

# BCG

THE BOSTON CONSULTING GROUP

## «Индустрия 4.0»

*Будущее производительности и роста в промышленности*



The Boston Consulting Group (BCG) — международная компания, специализирующаяся на управленческом консалтинге, ведущий консультант по вопросам стратегии бизнеса. Нашими партнерами являются частные, государственные и некоммерческие организации во всех отраслях и регионах мира. Вместе мы работаем над тем, чтобы выявить наилучшие возможности создания стоимости, найти оптимальные решения важнейших задач и преобразовать бизнес. Наш подход индивидуален: глубокий анализ динамики развития компаний и рынков сочетается с тесным сотрудничеством на всех уровнях управления компании клиента. Такой подход обеспечивает нашим клиентам устойчивое конкурентное преимущество, эффективность организации и долгосрочные результаты. Созданная в 1963 году, сегодня компания BCG имеет глобальную сеть из 82 офисов в 46 странах. Более подробную информацию можно найти на нашем сайте [www.bcg.com](http://www.bcg.com)

В России BCG работает с 1990 года, офис в Москве был открыт в 1994 году. Компания BCG в России сотрудничает с крупнейшими организациями во всех отраслях экономики страны.

Дополнительную информацию можно найти на нашем глобальном сайте [www.bcg.com](http://www.bcg.com) и/или российском сайте [www.bcg.ru](http://www.bcg.ru).



THE BOSTON CONSULTING GROUP

# «Индустрия 4.0»

*Будущее производительности и роста  
в промышленности*

**Майкл Рюссманн, Маркус Лоренц, Филипп Герберт, Мануэла Вальднер,  
Ян Юстус, Паскаль Энгель и Михаэль Харниш**

Апрель 2015 г.

## КРАТКИЙ ОБЗОР

---

«Индустрия 4.0» преобразует процесс проектирования, изготовления, эксплуатации и обслуживания продуктов и производственных систем. Возможность «общения» и взаимодействия между элементами систем, машинами и людьми увеличит производительность на целых 30% и на 25% повысит эффективность работы, а также поднимет массовое производство по индивидуальным заказам на новый уровень.

### **Трансформация производства**

Производство превратится из отдельных автоматизированных участков в полностью интегрированные автоматизированные системы, которые взаимодействуют друг с другом и позволяют повысить гибкость, скорость, производительность и качество. Например, в высокотехнологичной производственной сфере Германии «Индустрия 4.0» может повысить эффективность на 5–8% от полных производственных затрат в течение десяти лет, что в сумме составит от 90 до 150 млрд евро.

### **Преимущества в области доходов, занятости и инвестиций**

Влияние технологий «Индустрии 4.0» будет значительным. Наше исследование показывает, что за десять лет в одной только Германии они добавят около 1% в год к ВВП, позволят создать 390 000 рабочих мест и на 250 млрд евро повысить инвестиции в производство (что составляет от 1 до 1,5% от выручки производителей). Хотя переход к инфраструктуре «Индустрия 4.0» в целом может занять 20 лет, в ближайшие 5–10 лет будут реализованы ключевые достижения, появятся победители и проигравшие.

**Т**ЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ достижения в ходе промышленной революции существенно повысили производительность. Благодаря паровому двигателю в XIX веке появились заводы, электрификация позволила в начале XX века перейти к массовому производству, в 1970-х годах производство стало автоматизированным. Однако в последующие десятилетия технологические достижения в области промышленности были незначительными, особенно по сравнению с прорывами, преобразовавшими информационные технологии, мобильную связь и электронную коммерцию.

Тем не менее сейчас мы столкнулись с четвертой волной развития технологий: с возникновением новой цифровой промышленной технологии, известной как «Индустрия 4.0», трансформацией, в основе которой лежат девять фундаментальных технологических достижений (см. рис. 1). Данная технология делает возмож-

**Рис. 1 | 9 технологий изменят промышленное производство**



Источник: BCG.

ным взаимодействием между датчиками, машинами, производственными объектами и ИТ-системами по всей цепочке создания стоимости за пределами одного предприятия. Эти взаимосвязанные системы (также называемые киберфизическими системами) могут взаимодействовать друг с другом с помощью стандартных интернет-протоколов и анализировать данные с целью прогнозирования неполадок, формирования собственной конфигурации и адаптации к изменениям. «Индустрия 4.0» позволит собирать и анализировать данные со всех машин, обеспечивая более быстрые, гибкие и эффективные процессы производства товаров более высокого качества при более низких затратах. Это, в свою очередь, позволит повысить производительность труда, изменить экономику, стимулировать промышленный рост и преобразовать профиль трудовых ресурсов. В конечном счете изменится конкурентоспособность компаний и регионов.

В данном отчете приводятся описание девяти технологических тенденций, которые являются строительными блоками инфраструктуры «Индустрия 4.0», и исследование их потенциальной технической и экономической выгоды для изготовителей и поставщиков производственного оборудования. Для наглядной демонстрации результатов приводится анализ конкретных примеров из производственной практики Германии, которая считается мировым лидером промышленной автоматизации.

## Девять столпов технологического прогресса

Многие из девяти технологических достижений, которые лежат в основе технологий «Индустрия 4.0», уже используются в производстве, но с внедрением «Индустрии 4.0» они преобразуют производственный процесс: изолированные, оптимизированные ячейки будут объединены в полностью интегрированный, автоматизированный и оптимизированный производственный поток, что приведет к повышению эффективности и изменит традиционные производственные отношения между поставщиками, производителями и клиентами, а также между человеком и машиной (см. рис. 2).

### БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И АНАЛИТИКА

Аналитика, основанная на больших массивах данных, появилась в производственной сфере совсем недавно. Она позволяет оптимизировать качество производства, экономить энергию и повышать уровень обслуживания оборудования. В контексте «Индустрии 4.0» сбор и всесторонний анализ данных из множества различных источников — производственного оборудования и систем, а также систем управления предприятием и работой с клиентами — станут стандартным процессом, способствующим принятию решений в реальном времени.

Например, производитель полупроводников Infineon Technologies смог снизить количество дефектов путем корреляции данных однокриповых схем, полученных на этапе тестирования в конце производственного процесса, с данными по особенностям этого процесса, полученными ранее на этапе проверки состояния платы. Таким образом, Infineon может выявлять особенности, позволяющие отсеивать дефектные чипы на раннем этапе производственного процесса и повышать качество продукции.

### Автомомные роботы

Производители во многих отраслях уже давно используют роботов для выполнения сложных задач, но робототехника развивается и позволяет получать еще



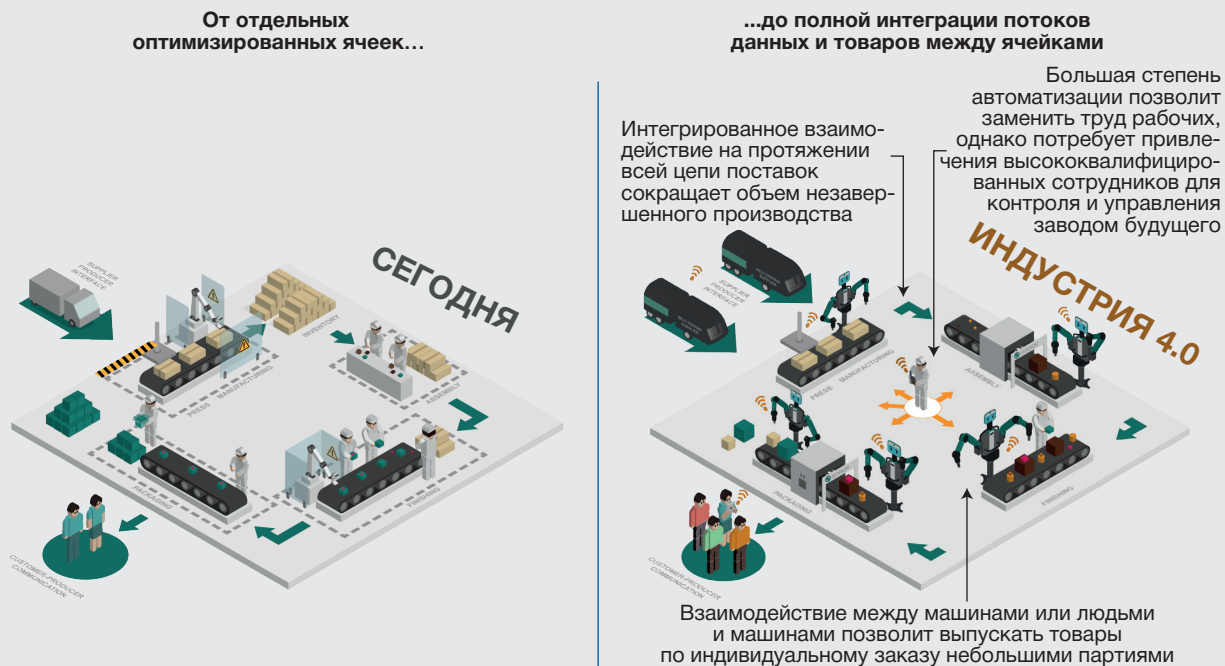
большую пользу. Роботы становятся более автономными, гибкими и способными к совместной работе. В конечном счете они будут взаимодействовать друг с другом и без всякого риска работать бок о бок с людьми и учиться у них. Такие роботы будут стоять меньше и будут иметь более широкий диапазон возможностей, чем роботы, используемые в производстве сегодня.

Например, Kuka, европейский производитель роботизированных систем, предлагает автономных роботов, взаимодействующих друг с другом. Эти роботы взаимосвязаны таким образом, что могут работать вместе и автоматически адаптировать свои действия так, чтобы поставить на конвейер следующий незаконченный продукт. Высокотехнологичные датчики и блоки управления обеспечивают тесное взаимодействие с людьми. Точно так же поставщик промышленных роботов ABB запускает двурукого робота под названием YuMi, который предназначен для сборки продукции (такой, как бытовая электроника) совместно с людьми. Две мягкие руки и компьютерное видение позволяют осуществлять безопасное взаимодействие и распознавание частей.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ

На этапе конструкторской разработки уже используется 3D-моделирование продуктов, материалов и производственных процессов, но в будущем моделирование будет более широко использоваться также в процессе производства. В процессе такого моделирования будут использоваться данные в режиме реального времени, что позволит отразить материальный мир в виртуальной модели, объединяющей машины, продукты и людей. Это позволит операторам проверять и оптимизировать параметры оборудования для сборки следующего продукта виртуально перед тем, как осуществить перенастройку физически. Таким образом, сократится время наладки оборудования и повысится качество.

