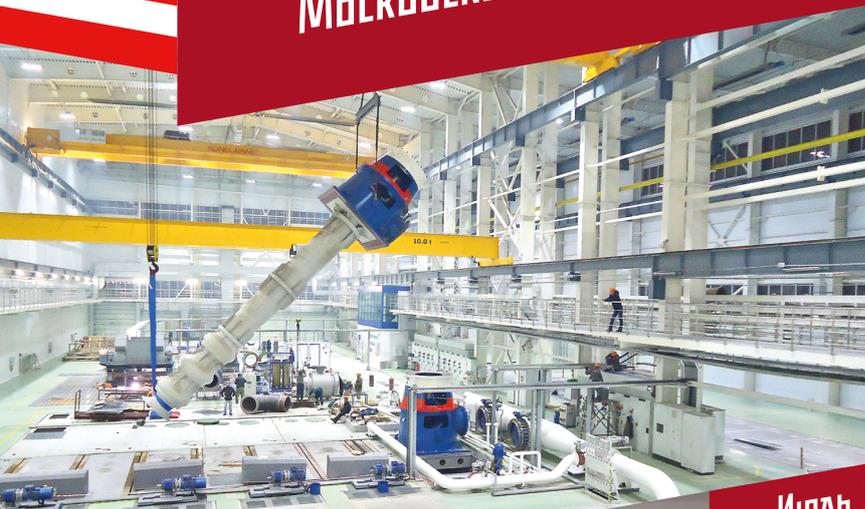


ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

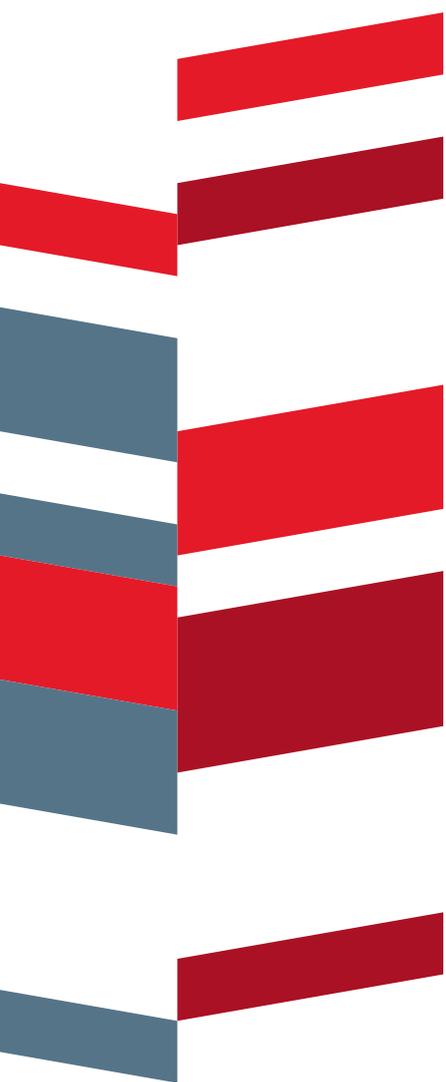
МЕТОДЫ, ЭКОСИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Рабочий доклад департамента корпоративного обучения
Московской школы управления СКОЛКОВО



Июль 2019





Содержание

Введение	2
Структура доклада	8
Ускорение диффузии технологий	10
Глава 1. Ключевые системы и компоненты цифрового производственного предприятия	16
Глава 2. Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения	24
Глава 3. Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда	46
Глава 4. Оценка доходности киберфизических систем	64
Глава 5. Модель развития производственных программ через скаутинг умных подключенных продуктов для диверсификации производства	74
Глава 6. Пространство корпоративной инновационной системы	82
Глава 7. Мобилизаторы: основа цифровой экономики	92
Глава 8. Семь ключевых факторов результативности цифрового развития корпорации	100
Глава 9. Мониторинг оборудования как фактор роста эффективности	112
Глава 10. Индустриальная носимая электроника как фактор роста производительности труда	128
Глава 11. Индустриальный (промышленный) интернет вещей	136
Глава 12. Управление цифровым жизненным циклом продуктов: автономные производства в следующие 5 лет	146
Список источников	154
Приложения	158
Авторы и партнеры	160



Андрей ШАРОНОВ

Президент Московской
школы управления СКОЛКОВО

Скорость прогресса государства и отдельно взятой компании сегодня определяется двумя вещами: зрелостью технологий и критической массой лидеров и команд, готовых наиболее эффективным образом их использовать. И люди являются тут чуть ли не главным звеном: если технологии готовы, а управленческих команд, управляющих процессом, еще нет, то в финале мы вряд ли можем ждать прорыва.

Кризис развития технологий и отраслей происходит от кризиса лидеров. На наш взгляд, это одно из существенных ограничений развития нашей страны. Людей, готовых брать на себя лидерство в этой сфере, нужно растить, развивать определенные компетенции и, таким образом, расширять класс технологических предпринимателей и управленцев.

Мы наблюдаем, как развитые компании инвестируют время и ресурсы в активное развитие ключевых управленческих систем и технологий. Доля человеческого труда в простых повторяющихся операциях снижается, что позволяет перейти к полностью автономным цифровым производственным циклам. 2016 год – год появления операционно-эффективных автоматических заводов. Цеха Tesla и Flex – наглядный тому пример. В течение следующих 10 лет, вслед за уже изменившимися пилотными предпри-

ятиями, в производстве изменится чуть ли не все. И если у нас нет сознательного желания уйти с этой сцены, то единственный выход – развить достаточную скорость, чтобы приблизиться к лидерам.

Новые продукты сегодня появляются не из государственных заказов, а из инновационных коворкингов и лабораторий. Развитие этой индустрии начинается с создания и развития среды, которая поощряет и дает стимулы для созидания.

Отчет, который вы держите в руках, отвечает определенной логике: мы начинаем с описания наиболее актуальных и эффективных ключевых управленческих и технологических систем. Вторая глава посвящена новой парадигме цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения. Третья глава посвящена диагностике, развитию стратегии и созданию инструментов управления проектами. Четвертая – развитию корпоративных инновационных центров, пространств, в которых создаются новые продукты и бизнес-модели. В пятой приведен анализ экосистем технологического предпринимательства разных стран и мобилизаторов – центров трансформации индустрий внутри таких экосистем. В седьмой главе приведено описание системы автономного цифрового производства.



Марат АТНАШЕВ

Ректор Московской
школы управления SKOLKOVO

Цифровая трансформация бросает новый тип вызова бизнес-школам везде в мире. С одной стороны, необходимо обеспечить в учебных курсах присутствие цифровой повестки, адекватной запросам современного корпоративного управления. С другой стороны, как учить предмету, который постоянно меняется и в котором многие ведущие теоретики и практики ведут напряженные споры о феноменах и тенденциях?

Ответ Московской школы управления SKOLKOVO состоит в том, чтобы соединять глубокие первичные исследовательские проекты с постоянным взаимодействием с ключевыми практиками из всех отраслей, затронутых цифровой трансформацией.

Трансформация – это всегда вызов, ответ на который требует превыше всего сильного лидерства. В случае с цифровой трансформацией, с ее быстро меняющимся образом будущего и постоянным творческим разрушением устоявшихся бизнес-моделей и подходов, сильное лидерство должно возникать не только на верхних уровнях организации, но и по всему «телу». В принципе каждый сотрудник должен стать своего рода лидером, вовлеченным в процесс планирования преобразований и наделенным полномочиями воплотить планы в жизнь. В Московской

школе управления SKOLKOVO мы помогаем нашим студентам освоить и принять культуру постоянного развития и адаптации к быстро меняющейся деловой среде. Мы верим, что это умение поможет им в цифровую эру стать лидерами мирового класса.



