эти системы, применяемые на уровне производственных установок или процессов, помогают строить неочевидные выводы и решать сложные задачи. В таком взаимодействии человека и технологии заключается истинная ценность цифровой трансформации.

Одним из ключевых факторов успешного широкого внедрения цифровых технологий является подход компании к управлению изменениями в процессе цифровой трансформации и коммуникации этих изменений. Сотрудники Schneider Electric участвуют в процессе цифровой трансформации с самого начала — это гарантирует, что новые технологии будут действительно полезны в их повседневной работе.

Не всем сотрудникам привычно проверять состояние оборудования с помощью планшета — раньше они использовали другой человеко-машинный интерфейс. В процессе внедрения цифровых технологий мы на собственном опыте убедились, что обмен опытом с коллегами и сотрудничество между предприятиями — весьма эффективные средства, способствующие успешному управлению преобразованиями. В результате ускоряется внедрение и повышается эффективность изменений, а также подтверждается возможность организации «умного» и экологически чистого производства — все это способствует достижению глобальной цели по переходу к экологически устойчивой промышленности».

# Авторы

Всемирный экономический форум выражает признательность всем, кто участвовал в подготовке настоящего документа, и в особенности представителям рассмотренных «маяков».

**Сергей Чеботарев**, вице-президент по энергетике, НЛМК  
**Лоик Ренье (Loic Regnier)**, директор по стратегическим инновациям, Schneider Electric  
**Шветха Шетти (Shwetha Shetty)**, старший директор по корпоративной стратегии, SAP  
**Маджид Гваиз (Majid Gwaiz)**, главный куратор проектов СУУТП, Saudi Aramco  
**Кристиан Хеккер (Christian Haecker)**, руководитель направления аддитивного производства, Oerlikon  
**Штеффен Ланг (Steffen Lang)**, глобальный технический директор, Novartis  
**Рави Кумар (Ravi Kumar)**, доктор наук, младший вице-президент и руководитель группы по современным инженерным технологиям, Infosys  
**Барт Таллоен (Bart Talloen)**, вице-президент по стратегии и развитию цепочки поставок, Johnson & Johnson  
**Джеффри Уилкокс (Jeffrey Wilcox)**, вице-президент по цифровой трансформации, Lockheed Martin  
**Рене Маккаскл (Renee McKaskle)**, старший вице-президент и директор по информационным технологиям, Hitachi  
**Алы Вагдан (Aly Wahdan)**, директор завода, Procter & Gamble  
**Рик Фулоп (Ric Fulop)**, основатель и генеральный директор, Desktop Metal  
**Андреас Кунце (Andreas Kunze)**, генеральный директор и сооснователь, KONUX  
**Карл Воз (Carl Vause)**, генеральный директор, Soft Robotics  
**Лука Кремона (Luca Cremona)**, директор по развитию бизнеса, Rold  
**Мэлони Уайз (Melonee Wise)**, генеральный директор, Fetch Robotics  
**Натан Линдер (Natan Linder)**, генеральный директор, Tulip Interfaces  
**Андреас Браун (Andreas Braun)**, руководитель отдела, Bosch Automotive  
**Лу Расси (Lou Rassey)**, генеральный директор, Fast Radius  
**Алан Амлинг (Alan Amling)**, вице-президент по корпоративной стратегии, UPS  
**Менно ван дер Винден (Menno van der Winden)**, главный менеджер по углубленной аналитике, Tata Steel  
**Джон О'Салливан (John O'Sullivan)**, глобальный директор по закупкам ИТ-продуктов для фармацевтического направления, Bayer  
**Кристиан Патрон (Christian Patron)**, руководитель направления инноваций, цифровизации, работы с данными и аналитики, BMW Group  
**Марсель Айгнер (Marcel Eigner)**, специалист по стратегии цифровизации производства и использованию интеллектуальной аналитики в производственной системе, BMW Group  
**Нил Мелдрам (Neal Meldrum)**, руководитель по вопросам бизнес-стратегии, Microsoft  
**Маттиас Рёзе (Matthias Roese)**, главный технолог — промышленное производство, автомобилестроение и интернет вещей, Hewlett Packard Enterprise  
**Цзюнь Ни (Jun Ni)**, директор центра технологических исследований, Мичиганский университет  
**Кристин Ван Влит (Krystyn Van Vliet)**, профессор, Массачусетский технологический институт (MIT)  
**Джерemi Эдвардс (Jeremy Edwards)**, профессор, Кембриджский университет