**Рис. 2 | «Индустрия 4.0» меняет традиционные отношения на производстве**



Источник: BCG.

Так, компания Siemens и немецкий поставщик станков разработали виртуальную машину, которая может моделировать механическую обработку частей, используя данные реального оборудования. Это позволяет сократить время наладки в процессе механической обработки на целых 80%.

### **ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ**

Большая часть современных ИТ-систем не является полностью интегрированной. Компании, поставщики и клиенты редко связаны напрямую. То же касается и отделов — таких, как технологический, производственный и сервисный. Функции — от уровня всего предприятия до уровня цехов — также не являются полностью интегрированными. Даже сама инженерная деятельность (на уровне продуктов, заводов и автоматизации) остается недостаточно интегрированной. Однако с приходом «Индустрии 4.0» компании, отделы, функции и квалификации станут намного более целостными, что будет связано с развитием универсальных сетей интеграции данных внутри компании и установлением по-настоящему автоматизированных цепочек создания стоимости.

Например, компании Dassault Systèmes и BoostAeroSpace запустили совместную платформу для европейской аэрокосмической и оборонной промышленности. Платформа AirDesign выступает в качестве общего рабочего пространства для сотрудничества в областях проектирования и производства и предоставляется как услуга в облаке с контролируемым доступом. Она позволяет управлять сложной задачей обмена продуктами и данными о продуктах между несколькими партнерами.

### **ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В настоящее время датчики и машины только нескольких производителей объединены в единую сеть и используют встраиваемые вычислительные системы. Как правило, они организованы в вертикальную пирамиду, в которой датчики и полевые устройства с ограниченным интеллектом и контроллерами автоматизации поставляют данные для всеобъемлющей системы управления производственным процессом. Но с приходом Интернета вещей в промышленность большее количество устройств (иногда включая даже незавершенные продукты) будет оборудовано встроенными вычислительными системами и объединено с использованием стандартных технологий. Это позволит рядовым устройствам коммуницировать и взаимодействовать как друг с другом, так и с более централизованными контроллерами по мере необходимости. Это также позволит децентрализовать аналитику и принятие решений, обеспечивая ответы в режиме реального времени.

Bosch Rexroth, поставщик систем привода и управления, внедрил полуавтоматизированный децентрализованный процесс производства на объектах по изготовлению клапанов. Продукты определяются по кодам радиочастотной идентификации, и рабочие станции «знают», какие производственные этапы необходимо выполнить по отношению к каждому из продуктов, и могут адаптироваться для выполнения конкретных операций.

### **КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ**

Многие компании продолжают опираться на неподключенные или закрытые системы управления и производства. С ростом подключений к Интернету и использования стандартных протоколов передачи информации, поставляющихся в рамках «Индустрии 4.0», существенно увеличивается и необходимость защищать критические промышленные системы и линии производства от угроз кибер-



безопасности. В результате особенно важными становятся надежность и безопасность подключений, а также сложной системы управления идентификационной информацией и доступом в машинной среде и среди пользователей.

За прошлый год несколько поставщиков промышленного оборудования объединили усилия с компаниями, обеспечивающими кибербезопасность, заключив партнерства или путем их приобретения.

### **Облачные технологии**

Компании уже пользуются облачным программным обеспечением на некоторых предприятиях и в аналитических приложениях, но «Индустрия 4.0», будучи более ориентированной на производство, потребует роста коллективного использования данных за пределами сайтов и компаний. В то же время производительность облачных технологий вырастет, достигнув времени реагирования в несколько миллисекунд. В результате параметры работы оборудования и функционал продолжат разворачиваться в облаке, обеспечивая производственные системы услугами, более ориентированными на данные. Даже системы, которые отслеживают и контролируют процессы, могут быть основанными на облачных технологиях.

Поставщики систем организации производства — одни из тех компаний, которые начали предлагать облачные решения.

### **Технологии послойной печати**

Компании только начали использовать технологии послойной печати, например 3D-печать, прибегая к ним в основном для создания прототипов и производства индивидуализированных компонентов. В рамках «Индустрии 4.0» эти методы послойной печати будут широко использоваться для производства небольших партий продуктов на заказ, обеспечивая преимущества в области строительства, например для производства сложных легких конструкций. Высокопроизводительные децентрализованные системы послойной печати позволяют сократить расстояния транспортировки и наличный запас продукции.

Например, аэрокосмические компании уже используют технологии послойной печати, что позволяет применять новые конструкции, уменьшающие вес самолета, снижать расходы на сырье и материалы, такие как титан.