Максим ШЕРЕЙКИН

Генеральный директор
Агентства по технологическому развитию

Скорость, с которой новые технологии входят в нашу жизнь, становится уже феноменальной. Электричеству потребовалось 30 лет, чтобы охватить максимальное количество пользователей, телефону – 20, сотовому телефону потребовалось меньше 5 лет на адаптацию, планшетному компьютеру – и вовсе три. Да что говорить, еще год назад я не мог себе представить, что смогу расплатиться телефоном в магазине. Все это наводит на мысли, что через 10 лет наша «цифровая жизнь» станет неузнаваемой. Проще, быстрее, функциональнее – вот к чему стремятся сегодня все технологии.

В этом ключе у цифрового производства весьма впечатляющие перспективы. Мировая экономика уже переведена на электронные рельсы, цифровые технологии позволили создать тысячи автоматизированных производств, где машины заменяют человека.

На самом деле мы уже вовлечены в четвертую промышленную революцию, или «Индустрию 4.0». В рамках четвертой промышленной революции, ключевым аспектом становится так называемое цифровое производство. Это многоуровневая система с электронными датчиками, собирающими точные данные и обладающими аналитическими инструментами для анализа получаемой информации. Переход промышленности к такому виду деятельности повлечет за собой выпуск более качественной продукции и

создаст новый мир производства, в котором будет наблюдаться более быстрое изготовление нестандартных вещей и высокая кастомизация массовых изделий. В конечном итоге эффективность будет максимальной, а труд людей минимальным.

С другой стороны, потребность в умелых управленческих командах также вырастет. Ведь именно они будут управлять проектами, видеть перспективу и решать задачи.

В связи с этим Агентство по технологическому развитию приветствует новый проект по развитию цифрового производства в московской бизнес-школе управления СКОЛКОВО. Мы рады выступить партнерами данного проекта, поскольку выполняем по сути схожие задачи: ищем новые технологии, лучшие возможности для развития российской промышленности.

За цифровыми технологиями будущее!



Алексей БОРОВКОВ

Проректор по перспективным проектам
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого,
лидер-соруководитель рабочей группы «Технет» НТИ,
лидер мегапроекта «Фабрики Будущего»

Глобальная цифровая трансформация – уже давно не абстрактный тренд, а современная реальность, в полной мере определяющая развитие компаний и глобальных рынков. Программа Industrie 4.0 была предложена в Германии в 2011 г., но этому моменту предшествовала многолетняя работа, в ходе которой транснациональные высокотехнологичные компании фактически формировали технологический отрыв от конкурентов. Это означает, что для обеспечения конкурентоспособности на глобальных рынках в перспективе 10–20 лет – а именно на это ориентирует Национальная технологическая инициатива (НТИ) – высокотехнологичной компании нужно быть лидером уже сейчас, как минимум иметь эффективные бизнес-модели для работы на различных сегментах глобальных рынков.

Цифровая модель развития предполагает не только тотальную цифровую трансформацию экономики в «цифровую экономику» и высокотехнологичной промышленности в «цифровую промышленность», но и учет триады требований современных глобальных рынков, связанных с сокращением времени принятия решений (Time-to-Decision, T2D), значительным сокращением времени выполнения/реализации проектов (Time-to-Execution, T2E) и значительным сокращением времени вывода продукции на рынок (Time-to-Market, T2M), где под рынком, конечно, понимается глобальный рынок.

Разработка и производство в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной кастомизированной продукции нового поколения возможны сегодня с применением Фабрик Будущего (Factories of the Future) – систем комплексных технологических решений, ключевым элементом которых становятся «умные» математические модели и «умные» цифровые двойники (Smart Digital Twins) объектов/изделий/продуктов, производства и технологических/производственных процессов.

Учитывая уровень инженерного образования, фундаментальной и прикладной науки и креативности в России, комплексирование передовых производственных технологий с добавлением собственных интеллектуальных ноу-хау, разработка «умных» моделей и цифровых двойников, создание «умных» производств могут стать реальными конкурентными преимуществами страны в условиях стремительно разворачивающейся IV промышленной революции.

Уверен, что данный рабочий доклад предложит высокотехнологичным компаниям конкретные актуальные темы для размышлений, ориентиры в вопросах цифровой трансформации бизнес-моделей и бизнес-процессов, будет способствовать решению научно-технологических проблем-вызовов, с которыми они сталкиваются в контексте IV промышленной революции, и даст импульс к развитию лидерства российских высокотехнологичных компаний на глобальных рынках.



Денис КОНАНЧУК

Академический директор
Московской школы
управления СКОЛКОВО

С началом бума информационных технологий конца XX века большинство компаний пытались получить от этого выгоду, автоматизируя существующие бизнес-процессы. В результате отдельные автоматизированные рабочие места получали существенный прирост производительности, но в целом бизнес оставался таким же консервативным и неэффективным, как и раньше. Огромные инвестиции в новейшие ИТ-технологии не окупались – они устаревали быстрее, чем компания получала отдачу.

Экономический эффект от автоматизации получали лишь те компании, которые перестраивали свои процессы и бизнес-модели: проводили децентрализацию, передавали независимым подрядчикам отдельные функции, меняли процессы управления ресурсами, добивались эффективности цепочек поставок. В то же время компании, которые просто выдали современные компьютеры своим сотрудникам вместо привычных калькуляторов, эффекта от такой квазиавтоматизации не замечали.

Для обеспечения эффективности работы новой технологической платформы, компаниям приходится значительно изменять свои бизнес-процессы. И главное, развивать основной капитал современной экономики – лидеров и команды.

В ближайшие годы благодаря «цифровой революции» скорость изменений возрастет еще больше. Роботы и компьютеры могут почти полностью заменить людей в таких задачах, как сбор и анализ данных, физический труд. Даже такая профессия,

как «менеджмент», традиционно граничащая с персональным искусством управления, имеет потенциал замены машинным интеллектом более чем на треть. В таких условиях важно делать ставку на развитие тех качеств и компетенций, которые пока что неподвластны машинному интеллекту, – креативность, эмоциональный интеллект, способность решать комплексные задачи и предлагать новые нестандартные решения.

Исследование бизнес-школы СКОЛКОВО показало, что российские менеджеры по профилю компетенций в целом соответствуют своим иностранным коллегам (опережая их в знании «корпоративных финансов», «слияний и поглощений»). Однако мы значительно отстаем в таких критических навыках, как «командное лидерство», «работа в кросс-функциональных командах», «развитие новых продуктов» и «продажи».

Вот почему именно сегодня так важны независимые и состоявшиеся образовательные проекты, которые консолидируют опыт, лучшие практики и извлеченные уроки компаний-лидеров и аутсайдеров. Академические платформы таких проектов создают практическое знание на основе накопленного опыта. Такая совместная работа компаний и образовательных платформ – сегодня один из основных драйверов цифровой экономики. Предлагаемую последовательность действий мы представляем в настоящем докладе.



Павел БИЛЕНКО

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине Московской школы управления СКОЛКОВО

Наше поколение рождено для решения очень увлекательных задач, которые зависят прежде всего от нашего собственного внутреннего мира, внутреннего вызова. Как сохранять проактивность, внутренний локус контроля, ответственность и самостоятельность в системах, стремящихся обобщить, ограничить и усреднить? Как в условиях роста жесткой силовой доминанты быть автором и созидателем? Как не удариться в критиканство или, наоборот, в идолопоклонничество?

На эти вопросы каждый отвечает для себя сам. Есть люди, которые отвечают идеей «новые (технологические) возможности возникают и экспоненциально развиваются в стороне от старых (социальных, экономических) проблем, игнорируют их, а потом незаметно уничтожают их причину».