## Рабочая группа проекта

Всемирный экономический форум

**Хелена Лёрэн (Helena Leurent)**, руководитель системной программы Future of Production («Будущее промышленного производства»), член исполнительного комитета  
**Франсиско Бетти (Francisco Betti)**, ведущий участник программы Future of Production («Будущее промышленного производства»)  
**Джайянт Нарайян (Jayant Narayan)**, руководитель проектов, участник программ Future of Production («Будущее промышленного производства») и Global Leadership («Глобальное лидерство»)

McKinsey & Company

**Энно де Бёр (Enno de Boer)**, партнер, ведущий партнер ВЭФ по исследованию  
Technology and Innovation for the Future of Production

**Адриан Видмер (Adrian Widmer)**, менеджер проектов, прикомандирован к ВЭФ

**Диего Эрнандес Диас (Diego Hernandez Diaz)**, менеджер проектов, прикомандирован к ВЭФ

**Кэти Джордж (Katy George)**, старший партнер

**Варун Марья (Varun Marya)**, старший партнер

**Кристоф Шмитц (Christoph Schmitz)**, старший партнер

**Ричард Келли (Richard Kelly)**, партнер

**Мехди Миремади (Mehdi Miremadi)**, партнер

**Дину Никулеску (Dinu Niculescu)**, партнер

**Форест Ху (Forest Hou)**, старший эксперт

Рабочая группа выражает благодарность Полу Камбо (Paul Cumbo) за помощь в написании этих материалов.

## Ссылки

1. Aharon, Dan; Bisson, Peter; Bughin, Jacques; Chui, Michael; Dobbs, Richard; Manyika, James; Woetzel, Jonathan. McKinsey Global Institute. The Internet of Things: Mapping the Value Behind the Hype. June 2015. [https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.ashx](https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx) (дата обращения: 09.11.2018).
2. <http://wdi.worldbank.org/table/4.2#> (дата обращения: 09.11.2018).
3. <https://www.strategy-business.com/feature/00370?gko=e606a> (дата обращения: 09.11.2018).
4. Bughin, Jacques; Chui, Michael; Joshi, Raoul; Manyika, James; Seong, Jeongmin. McKinsey Global Institute. Notes From the AI Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy. Discussion Paper, September 2018. <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Notes%20from%20the%20frontier%20Modeling%20the%20impact%20of%20AI%20on%20the%20world%20economy/MGI-Notes-from-the-Alfrontier-Modeling-the-impact-of-AI-on-the-world-economy-September-2018.ashx> (дата обращения: 07.11.2018).
5. Там же.
6. Batra, Parul; Bughin, Jacques; Chui, Michael; Ko, Ryan; Lund, Susan; Manyika, James; Sanghvi, Saurabh; Woetzel, Jonathan. McKinsey Global Institute. Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation. December 2017. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi-jobs-lostjobs-gained-report-december-6-2017.ashx> (дата обращения: 07.11.2018).
7. Там же.
8. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Small Businesses, Job Creation and Growth: Facts, Obstacles and Best Practices, Paris. <https://www.oecd.org/cfe/smes/2090740.pdf> (дата обращения: 09.11.2018).
9. Bolz, Leah; Freund, Heike; Kasah, Tarek; Koerber, Bodo. Digital McKinsey. Leveraging Industrial Software Stack Advancement for Digital Transformation, August 2018. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/iiot%20platforms%20the%20technology%20stack%20as%20value%20driver%20in%20industrial%20equipment%20and%20machinery/fnal-report-leveraging-industrial-software-stackadvancement-for-digital-transformation.ashx> (дата обращения: 09.11.2018).
10. Результаты анкетирования представителей «маяков», подготовленного и проведенного Всемирным экономическим форумом и McKinsey.
11. Schwab, Klaus. "Grappling With Globalization 4.0." Project Syndicate. 5 November 2018. <https://www.project-syndicate.org/commentary/globalization-4-0-by-klaus-schwab-2018-11> (дата обращения: 13.11.2018).
12. "Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C Approved by Governments." International Panel on Climate Change (IPCC) press release. 8 October 2018. [https://www.ipcc.ch/pdf/session48/pr\\_181008\\_P48\\_spm\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/session48/pr_181008_P48_spm_en.pdf) (дата обращения: 21.11.2018).
13. "Past Earth Overshoot Days." Earth Overshoot Day, Global Footprint Network 2018. <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/> (дата обращения: 21.11.2018).
14. "Key Lessons from National Industry 4.0 Policy Initiatives in Europe." Digital Transformation Monitor. European Commission. May 2017. [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM\\_Policy%20initiative%20comparison%20v1.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Policy%20initiative%20comparison%20v1.pdf) (дата обращения: 13.11.2018).
15. Bughin, Jacques; Manyika, James; Woetzel, Jonathan. McKinsey Global Institute. Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation. December 2017. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi-jobs-lost-jobs-gained-report-december-6-2017.ashx> (дата обращения: 07.11.2018).