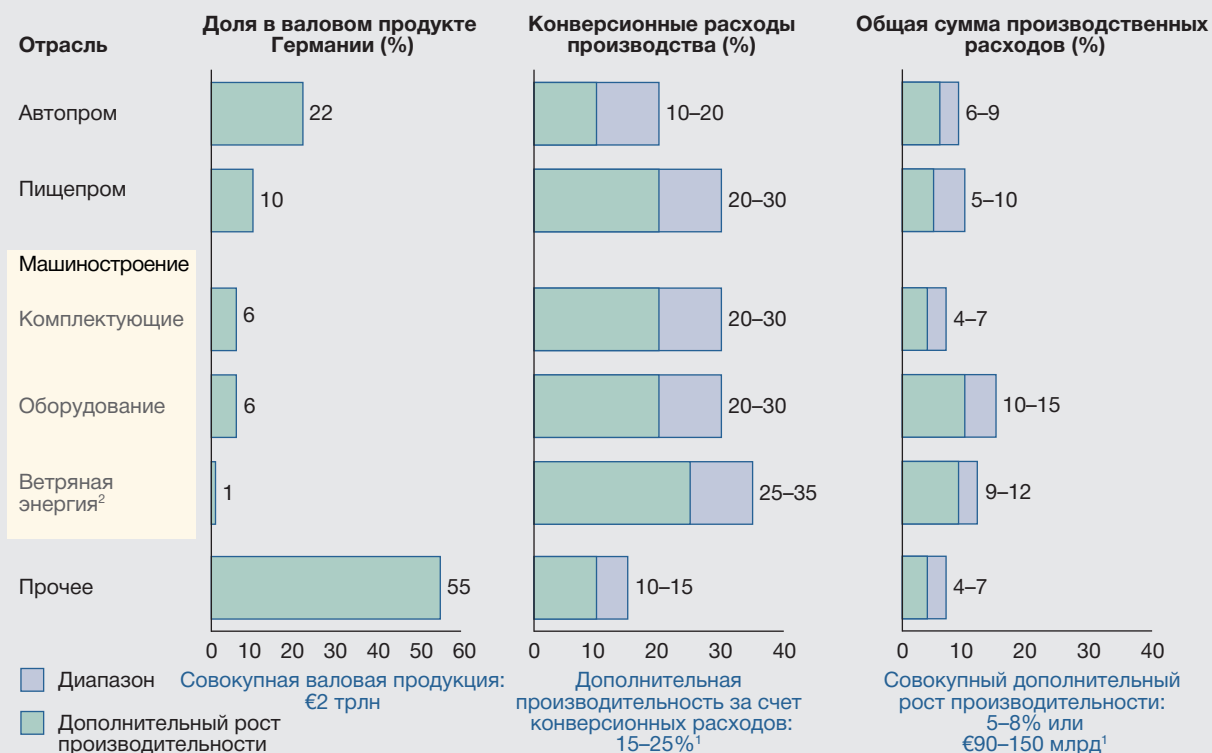
### **Дополненная реальность**

Системы на основе дополненной реальности поддерживают различные сервисы, такие как отбор деталей на складе и отправка инструкций по ремонту на мобильные устройства. В настоящее время эти системы находятся в зачаточном состоянии, но в будущем компании будут использовать дополненную реальность гораздо шире, чтобы обеспечивать работников информацией в режиме реального времени, что позволит улучшить процесс принятия решений и оптимизировать рабочий процесс.

Например, работники могут получать инструкции по замене той или иной части в тот момент, когда они непосредственно смотрят на нуждающуюся в ремонте систему. Эта информация может быть отображена непосредственно в поле зрения рабочих с помощью таких устройств, как очки с дополненной реальностью.

Другое приложение технологии — виртуальное обучение. Компания Siemens разработала виртуальный учебный модуль оператора завода для своего программного

**Рис. 3 | В Германии «Индустрия 4.0» приведет к значительному росту производительности**



**Источники:** Федеральное статистическое управление Германии; интервью со специалистами; анализ BCG.

**Примечание:** Конверсионные расходы = производственные расходы после вычета материальных расходов.

<sup>1</sup> Дополнительный совокупный эффект для отраслей обрабатывающей промышленности, включая инвестиции, дополнение к обычной производительности увеличивается.

<sup>2</sup> Строительство ветровых электростанций входит в машиностроение (включая технические компоненты, вышку и гондолу ветровой турбины).

обеспечения Comos, использующий реалистичную 3D-среду на основе данных при помощи очков дополненной реальности, что позволяет обучать сотрудников завода справляться с чрезвычайными ситуациями. В этом виртуальном мире операторы могут научиться взаимодействовать с машинами, нажав на кнопку subegetrepresentation (виртуальное представление). Они также могут менять параметры и получать оперативные данные и инструкции по техническому обслуживанию.

## Эффект от «Индустрии 4.0»

Среди компаний в Европе, США и Азии уже началась гонка по применению элементов «Индустрии 4.0».

### Количественная оценка эффекта: пример Германии

Чтобы дать количественную оценку потенциальных последствий принятия «Индустрии 4.0», мы проанализировали перспективы производства в Германии и обнаружили, что четвертая волна технического прогресса принесет пользу в следующих четырех областях:

- **Производительность.** В ближайшие 5–10 лет большее количество компаний начнет применять «Индустрию 4.0», что повысит производительность во всех производственных секторах промышленности Германии с 90 до 150 млрд евро. Повышение производительности предельных расходов, за исключением

**Рис. 4 | «Индустрия 4.0» приведет к росту занятости в обрабатывающей промышленности**



**Рост производительности требует существенного изменения профиля квалификаций**

**Источники:** Федеральное статистическое управление Германии; анализ BCG.

стоимости материалов, составит от 15 до 25%. После включения материалов в затраты будет достигнут прирост производительности от 5 до 8%. Эти улучшения будут варьироваться в зависимости от отрасли. Например, производители промышленных компонентов собираются достичь наиболее заметных улучшений с точки зрения производительности (от 20 до 30%), а автомобильные компании могут рассчитывать на рост от 10 до 20% (см. рис. 3).