Эта мысль Егора Заикина, директора по развитию проекта ExactFarming, первой ERP-системы для фермеров, много значит для нового поколения российских лидеров. Например, что среди огромного количества импульсов один из самых сильных сегодня, может быть такой же сильный, как само время, – ускоренная диффузия технологий. Изменяющая все вокруг сильнее и быстрее, чем мы можем представить. Волны времени – волны технологий – достаточно беспощадны к неэффективным, несозидательным проектам, инициативам и компаниям.

В наших силах сделать так, чтобы эти изменения происходили в лучшую сторону. Важно, работая вместе, создавая партнерства, направить вектор волн изменений на создание сильной цифровой экономики.

План действий этой работы мы постарались собрать на страницах доклада, который вы держите в руках.

За проведение исследования и создание доклада большое спасибо опытным инженерам и производственникам, перечисленным на листе авторов. Спасибо команде специалистов, с которыми в течение последних десяти лет мы выполнили сложнейшие производственные проекты. Их неутомимая любознательность, жажда действий и готовность к сверхинтенсивной работе позволили достичь результатов.

Спасибо Максиму Фельдману за соавторство и командам департамента Degree-программ, отдела продуктового маркетинга и отдела по работе с клиентами Московской школы управления СКОЛКОВО.

Спасибо Марине Карбан и команде департамента корпоративного обучения. Спасибо международным партнерам, коллективу профессоров, команде академической платформы, которые создают интеллектуальный капитал, что важно в условиях быстро меняющегося мира.

Спасибо участникам клуба производителей школы, выпускникам программ MBA, EMBA, «Практикум» и «Стартап Академия», которые внимательно читали и исправляли доклад, помогли сделать его практичным и соответствующим реальным условиям.

Спасибо российским предпринимателям, инжиниринговым и производственным компаниям, работа которых – настоящий драйвер российской экономики.

Спасибо энергичной и опытной команде Агентства по технологическому развитию.

Россия – страна созидателей, инженеров и строителей, открытых новому и готовых к партнерству для достижения результатов в новых смелых проектах. Вместе мы каждый день создаем наше будущее.

Структура доклада

«Рост происходит всякий раз, когда для задачи находят успешное решение, оно же, в свою очередь, ставит следующую задачу.

У нас нет никаких оснований предполагать, что этот процесс не может повторяться бесконечное число раз, – даже несмотря на то, что в контексте истории большинство цивилизаций прекратили свое существование».

Арнольд Дж. Тойнби
«Исследование истории»

РИСУНОК 1. СИСТЕМА РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ



Авторами исследования предлагается алгоритм развития предприятий и отраслей в условиях нового технологического уклада, приведенный на рисунке 1.

1. Осознать, что экспоненциальное развитие технологий и эффективность их использования сегодня очень сильно влияют на конкурентоспособность компаний, скорость вывода ими продуктов на рынок, качество и себестоимость продуктов.

2. Выбрать направления развития бизнес-процессов. Предлагается использовать 15 ключевых направлений, объединяющих до ста систем и технологий. Эти направления описаны в главе 1 настоящего исследования.

3. Провести диагностику зрелости предприятия по описанным в главе 1 направлениям. Рекомендуемые действия компании описаны в главе 3 настоящего исследования, диагностику целесообразно проводить с помощью прилагаемого опросного листа.

4. Открыть НИОКР или проекты внедрения в корпоративной лаборатории или инновационном исследовательском центре компании по выбранным направлениям. Рекомендуемые действия компании описаны в главе 4 настоящего доклада.

5. Мобилизовать творческую энергию руководителей и специалистов компании через их развитие в специально созданных для этого пространствах прототипирования продуктов и моделирования бизнес-процессов. Рекомендуемые действия компании описаны в главе 5 настоящего доклада.

6. Обеспечить развитие компании по направлениям к автономным производственным системам. Рекомендуемые действия компании описаны в главе 7 настоящего доклада.

7. Вернуться к шагу 1 для повторения алгоритма для решения новых задач.

Производительность труда, эффективность и конкурентоспособность современного предприятия сегодня, как никогда ранее, определяются возможностями быстрого и гибкого использования ключевых цифровых управленческих систем и технологий. Настало время быстрого развития бизнеса через использование всех преимуществ трансформации в киберфизические компании. Мы постарались максимально простым и понятным языком рассказать об оптимальных путях интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы уже работающего предприятия, о наиболее эффективных стратегиях цифровой трансформации компании.

Автор

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Ускорение диффузии технологий

В марте 2017 г. эксперты Банка Англии призвали более серьезно относиться к темпам технологического прогресса и перестать недооценивать его риски и возможности [1].

«В глобальном технологическом сообществе растут тревоги, вызванные слабой готовностью развитых экономик к следующей промышленной революции. Ее наступление может значить замещение миллионов преимущественно менее квалифицированных специальностей, крах многих существующих долгое время, но медленно адаптирующихся компаний, существенное увеличение разницы в доходах общества и растущую промышленную концентрацию, связанную с резким ростом относительно небольшого количества мультинациональных технологических корпораций.

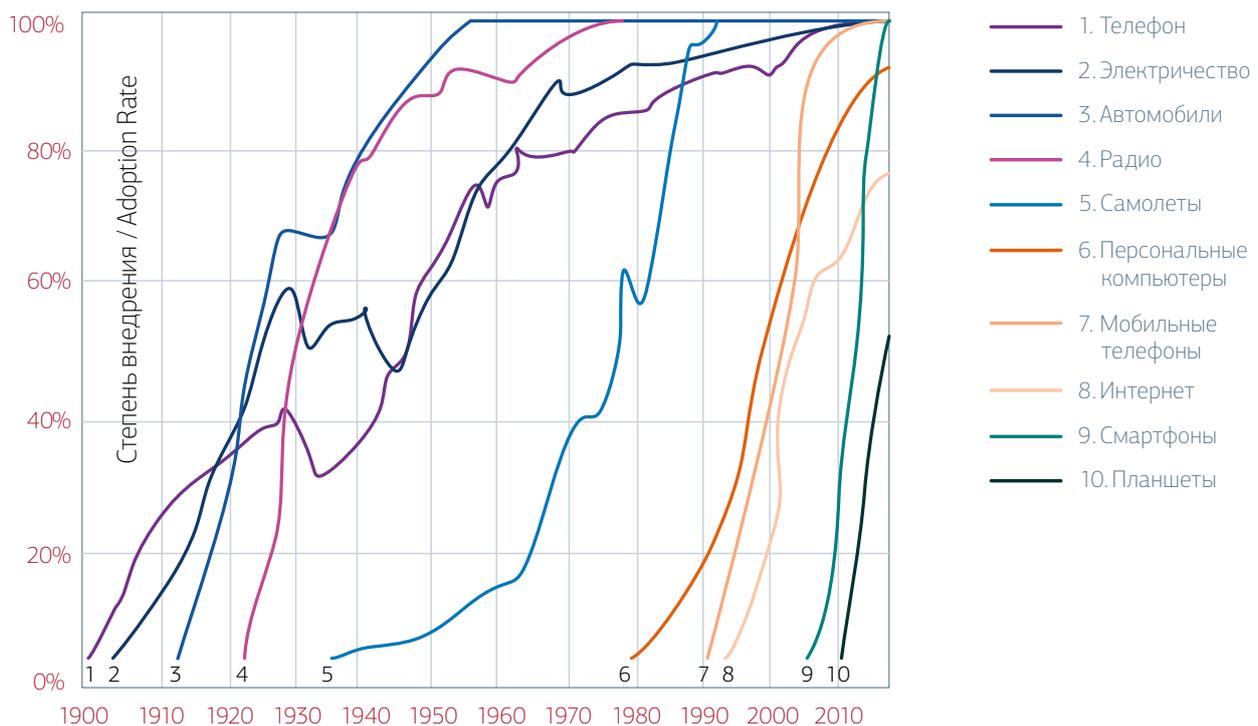
Экономисты, анализируя ход предыдущих индустриальных революций, отмечают,

что не все из этих рисков случаются. Однако такой подход, возможно, недооценивает существенно отличную природу технологических достижений, происходящих в настоящее время, в смысле их значительно больших индустриальных и профессиональных значений и скорости их диффузии.