16. Ellingrud, Kweilin. "The Upside of Automation: New Jobs, Increased Productivity and Changing Roles for Workers." *Forbes*. 23 Oct 2018. <https://www.forbes.com/sites/kweilinellingrud/2018/10/23/the-upside-of-automation-new-jobsincreased-productivity-and-changing-roles-for-workers/#130325c57df0> (дата обращения: 12.11.2018).
17. "Enhancing the Contributions of SMEs in a Global and Digitalized Economy." OECD. Meeting of the OECD Council at Ministerial Level. Paris, 7–8 June 2017. <http://www.oecd.org/mcm/documents/C-MIN-2017-8-EN.pdf> (дата обращения: 28.11.2018).
18. "Remarks by the President on Securing Our Nation's Cyber Infrastructure." The White House, Office of the Press Secretary. 29 May 2009. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/remarks-president-securing-ournations-cyber-infrastructure> (дата обращения: 12.11.2018).
19. Poppensieker, Thomas; Richter, Wolf; Riemenschnitter, Rolf; Scherf, Gundbert. "Digital and Risk: A New Posture for Cyberrisk in a Networked World." McKinsey & Company. March 2018. [https://www.mckinsey.com/de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/publikationen/2018%20compendium/a%20new%20posture%20for%20cybersecurity%20in%20a%20networked%20world/kompendium\\_03\\_cyberrisk-2.ashx](https://www.mckinsey.com/de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/publikationen/2018%20compendium/a%20new%20posture%20for%20cybersecurity%20in%20a%20networked%20world/kompendium_03_cyberrisk-2.ashx) (дата обращения: 12.11.2018).
20. Perloth, Nichole and Krauss, Clifford. "A Cyberattack in Saudi Arabia Had a Deadly Goal. Experts Fear Another Try." *The New York Times*. 15 March 2018. <https://www.nytimes.com/2018/03/15/technology/saudi-arabia-hackscyberattacks.html> (дата обращения: 13.11.2018).
21. "Global Warming of 1.5°C". Intergovernmental Panel on Climate Change. 8 October 2018. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/> (дата обращения: 12.11.2018).



---

COMMITTED TO  
IMPROVING THE STATE  
OF THE WORLD

---

Всемирный экономический форум — международная организация государственно-частного сотрудничества, которая ставит своей задачей улучшение ситуации в мире.

В Форуме участвуют руководители государств, лидеры мирового бизнеса и общественные деятели, которые формируют глобальную, региональные и отраслевые повестки дня.

---

Всемирный экономический форум

91–93 route de la Capite  
CH-1223 Coligny/Geneva  
Швейцария  
Телефон: +41 22 869 1212  
Факс: +41 22 786 2744  
contact@weforum.org  
www.weforum.org