- **Рост выручки.** «Индустрия 4.0» также будет способствовать росту выручки. Спрос производителей на усовершенствованное оборудование и новые приложения для работы с данными, а также потребительский спрос на большее разнообразие все более и более индивидуализированных продуктов поспособствует дополнительному росту в объеме около 30 млрд евро в год, что составляет примерно 1% от ВВП Германии.
- **Занятость.** Анализируя влияние «Индустрии 4.0» на немецкое производство, мы обнаружили, что рост, который она стимулирует, приведет к 6-процентному росту занятости в течение ближайших десяти лет (см. рис. 4). А спрос на работников машиностроительного сектора может вырасти еще больше — на целых 10% за тот же период. Тем не менее потребуются другие навыки. В краткосрочной перспективе тенденция к большей автоматизации будет вытеснять работников с низкой квалификацией, выполняющих простые, повторяющиеся задачи. В то же время все более широкое использование программного обеспечения, связности и аналитики будет увеличивать спрос на сотрудников, обладающих компетенциями в сфере разработки программного обеспечения и ИТ-технологий, например специалистов по мехатронике с навыками разработки программного обеспечения (мехатроника — область техники, включающая несколько инженерных дисциплин.) Эта трансформация компетенций является одной из ключевых задач.

## ПРЕИМУЩЕСТВА БОЛЕЕ ГИБКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ (КОМПЛЕКТУЮЩИХ) КОМПОНЕНТОВ

На примере производителя компонентов мы покажем, как «Индустрия 4.0» может изменить процесс производства в течение следующих 10–20 лет.

### Интеграция производственных и логистических процессов

Трансформация начинается с интеграции производственных и логистических процессов и соответствующих ИТ-систем. Она подразумевает обмен данными о товаре и производстве в рамках компании, а также с клиентами и поставщиками. В частности, поставщики выиграют от обмена данными в области проектирования и поставок.

В ходе производственного процесса взаимодействие между людьми, машинами, деталями и товарами будет происходить в реальном времени.

Системы, которые на сегодняшний день являются собственностью компании, превратятся в переплетенные иерархические сети со стандартизированными и открытыми интерфейсами.

Данные будут храниться в облаке с целью повышения доступности и точности. Это позволит более гибко реагировать на изменения (как ожидаемые, так и неожиданные) в процессе производства.

### Укрепление взаимодействия между машинами и людьми

В процессе производства каждая деталь получит свой идентификационный код или даже небольшой встроенный микрокомпьютер, благодаря которому автономные

роботы смогут получать информацию об этапах производства и задавать последующие технологические операции. Такие инструкции будут более «объектно-направленными», чем используемая система команд, ориентированных на мелкие задачи.

Например, вместо точных указаний, куда повернуть какую-либо часть манипулятора, робот получит команду просверлить отверстие в определенном месте, выбрать нужный инструмент и решить, каким образом выполнить эту задачу. В процессе выполнения своей более рациональной команды он может взаимодействовать с другими роботами для координации их соответствующих движений и увеличения объема производства. Он также может работать в тесном сотрудничестве с людьми.

Такое расширенное взаимодействие между машинами и людьми поможет производителям компонентов изготавливать различные виды компонентов на одной производственной линии, но в меньшем объеме, где это выгодно. Качество продукции повысится за счет сокращения доли ручного труда и расширенного использования данных в реальном времени для обнаружения проблем.

### Повышение эффективности непосредственно на производстве

Автоматизация также позволит повысить эффективность логистических операций на производстве.

Автономные транспортные средства будут работать с помощью нескольких роботов, которые будут распределять поставляемые материалы

на основе актуальных данных об операциях. Эти транспортные средства смогут передвигаться по заводу с помощью лазерной навигации и обмениваться информацией с другими машинами благодаря беспроводным сетям. Соответствующие роботы будут автоматически находить и выбирать правильные материалы для последующих производственных процессов.

На самом деле преимущества автоматизации в сфере логистики будут выражаться в значительной экономии — 50% — для производителя (см. рис. ниже).

Экономия в других областях составит 30% в оплате труда, операционных издержек и накладных расходов и проявится в течение 5–10 лет. Интеграция производственных и логистических процессов не только будет более экономически эффективной, но и поможет сократить время производственного цикла на 30%.

Для внедрения этих технологий потребуется увеличить инвестиции примерно на 35%.

### «Индустрия 4.0» повысит производительность изготовления комплектующих на 4–7%

Механизмы	Комментарий
<b>Интеграция производственных и логистических процессов</b>	<p><b>Оценка:</b> Полная вертикальная (внутренняя) и горизонтальная (поставщики, клиенты) интеграция данных</p> <p><b>Результат:</b> Немедленное отражение изменений в производственном процессе в производственных системах</p>
<b>Гибкое мелко-серийное производство</b>	<p><b>Оценка:</b> Полностью автоматизированное мелкосерийное производство</p> <p><b>Результат:</b> Сокращение времени и затрат на настройку/наладку оборудования</p>
<b>Автономные системы консигнационных поставок</b>	<p><b>Оценка:</b> Автоматизированные системы транспортировки и консигнационных поставок</p> <p><b>Результат:</b> Сокращение числа ошибок ввиду непрерывности процесса, а также времени поставок</p>
<p>Совокупность этих механизмов позволит сократить время одного цикла от трех дней до одного дня</p>	

**Источник:** анализ BCG.

**Примечание:** Конверсионные расходы = производственные расходы после вычета материальных расходов.

<sup>1</sup> Совокупный эффект расходов на оплату труда зависит от сокращения и увеличения числа сотрудников.