По этой причине было бы ошибкой отвергать риски, связанные с этими новыми технологиями, признавая их незначительными».

Скорость диффузии технологий в приведенной цитате – это время, за которое технологии начинают активно использоваться большинством потребителей. Другими словами, ими начинает пользоваться большинство пользователей четвертого уровня, пользователи late majority в модели диффузии потребительских инноваций Роджерса [2]. На рисунке 1 приведено фактиче-

РИСУНОК 1. ДИФФУЗИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗА 110 ЛЕТ



ское изменение этой скорости за последние 110 лет для потребительских технологий.

Ключевая технология, которая увеличивает углы наклона кривых, делая их почти вертикальными линиями, – интернет. Потребители все быстрее через онлайн ярмарки тщеславия узнают об уникальных потребительских характеристиках продуктов и стремятся приобрести очередной технологический тотем. С другой стороны, на скорость интеграции технологий в наши жизни влияет рост скорости падения их стоимости (рисунок 2).

На что, в свою очередь, очень сильно влияет рост степени автоматизации производств и ускорение диффузии производственных технологий (рисунок 3).

Ключевые вопросы: как это технологическое ускорение повлияет на наши жизни, на уровне микро- и макроэкономики? Что будет дальше?

Отвечая на эти вопросы, эксперты Банка Англии в цитате выше предупреждают: ни при распространении конвейеров и электрификации, начавшемся в 1870 г., ни при распространении автоматизации сто лет спустя не было этих сверхскоростных линий в форме буквы J, когда технология рождается – и за несколько лет становится ключевым конкурентным преимуществом компании, отрасли, экономики государства. За эти же несколько лет другая компания, не успевшая

адаптировать и интегрировать в ежедневную деятельность технологию, погибает.

«Еще в 2011 году представители Foxconn заявили, что в ближайшие 3–5 лет компания заменит 500 000 рабочих в Китае на 1 миллион роботов. Процесс масштабной автоматизации начался в марте 2016 года, когда на одной из фабрик было уволено 60 000 человек, а несколько фабрик в КНР было оборудовано 40 000 «фоксботов». Тогда же стало известно о планах Foxconn увеличивать количество робототехники на 20–30% ежегодно. Такие темпы отвечают нормам развития робототехники в Китае, который входит в тройку лидеров по внедрению промышленных роботов [3]».

Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) – одна из таких «J» промышленных технологий с ускоренной диффузией.

В 2015 г. авторы настоящего доклада, создавая высокотехнологичное машиностроительное предприятие, переняли у зарубежных коллег-машиностроителей опыт автоматизации сборочных мест рабочими станциями, большими дисплеями и трехмерными моделями производимого оборудования из PDM-систем (рисунок 4) для оптимизации сборочных операций в цеху. Эти участки мы оснастили дисплеями, на которые выводился трехмерный состав изделий и полный комплект документации, необходимый для быстрой и качественной

РИСУНОК 2. РЕЗКОЕ ПАДЕНИЕ СТОИМОСТИ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



сборки продуктов. Поколение молодых слесарей-сборщиков уже было готово эффективно работать с электронной документацией. Мы понимали, что функционально это решение очень близко к очкам дополненной реальности и AR программному обеспечению, но время для AR на производстве в 2015 г. еще не пришло. Тем не менее к интеграции AR в производственный процесс мы готовность обеспечили, реализовав один из ключевых компонентов современной технологической платформы.

Через два года, в 2017 г., – такая интеграция становится конкурентным преимуществом производителей.

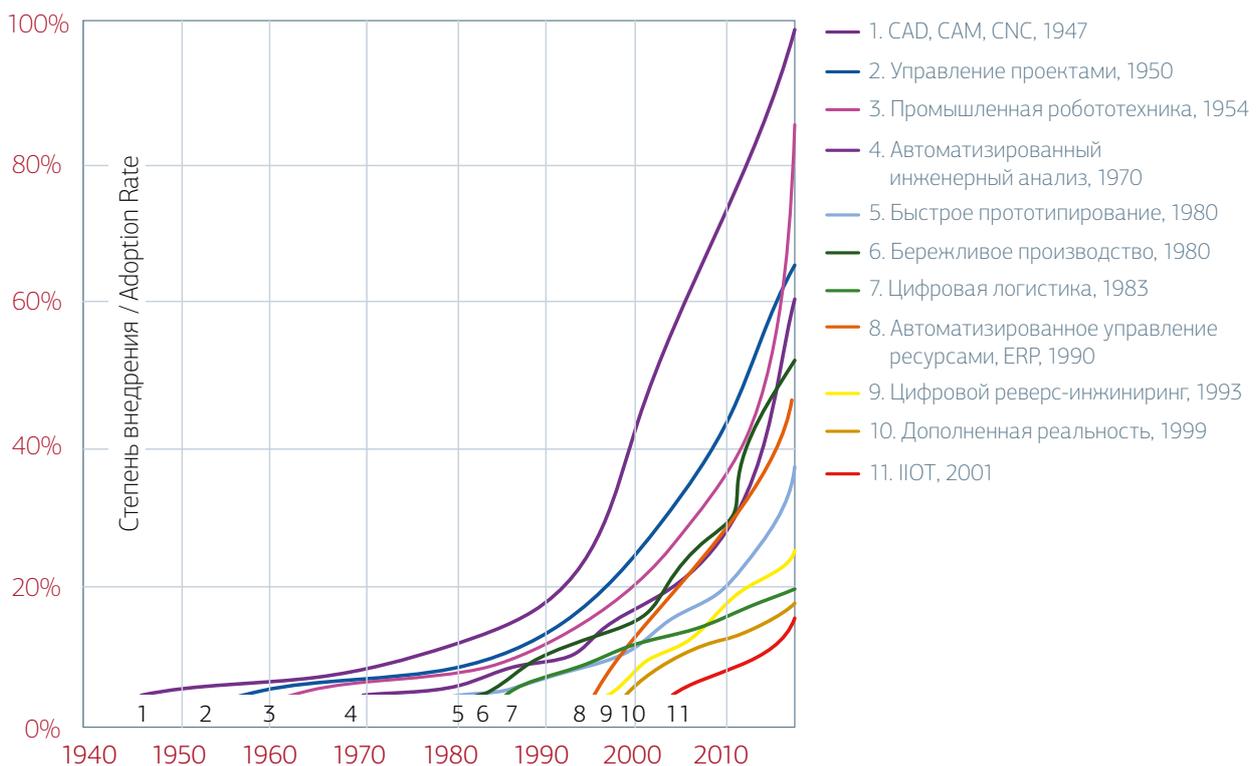
Один из пионеров использования AR в производственном процессе – компания, расположенная в Атланте, США. AGCO – глобальный производитель крупных тракто-

ров, pulverизаторов удобрений и другой сельскохозяйственной техники.