#### Количественная оценка



- *Инвестиции.* По нашим оценкам, адаптация производственных процессов для использования «Индустрии 4.0» потребует от немецких производителей инвестировать около 250 млрд евро в течение ближайших десяти лет (примерно от 1 до 1,5% выручки производителей).

Предполагаемые выгоды в Германии иллюстрируют потенциальное влияние «Индустрии 4.0» на производственный сектор во всем мире. «Индустрия 4.0» будет оказывать прямое влияние на производителей и их трудовые ресурсы, а также на компании, поставляющие производственные системы.

#### **Производители: трансформация процессов и производственных систем**

Новая волна производства отразится на всей цепочке создания стоимости — от проектирования продукта до послепродажного обслуживания.

- Производственные процессы, входящие в цепочку создания стоимости, будут оптимизированы с помощью интегрированных ИТ-систем. В результате на смену замкнутым сегментам придут полностью автоматизированные, интегрированные производственные линии.
- Продукты, производственные процессы и автоматизация производства будут разработаны и воплощены в виртуальной среде как единый комплексный процесс с помощью совместных усилий производителей и поставщиков. Физические прототипы будут сведены к минимуму. (См. врезку «Преимущества более гибкого производственного процесса для производителей компонентов».)
- Производственные процессы станут более гибкими, а компании смогут производить товар небольшими партиями. Эта гибкость будет обеспечена взаимодействием между роботами, умными машинами и умными продуктами и их способностью принимать автономные решения. (См. врезку «Автомобили и новая волна автоматизации».)
- Приборы и детали машин будут обладать способностью к обучению и оптимизации — например, путем изменения своих настроек в зависимости от характеристик продукта на данном этапе производства. Это приведет к совершенствованию производственных процессов.
- Автоматизация логистики с применением автономных машин и роботов будет включать в себя автоматическое изменение настроек согласно потребностям производства.

«Индустрия 4.0» обеспечит более оперативное удовлетворение потребностей клиента, чем можно себе представить сегодня. Ее технологии позволят сделать производственный процесс более гибким, быстрым, продуктивным и качественным. Кроме того, «Индустрия 4.0» послужит основой для внедрения новых бизнес-моделей, производственных процессов и других инноваций. Промышленные производители будут инвестировать капитал в технологии «Индустрии 4.0» для того, чтобы сделать свои предложения более привлекательными и персонализированными, что позволит выйти на новый уровень массового производства по индивидуальным заказам.



## АВТОМОБИЛИ И НОВАЯ ВОЛНА АВТОМАТИЗАЦИИ

В автомобильной промышленности мелкосерийное производство обеспечивает большую гибкость при сварке, герметизации швов и сборке при помощи соответствующих автономных роботов.

Например, фиксированный зажимный механизм, который сейчас используется при сварке, будет усовершенствован до уровня адаптивных промышленных роботов, способных держать и вращать каждую деталь в соответствии с индивидуальными настройками сварочных роботов.

Так, компании смогут выпускать множество моделей автомобилей с разными типами корпуса и конструкции, используя лишь одну гибкую схему производства. Планирование товара и производства может быть организовано с учетом различной продолжительности выпуска изделия и новых моделей.

В будущем процесс производства автомобилей будут выполнять автоматические системы контроля работ. Они будут использовать интеграцию данных для автоматического управления производственным процессом, оставляя позади многие другие системы контроля. Поставщики компонентов для автомобилей смогут автоматически привести свой процесс производства в соответствие с новыми требованиями автопроизводителя, тем самым повысив своевременность логистических операций. Это преобразование позволит сократить логистические и эксплуатационные издержки.

Хотя в будущем на заводах будут работать куда более автономные роботы, роль людей по-прежнему будет велика. Сотрудникам выдадут очки

дополненной реальности, которые позволят им получать данные о ходе логистических и производственных операций. С помощью очков виртуальной реальности можно будет обозначить место установки каждой детали в процессе сборки.

Аналогичным образом эти очки помогут соответствующим сотрудникам в выборе нужных деталей. Камера с функцией распознавания жестов поможет работникам проводить проверку контроля качества благодаря автоматической системе фиксирования и хранения данных о качестве, что сократит объем бумажной документации.

Эти достижения позволят работникам автомобильной промышленности охватить более широкий спектр моделей автомобилей, одновременно сократив частоту отказов и усилив контроль качества.

Во время эксплуатации автомобиля данные о его работе и сменных деталях будут отображаться на его виртуальной модели, созданной на этапе проектирования и хранящей всю необходимую информацию.

Эта виртуальная модель, которую иногда называют «цифровым близнецом», поможет производителям улучшить сервисное обслуживание, разработать ряд новых услуг и предложений по оптимизации конструкции будущих автомобилей.

По нашим оценкам, в ближайшие 5–10 лет эти изменения принесут от 25 до 38 млрд евро, повысив общую производительность немецкого автопрома с 6 до 9% по сравнению с общей суммой затрат.