Рабочие, занятые на участках сборки, сканируют при помощи очков дополненной реальности серийные номера на частях двигателя, с которыми работают (рисунок 5). Перед их глазами возникают руководства по эксплуатации, фотографии или видео, которые могут понадобиться при сборке. При нажатии на дужку очков или произнесении «OK Glass» рабочие оставляют голосовыми заметками рекомендации и инструкции сборщикам следующей смены.

Руководство завода отмечает ускорение контроля качества на 20%. Очки также решают задачи обучения новых специалистов. На заводе AGCO около ста специалистов используют AR-очки, стоимость каждого – около 2000\$.

РИСУНОК 3. ДИФфуЗИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗА 70 ЛЕТ



На заводах AGCO использование технологии дополненной реальности не только приемлемо, но и востребовано. Компания планирует удвоить использование технологии к концу этого года. Сегодня дополненная реальность – в активной опытной эксплуатации в производственных процессах многих компаний, включая General Electric и Boeing [4].

Контрактный производитель Flex использует технологии дополненной реальности для удаленного сервиса произведенных продуктов. Такой подход позволяет организовать консультацию инженером из Китая инженера из США и получить обратную связь в режиме реального времени через гарнитуру дополненной реальности.

Эта немедленная техническая поддержка позволяет уйти от значительных логистических затрат при поездках сервисных инженеров. В 2016 г. исследование журнала CIO показало, что использование Боингом гарнитур дополненной реальности в пилотных проектах уменьшило время на сборку сложной кабельной продукции на 25% при уменьшении ошибок вдвое [5].

Характерные детали J-технологии видны на практике для дополненной реальности:

РИСУНОК 4. РЕЗУЛЬТАТ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ НА СБОРОЧНЫХ УЧАСТКАХ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

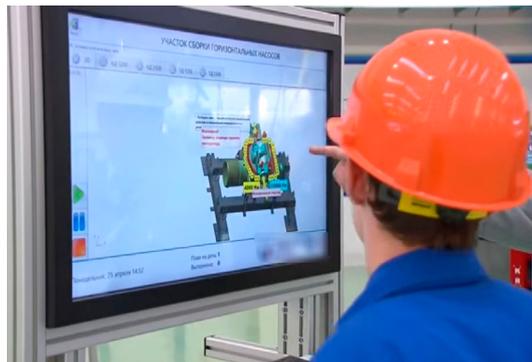


РИСУНОК 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА СБОРОЧНЫХ УЧАСТКАХ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА



1. Рост производительности от использования технологии.
2. Рост качества продуктов благодаря интегрированной в производство технологии – сложнее ошибиться при сборке.
3. Экспоненциальное развитие бегущей по J-траектории технологии – двукратный рост использования за год.

Следите внимательно: AR через несколько лет станет эффективно использоваться в большем количестве цехов заводов-лидеров, если роботы еще оставят к тому времени место для людей.

Все дело в угле наклона кривой диффузии, говорит нам анализ происходящего, и во внимании к ключевым технологиям, которые в максимально короткие сроки меняют производительность труда, качество продуктов компаний и скорость их вывода на рынок. Все дело в скорости диффузии (рисунки 1–3) и в готовности компаний быстро интегрировать ключевые технологии.

На уровне сотрудников – все дело в скорости их обучения. Фактически среди дру-

гих смыслов на приведенных графиках – кривые обучаемости (learning curves) компаний и команд компаний.

На уровне руководителей, следуя совету руководителя одного из подразделений General Electric Сэма Мюрли: учитесь, фокусируйтесь на первой опытной эксплуатации новой технологии, определите, какие из технологий пока далеки от использования в реальном мире, какие уже готовы, найдите ранних последователей, готовых быть партнерами внутри вашей компании, измеряйте эффективность технологии комплексными метриками и детальной аналитикой, общайтесь с отраслевыми экспертами для управления проектом внедрения и не бойтесь неудач.

Кто быстрее научился с минимальными затратами использовать новую технологию – тот и выжил. Добро пожаловать в жизнь в форме буквы J. Кто не готов – готовьтесь к исчезновению, *c'est la vie*.

Методам, технологиям и системам такого выживания и развития компании в условиях нового технологического уклада посвящена настоящая работа.



Авторы

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Лысенко Сергей Леонидович

Генеральный директор ООО «Калуга-Инжиниринг», кандидат технических наук

Глава 1

Ключевые системы и компоненты цифрового производственного предприятия

Резюме главы:

Предложено систематизировать ключевые компоненты развития современных цифровых производственных технологий по пятнадцати направлениям в трех организационных измерениях – проектирование, производство, управление предприятием.

Развитие каждого из направлений сегодня делает компании конкурентоспособными, позволяет повышать производительность труда, снижать время вывода продуктов на рынки, себестоимость производимой продукции, повышать скорость управленческих решений и качество продуктов и сервисов.

Как российским производствам подготовиться к новому технологическому укладу? Что именно позволяет иностранным компаниям производить промышленное оборудование качественнее, быстрее, дешевле?

В течение последних 10 лет авторы настоящего исследования, реализуя крупные промышленные проекты, отвечали на эти вопросы, работая в семи странах мира (Великобритания, США, Германия, Швейцария, Нидерланды, Япония, Италия, Украина, Россия) на десятках международных машиностроительных предприятий: Siemens, VOITH, Termotecnica Pumps, EBARA, ABB, Eagle Burgmann, John Crane, Nidec ASI. Благодаря этим проектам авторы исследования провели детальный анализ подходов и технологий для обеспечения высокой степени конкурентоспособности современного международного производственного предприятия.

За 10 лет работы мы сформировали систему методов работы с иностранными партнерами в условиях существенных различий стандартов изготовления продукции, включая:

1. Использование подходов к созданию и развитию команд управления проектами для их эффективной совместной работы в различных географических локациях и странах.
2. Создание и внедрение методики согласования технических характеристик

оборудования, поставляемого для российских предприятий.

3. Управление сроками производственного жизненного цикла машиностроительного предприятия.
4. Контроль качества поставляемой продукции на заводах-производителях.
5. Обеспечение интеграции оборудования, поставляемого иностранными партнерами с оборудованием отечественных производителей.
6. Формирование логистических маршрутов в условиях жестких климатических условий и удаленности мест доставки.
7. Обеспечение шефмонтажных и пусконаладочных работ в жестких условиях.
8. Обеспечение сервисной поддержки и исполнения увеличенных сроков гарантийных обязательств.

В результате исследования мы выделили 15 управленческих систем, которые необходимо реализовать российским предприятиям как можно быстрее, если они хотят догнать и перегнать иностранные предприятия в гонке конкурентоспособности четвертой промышленной революции (рисунок 1.1).

1. Единое информационное пространство предприятия, системы управления информацией, Enterprise Information Management: EIM = PLM+MES+ERP. Именно в такой связке, с взаимной передачей данных, эти системы

работают в международных компаниях с 90-х годов прошлого века, образуя централизованный цифровой информационный хаб, используемый на всех стадиях жизненного цикла производственного проекта: для цифрового конструирования, в цифровом цеху, в цифровой цепи поставок, в логистике и для цифровой адаптации под потребителя продукта при продажах и сервисном обслуживании. В последнее время как один из важных компонентов EIM активно развиваются системы класса MDC – Manufacturing Data Collection (включая продукты российских производителей), – обеспечивающие мониторинг средств производства с числовым программным управлением и сбор данных о загруженности средств и ресурсов

производства. Накапливать, упорядочивать и управлять информацией на всех этапах жизненного цикла изделий сегодня еще важно и для постепенного перехода через машинное обучение (machine learning) к полностью автоматическому производству. Проектирование и использование алгоритмов и программного обеспечения, которые собирают, преобразовывают, интерпретируют информацию и прогнозируют на этой основе развитие бизнес-процессов, – ключ к эффективности предприятий в цифровой производственный век.

2. Цифровое моделирование и оптимизация процессов и продуктов компании, включая инженерный анализ (CAE) как отдельное бизнес-направление, виртуальное

РИСУНОК 1.1. 15 КЛЮЧЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ И СИСТЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ



прототипирование, численный виртуальный эксперимент, анализ методом конечных элементов (FEA) и численное моделирование в гидродинамике (CFD). Цифровое моделирование работы выпускаемого вами оборудования также очень сильно влияет на сроки разработки и выпуска продукта. Различные способы моделирования – от физических процессов и отдельных сборочных единиц до технологических процессов и производства в целом – широко используются на всех ведущих производственных предприятиях сегодня, обеспечивая их отраслевое лидерство [7]. Цитата вице-президента Tesla по производству подчеркивает важность этого направления: «Современное производство – это интеллектуальная машина, производящая другие машины. Вы должны собрать все данные завода. Вам необходимо понять процессы и как вы можете их улучшить. Когда у вас будет достаточно информации, будет несложно смоделировать все предприятие от начала до конца и понять ключевые точки воздействия и настройки завода» [8].

3. Конвергенция цифрового и физического в разрабатываемом продукте уже в эскизном проекте. Уже сегодня ведущие производители на этапе конструирования механического оборудования продумывают и закладывают в конструкцию выпускаемого продукта способы его взаимодействия через защищенный промышленный интернет вещей с цифровыми системами управления. Здесь же – цифровые двойники (полная информационная модель) выпускаемого продукта, продвижение и продажи через виртуальную реальность (VR) и сервис с помощью дополненной реальности (AR). Чтобы показать, как работает оборудование производства Caterpillar, презентовать и продать его шейхам, CAT больше не везет грейдер в ОАЭ. Компания передает 3D-модель грейдера в свое представительство, где в очках виртуальной реальности проводят презентацию потенциальному покупателю. Компания сильно экономит при этом на логистике крупного оборудования. С помощью дополненной реальности сервис-инженеры CAT,

обслуживающие на базе математической модели с предиктивной аналитикой грейдер, могут осуществлять точечный ремонт в полном соответствии со всеми инструкциями и актуальным состоянием именно запрошенного обслуживания грейдера. Оцените перспективы сервиса как бизнеса для машиностроительной компании.

4. Корпоративная инновационная система и акселератор. Для прототипирования продуктов и моделирования бизнес-процессов современных предприятий создаются и активно работают специальные пространства – акселераторы, корпоративные инновационные центры и лаборатории. Они – основа и ключевые драйверы роста новой цифровой экономики. Цель создания таких бизнес-мобилизаторов состоит в том, чтобы обеспечить постоянное развитие и гибкость компаний, их готовность к непрерывной адаптации к меняющимся условиям внешней среды и ускоренной диффузии технологий за счет решений нового технологического уклада, организационного обучения и создания системы принятия решений с использованием данных от жизненного цикла производства, цепочки поставок, средств и систем производства, всех бизнес-процессов. Подробнее о компонентах и условиях развития корпоративной инновационной системы – в главах 4 и 5 настоящего доклада.

5. Систематизация, накопление и защита нематериальных активов (НМА) и интеллектуальной собственности. Необязательно в форме патентов, обязательно в форме секретов производства и ноу-хау. Не забывайте интегрировать НМА в хозяйственную деятельность компании, фиксируя их оценку в бухгалтерском балансе. Здесь все просто: одним из основных выгодоприобретателей четвертой промышленной революции является собственник и поставщик интеллектуального капитала. Если вы развиваетесь как производитель и не оформляете свою интеллектуальную собственность, вы лишаете себя этих выгод. Сегодня лидирующие компании и государства борются за построение конкурентной экономики знаний (knowledge economics) с основой в виде производства

интеллектуальных продуктов – технологий, патентов, ноу-хау. Обеспечивая интеграцию в хозяйственную деятельность нематериальных активов, российские компании могут быть глобальными промышленными гигантами, даже не имея собственных заводов.

6. Цифровой реверс-инжиниринг [9, 10]. В качестве одной из наиболее успешных бизнес-стратегий международной экспансии машиностроительной компании сегодня на практике подтверждено развитие собственного сервисного центра за рубежом. Сервисная база или ремонтное предприятие создается рядом с потребителем, обученный персонал такой базы помогает ремонтировать изношенное оборудование потребителя через сканирование деталей и передает полученные в результате сканирования 3D-модели к себе на домашнее предприятие для дальнейшего анализа и производства. В результате базы данных PDM-систем и банки данных интеллектуальной собственности международных глобальных производителей наполняются существующими составами изделий и конфигурациями работающего оборудования для последующего расширения производственных линеек этих глобальных компаний.

7. Аддитивное производство для модельных испытаний и быстрого прототипирования [11]. В компании еще нет промышленного 3D-принтера или партнеров – студий 3D-печати? В этом случае она не сможет быть такой же быстрой в разработке и выпуске новых продуктов, как производители, освоившие методы аддитивного производства и быстрого прототипирования.

8. Энергоэффективность производственных предприятий, сертификация их по стандартам LEED, BREEAM и сокращение эксплуатационных затрат на 25% и более. Обеспечение энергоэффективности предприятий непосредственно влияет на себестоимость продукции этих предприятий и снижает риски энергозависимости предприятий, риски изменения законодательства и др.

9. Выход подсистем системы управления информацией предприятий (PDM, MES, MDC)

на автоматизированные рабочие места (АРМ) производственных участков. Выросло поколение специалистов, для которых использование цифровых интерфейсов и средств производства в работе эффективнее, чем использование аналоговых. Молодые слесари-сборщики эффективно работают с цифровыми интерфейсами составов изделий на АРМ сборочных участков, пользуясь интерактивными электронными техническими руководствами. Операторы станков ЧПУ эффективно используют цифровые ассистенты выполняемых технологических процессов, включающих базы знаний нормативно-справочной информации. Управление производственными процессами, анализ их узких мест и ограничений, принятие управленческих решений на основе этого анализа руководитель цеха ведет из главной диспетчерской, пульта управления производством, оборудованной дисплеем, на который поступает видеoinформация со всех производственных участков и информация об их плановой и фактической производительности (как это реализовано в цеху «Высота 239» Челябинского трубопрокатного завода, ЧТПЗ).

10. Производственная система с работающими технологиями бережливого производства, культура производства и порядок в цехах. К сожалению, сегодня огромное количество цехов и производств в России – не отвечающие экологическим стандартам, неухоженные помещения с хаотично накиданным инструментом на верстаках под слоем стружки. В таких условиях невозможно произвести конкурентоспособный продукт. Оптимизация планировки цеха, стандартизация производственного процесса, повышение эффективности работы оборудования – важные слагаемые роста производительности труда современного предприятия.

11. Цифровое управление логистикой, в том числе с использованием радиочастотной (RFID) идентификации, с контролем передвижения сырья и материалов, очень важно для обеспечения конкурентоспособности производства сегодня. Максимальная автоматизация управления складскими запасами,

цифровые системы отбора материальных запасов со световой индикацией («умные полки», pick-by-light), когда информация по заданию на подбор материалов высвечивается на интегрированном в полку дисплее, при подключении к MES, на порядок увеличивают производительность при пропорциональном уменьшении затрат на логистику [12]. Здесь же – автономная логистическая робототехника и роботизированные системы обслуживания складов.