### **Поставщики производственных систем: удовлетворение новых потребностей и определение новых стандартов**

У производителей возникнет потребность в более высокой степени подключенности и комплексной интеграции машин и систем нового поколения, установленных на заводах. Поэтому поставщикам придется расширить роль ИТ в своих решениях. Скорее всего, изменения будут связаны с разделением функций, включая использование облачных технологий и встроенных приборов. Повышение общей функциональности и сложности систем влечет за собой необходимость усложнения системы принятия решений. Более того, использование веб-порталов для скачивания программного обеспечения и совместная работа с партнерами позволят сделать процесс конфигурации оборудования более гибким и простым. Архитектура автоматизации также будет зависеть от функции той или иной системы. Поставщики должны подготовиться к различным сценариям и способствовать этим сдвигам.

Поставщики, работающие в области промышленной автоматизации, и производители оборудования создали мощную основу для разработки программного обеспечения, однако для воплощения «Индустрии 4.0» этого недостаточно. Более того, поставщикам придется конкурировать с ИТ-компаниями, которые уже сейчас занимают места на растущем рынке приложений и услуг по управлению данными в производственной сфере, непосредственно в цехах.

С ростом интеграции машин, продуктов, различных частей системы и людей появится необходимость в установлении новых международных стандартов для определения взаимодействия этих элементов на цифровом заводе будущего. Традиционные регулирующие органы и недавно созданные консорциумы уже предпринимают первые попытки стандартизации этого взаимодействия. Немецкий проект Plattform Industrie 4.0 стал инициатором в этой области, однако созданный в США Консорциум индустриального Интернета (Industrial Internet Consortium), основанный в марте 2014 года промышленными, телекоммуникационными, ИТ- и интернет-компаниями, стал достойной альтернативой. В ответ на укрепление позиции консорциума Германия создала новый орган Dialogplattform Industrie 4.0. Кроме того, еще несколько организаций по стандартам стремятся добиться влияния в этой области. Стратегическое взаимодействие с этими и другими органами, а также активное участие в вопросах, касающихся стандартизации, станут определяющими факторами успеха поставщиков производственных систем.

### **Путь вперед**

Различные отрасли и страны будут внедрять технологии «Индустрии 4.0» разными путями и с разной скоростью. Например, отрасли с широкой продуктовой линейкой, такие как автомобильная и пищевая промышленность, будут стремиться к большей гибкости для повышения производительности. А такие отрасли, как полупроводниковая промышленность и фармацевтика, где во главе угла стоит качество, выиграют от применения анализа данных для сокращения количества ошибок и погрешностей.

Страны с дорогостоящей высококвалифицированной рабочей силой в большей степени воспользуются выгодами автоматизации в сочетании с растущей потребностью в более высококвалифицированных кадрах. Однако и развивающиеся рынки, где работают молодые специалисты, прекрасно

разбирающиеся в современных технологиях, смогут совершить скачок в развитии за счет автоматизации. Возможно даже, они смогут создать уникальные производственные концепции.

Для того чтобы эта трансформация приобрела отчетливые формы, производители и поставщики должны активно пользоваться технологиями, которые составляют девять столпов технологического развития. Также они должны удовлетворить потребность в адаптации инфраструктуры и образования.

### **Производители должны расставить приоритеты и повысить квалификацию кадров**

Производители должны расставить приоритеты при организации производственных процессов и повысить квалификацию кадров следующим образом:

- Определить ключевые области, требующие оптимизации, например гибкость, скорость, производительность и качество. Затем продумать, как девять столпов технологического развития могут способствовать оптимизации в целевых областях. Не сосредотачиваться лишь на поверхностных изменениях, а рассматривать возможность осуществления фундаментальных перемен с помощью девяти рассмотренных технологий.
- Проанализировать долгосрочные последствия своих решений для персонала и провести стратегическое кадровое планирование. Адаптировать должностные обязанности, рекрутинг и профессионально-техническое образование для подготовки кадров с теми навыками в области ИТ, которые потребуются.

Хотя в этих улучшениях заключается большой потенциал для существующих отраслей промышленности, новые отрасли в рамках технологии «Индустрии 4.0» смогут разрушить устаревшие стандарты благодаря инновационной планировке заводов и новейшим производственным процессам.

### **Поставщики производственных систем должны воспользоваться преимуществами современных технологий**

Поставщики производственных систем должны найти новые способы применения современных технологий, для того чтобы предлагать своим клиентам лучшие решения. С помощью новейших технологий можно создавать предложения, отвечающие различным потребностям, таким как модернизация сети встроенных систем и автоматизации или разработка нового программного обеспечения и оказание новых услуг, например по аналитике. Для создания этих предложений необходима соответствующая база:

- Выберите бизнес-модель, в рамках которой вы будете предлагать улучшенные или новые решения.
- Разработайте технологическую основу, например инструментарий аналитики.
- Оптимизируйте структуру организации и обеспечьте необходимый уровень квалификации персонала.
- Развивайте партнерские отношения, столь важные в мире цифровых технологий.
- Участвуйте в разработке технологических стандартов.

Кроме того, поставщики производственных систем должны разработать долгосрочную стратегию, предусматривающую различные сценарии развития отрасли, и подготовиться к наиболее вероятным сценариям.