12. Трансфер технологий (рисунок 3.4 на стр 57). Если компания оснастила нефтяное месторождение комплексом иностранного промышленного оборудования, ей сразу же стоит начинать думать о локализации производства этого оборудования. Еще лучше – запланировав приобретение значительного объема иностранного оборудования для оснащения нефтяного месторождения, сразу планировать и реализовывать трансфер технологий производства этого оборудования в России. Иначе в ходе эксплуатации этого оборудования компания быстро разорится на его сервисе (от 100 евро в час – стоимость европейского инженера), а через пять лет обнаружит себя собственником морально и физически устаревших металлоконструкций. Причем соседи по отрасли, закупив через пять лет у той же иностранной компании похожее оборудование, станут собственниками машин на пять поколений старше и эффективнее, поскольку обновление продуктовой линейки раз в год – реальная практика современных международных производственных компаний. С ускоренным развитием технологий цифрового производства и сокращением сроков выпуска продукции трансфер технологий сегодня стал единственной возможностью выживания даже не производителя, а заказчика и эксплуатанта оборудования. При этом предприятия, сформировавшие объемы интеллектуальных активов в PDM-системах, могут начинать задумываться об их капитализации, включая трансфер (экспорт) технологий в развивающиеся страны и продажу лицензий на нематериальные активы (ноу-хау и интеллектуальную собственность).

13. Кросс-отраслевая кооперация, взаимодействие с партнерами в профессиональных ассоциациях и консорциумах, взаимодействие с другими компаниями для организации технологического партнерства. Активизация обмена ресурсами, возможностями и потребностями, в том числе через уже существующие онлайн-инструменты. Использование эффекта платформы, когда цифровые производители создают сети, соединяющие продавцов и покупателей, повышая доходы за счет эффекта масштаба [13]. Пример – кооперация компаний Hewlett-Packard, National Instruments, PTC и Flowserve [14], которые объединились для совместного выпуска насосных агрегатов, управляемых и обслуживаемых с помощью технологий промышленного интернета вещей и предиктивной аналитики. Российский пример – кооперация Yandex Data Factory и Магнитогорского металлургического комбината, создавших с помощью алгоритмов машинного обучения математическую модель производства стали для оптимизации расхода ферросплавов и добавочных материалов [15].

14. Партнерство с образовательными платформами, учебные производственные центры на предприятии, развитие фаблабов в регионе работы предприятия. Популяризация цифрового производства через проведение мастерских с рассказом о работе современных инженеров, 3D-печати, робототехнике. Участие молодых цеховых специалистов в WorldSkills, EuroSkills. Европейское предприятие, открывшее завод в России, имеет несколько таких центров, оборудованных образцами продукции для проведения тренингов персонала и партнеров компании. Также важно развитие команд руководителей предприятий в школах управления – через обмен лучшими практиками и извлеченными уроками с коллегами по отрасли и руководителями компаний из других отраслей.

15. Профессиональное управление проектами. Для обеспечения поставки сложных видов оборудования в срок, с запланированным финансовым результатом и с требуемым заказчиком качеством ведущие производ-

ственные предприятия создают и развивают корпоративные системы управления проектами, обращаясь к лучшим практикам современного управления проектами и комбинируя agile- и waterfall-подходы к реализации проектов.

Почему сегодня так важно опираться на эти работающие производственные технологии в гонке конкурентоспособности нового технологического уклада?

Давайте посмотрим на произошедшее в последние годы. В продукте и в средствах производства доказала свою эффективность радикальная конвергенция цифрового и физического. В разработке – если предприятие не выпускает новую модель продукта ежегодно в условиях быстрого и тесного цифрового мира, оно проигрывает конкурентам. В производстве – увеличились эффективные возможности для автономного производства, поэтому цеховой персонал постепенно замещается операторами цифровых технологиче-

ских процессов, как десять лет назад токари и фрезеровщики начали замещаться операторами станков с ЧПУ. В сервисе продукта – распространяются технологии предиктивной аналитики как серьезной конкурентной силы и связи продукта с его разработчиком (пример – Tesla). Да, эти технологии рождены десятки лет назад. Но любая революция – это окончательное разрушение старой технологической платформы критической массой новых технологий, эволюционно развивающихся долгие годы. Наивно было бы предполагать, что промышленная революция происходит, когда абсолютно новая технологическая платформа в миг меняет цифру 3 на 4. Один из лучших примеров революционного продукта, полученного эволюционным путем, – автомобили Tesla, и, если спроецировать технологическую новизну этого продукта (и средств его производства) на другие отрасли и продукты, становится ясно, что смена технологического уклада действительно происходит.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «СИСТЕМЫ И КОМПОНЕНТЫ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ»

Честно осознать потребность и необходимость изменений лидеров, управленческих команд, бизнес-процессов и самих компаний.

Определить наиболее важные направления цифрового развития для развития компании.

Оценить влияние технологии на эффективность компании, скорость вывода продуктов на рынок, качество продуктов, себестоимость продуктов, скорость и точность принятия управленческих решений.

Организовать диагностику, в том числе через референс-визиты на предприятия: с вендорами, агентствами развития, экспертами или самостоятельно.

Оценить экономический эффект как разницу между инвестициями в цифровое перевооружение и прогнозируемым финансовым результатом.



Авторы

Боровков Алексей Иванович

Проректор по перспективным проектам
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого,
лидер-соруководитель рабочей группы «Технет» НТИ,
лидер мегапроекта «Фабрики Будущего»

Рябов Юрий Александрович

Начальник отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра
«Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ, кандидат политических наук

Марусева Валерия Михайловна

Аналитик отдела технологического и промышленного форсайта
Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ



Глава 2

Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения

Резюме главы:

Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования позволяет в кратчайшие сроки разрабатывать и создавать глобально конкурентоспособную продукцию нового поколения.

В основе новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования лежит использование сложных мультidisциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим/производственным процессам, применение best-in-class технологий, разработка цифровых двойников как продукции, так и ее производства.

Перечисленные в предыдущей главе 15 ключевых компонентов цифрового производства позволяют компаниям быть конкурентоспособными, повышать производительность труда, снижать время вывода продуктов на рынок, себестоимость производимой продукции, повышать скорость управленческих решений и качество продуктов и сервисов. Вместе с тем можно утверждать, что применение этих компонентов является лишь необходимым, но никак не достаточным условием присутствия на глобальном рынке. Их наличие, вообще говоря, не обеспечивает инновационный прорыв и создание глобально конкурентоспособной продукции нового поколения.