#### **Необходимо адаптировать инфраструктуру и образование**

По мере внедрения технологий «Индустрии 4.0» производители и поставщики должны адаптировать инфраструктуру и образование в области ИТ. Для достижения этой цели необходимы совместные усилия правительства, промышленных ассоциаций и отраслевых компаний. Их усилия должны быть направлены на следующее:

- Модернизацию технологической инфраструктуры, например широкополосной передачи данных с помощью мобильных и стационарных устройств. Быстрая, безопасная и надежная инфраструктура позволит анализировать данные в режиме, близком к реальному времени;
- Реформирование школьных, университетских программ и программ повышения квалификации, а также содействие предпринимательскому подходу к развитию навыков персонала в области ИТ и инновационных технологий.

«Индустрия 4.0» может предоставить неограниченные возможности для производителей, поставщиков производственных систем и целых регионов, готовых к внедрению инноваций. Но, как и прочие революционные трансформации, «Индустрия 4.0» несет в себе угрозу для отстающих компаний. Вполне возможно, что по мере сдвигов в бизнес-моделях, экономике и требованиях, предъявляемых к квалификации, мы станем свидетелями серьезных перестановок на руководящих должностях, как на уровне компаний, так и на региональном уровне.



## Об авторах

**Майкл Рюссманн** — партнер и управляющий директор в мюнхенском офисе The Boston Consulting Group. Эксперт в области цифровых технологий. Вы можете связаться с ним по электронной почте [ruessmann.michael@bcg.com](mailto:ruessmann.michael@bcg.com).

**Маркус Лоренц** — партнер и управляющий директор в мюнхенском офисе компании. Международный эксперт в области машиностроения. Вы можете связаться с ним по электронной почте [lorenz.markus@bcg.com](mailto:lorenz.markus@bcg.com).

**Филипп Герберт** — старший партнер и управляющий директор в мюнхенском офисе BCG. Международный эксперт в инженерии, машиностроении и авиационно-космическом секторе. Вы можете связаться с ним по электронной почте [gerbert.philipp@bcg.com](mailto:gerbert.philipp@bcg.com).

**Мануэла Вальднер** — директор венского офиса компании и член практики Промышленных товаров с применением технологий машиностроения. Вы можете связаться с ней по электронной почте [waldner.manuela@bcg.com](mailto:waldner.manuela@bcg.com).

**Ян Юстус** — директор мюнхенского офиса BCG, член практики Промышленных товаров, эксперт в области цифровых технологий в B2B. Вы можете связаться с ним по электронной почте [justus.jan@bcg.com](mailto:justus.jan@bcg.com).

**Паскаль Энгель** — руководитель проектов в офисе компании во Франкфурте и член практики Промышленных товаров. Вы можете связаться с ним по электронной почте [engel.pascal@bcg.com](mailto:engel.pascal@bcg.com).

**Михаэль Харниш** — консультант в венском офисе BCG. Вы можете связаться с ним по электронной почте [harnisch.michael@bcg.com](mailto:harnisch.michael@bcg.com).

## Благодарность

Мы хотели бы поблагодарить наших коллег Мартина Хеккера, Келли Хоуи, Массимо Руссо, Дэниэля Кюппера, Даниэля Шпиндельдрайера, Сая Уайтмана и Майкла Зинсера за вклад в этот доклад.

Также мы выражаем признательность Лорену Стеффи за помощь в написании и Кэтрин Эндрюс, Гарри Каллахану, Кэтрин Каддихи, Ким Фридман, Эбби Гарленд и Саре Штрасенрайтер за помощь с редактированием, подготовкой и публикацией.

## Контактная информация

Если вы хотели бы обсудить данный доклад, вы можете связаться с одним из авторов.







Чтобы ознакомиться с новейшими публикациями BCG и зарегистрироваться для получения электронных уведомлений на эту или другую тему, посетите сайт [bcgperspectives.com](http://bcgperspectives.com).

Следите за страницей [bcg.perspectives](https://www.facebook.com/bcg.perspectives) в Facebook и Twitter



# BCG

THE BOSTON CONSULTING GROUP

Abu Dhabi  
Amsterdam  
Athens  
Atlanta  
Auckland  
Bangkok  
Barcelona  
Beijing  
Berlin  
Bogot  
Boston  
Brussels  
Budapest  
Buenos Aires  
Calgary  
Canberra  
Casablanca

Chennai  
Chicago  
Cologne  
Copenhagen  
Dallas  
Detroit  
Dubai  
Düsseldorf  
Frankfurt  
Geneva  
Hamburg  
Helsinki  
Ho Chi Minh City  
Hong Kong  
Houston  
Istanbul  
Jakarta

Johannesburg  
Kiev  
Kuala Lumpur  
Lisbon  
London  
Los Angeles  
Luanda  
Madrid  
Melbourne  
Mexico City  
Miami  
Milan  
Minneapolis  
Monterrey  
Montreal  
Moscow  
Mumbai

Munich  
Nagoya  
New Delhi  
New Jersey  
New York  
Oslo  
Paris  
Perth  
Philadelphia  
Prague  
Rio de Janeiro  
Rome  
San Francisco  
Santiago  
São Paulo  
Seattle  
Seoul

Shanghai  
Singapore  
Stockholm  
Stuttgart  
Sydney  
Taipei  
Tel Aviv  
Tokyo  
Toronto  
Vienna  
Warsaw  
Washington  
Zurich  
  
bcg.com