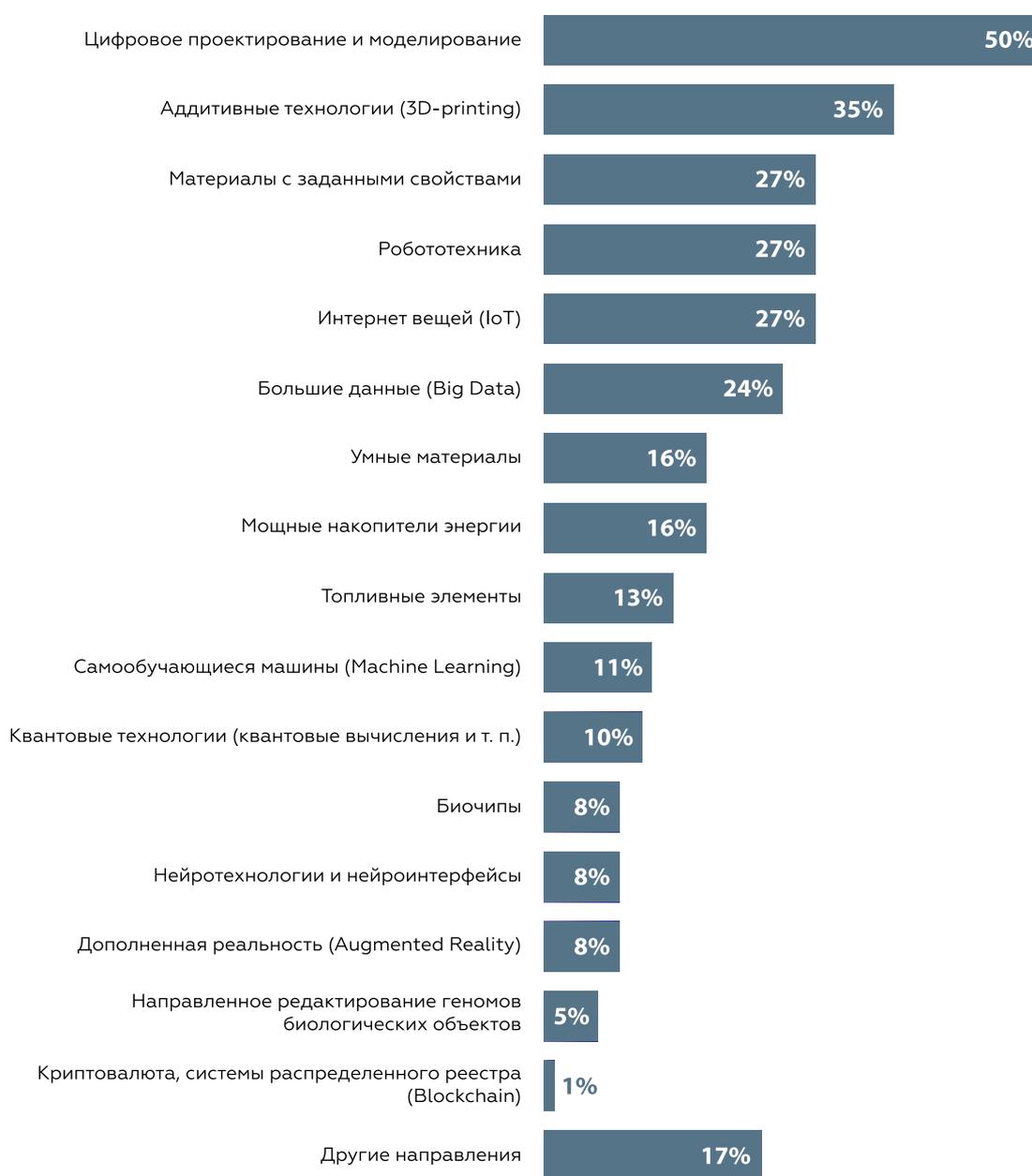
Инновационный прорыв может обеспечить оптимальное и эффективное комплексование различных лучших в мире (best-in-class) технологий с добавлением оригинальных кросс-отраслевых интеллектуальных ноу-хау, сформированных, как правило, в процессе работы с различными промышленными компаниями – мировыми лидерами в рамках международной системы разделения труда, участия в глобальных технологических цепочках. В итоге формируется комплексное высокотехнологичное решение, которое априори является лучшим в мире и которое, а это принципиально важно, обеспечивает в кратчайшие сроки

проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения.

Такие комплексные решения – Цифровые, «Умные», Виртуальные Фабрики Будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future) – имеют принципиальную схему в виде триады «цифровое проектирование и моделирование & новые материалы & аддитивные технологии», в которой драйвером выступает новая парадигма цифрового проектирования и моделирования Smart Digital Twin – [(Simulation & Optimization)-Based Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing).

Данным технологическим направлением в последнее время уделяется все больше внимания со стороны предприятий высокотехнологичной промышленности, государства, научно-технологического и предпринимательского сообщества. В 2016 г. российские компании, представленные в ежегодном национальном рейтинге быстро развивающихся высокотехнологичных компаний «ТехУспех», участвовали в опросе, в ходе которого, в частности, ответили на вопрос о том, какие актуальные технологические тренды они рассматривают в качестве возможности для создания новых продуктов или наделения новыми свойствами уже выпускаемых позиций.

РИСУНОК 2.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ НА ВОПРОС «КАКИЕ ИЗ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАССМАТРИВАЮТСЯ В ВАШЕЙ КОМПАНИИ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ ИЛИ НАДЕЛЕНИЯ НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ УЖЕ ВЫПУСКАЕМЫХ ПОЗИЦИЙ?» (В % ОТ ЧИСЛА ВСЕХ ОПРОШЕННЫХ КОМПАНИЙ)



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [1, с. 28]

По итогам опроса на первые пять строк вышли технологии, которые в целом аналитиками обычно связываются с Индустрией 4.0 (см. рисунок 2.1):

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

На первое место вышло цифровое проектирование и моделирование, важность которого отметила половина респондентов (стоит отметить, что основную часть респондентов составляют машиностроительные компании). Действительно, на сегодняшний день вряд ли возможно представить успешно функционирующее высокотехнологичное предприятие, не использующее цифровые технологии по крайней мере на некоторых этапах [1, с. 27–28].

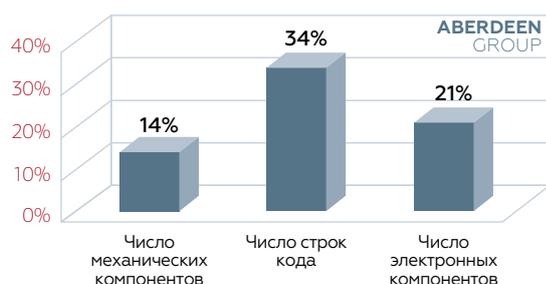
Еще более 40 лет назад создание и применение в разработке технических систем и конструкций САД-систем (систем автоматизированного проектирования, САПР) было при-

знано Национальным научным фондом США (NSF) величайшим событием, позволившим резко повысить производительность труда и сравнимым в этом смысле, пожалуй, лишь с началом эпохи электричества [2, р. vii].

Однако сегодня перед высокотехнологичной промышленностью ставятся все более амбициозные задачи, для решения которых требуются все более совершенные подходы, технологии и инструменты. По данным опроса, проведенного специалистами аналитического агентства Aberdeen Group и включавшего более 550 респондентов, компаний – мировых лидеров из различных отраслей промышленности, за последние несколько лет производимая продукция стала значительно сложнее: возросло число механических и электронных компонентов, число строк программного кода, в результате чего проявились некоторые негативные тенденции, связанные с увеличением продолжительности и стоимости разработок и исследований, потерей качества изделий и, как следствие, снижением прибыли компаний-разработчиков (см. рисунок 2.2), а в некоторых случаях – и репутационным ущербом [3, с. 19–20].

В сложившейся ситуации требуется кардинальное изменение подхода к проектированию, что возможно благодаря применению

РИСУНОК 2.2. СЛЕВА: РОСТ СЛОЖНОСТИ РАЗРАБОТОК В 2015–2017 ГГ., СПРАВА: НЕГАТИВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ПРОДУКТОВ В 2015–2017 ГГ.



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [3, с. 19]

технологий математического и численного моделирования (см. рисунок 2.3). Использование данных технологий, начиная с самых ранних этапов, дает существенные преимущества для соблюдения трех основных критериев успешности исследований и разработок: сроков, стоимости и качества [3, с. 20].

Таким образом, сегодня в современной высокотехнологичной промышленности произошли значительные структурные изменения – смещение «центра тяжести» в глобальной конкуренции на этап проектирования. Традиционные подходы и технологии, предполагающие и основанные, как правило, на доводке изделий путем дорогостоящих испытаний, достигли своего потолка в развитии и применении и фактически становятся неконкурентоспособными.

Ранее процесс разработки выглядел следующим образом: на основе реального объекта строилась его физическая модель, как правило чрезвычайно упрощенная, которая затем, в процессе формирования математической модели, описывалась уравнениями математической физики (то есть строилась математическая модель, включающая математическое описание моделируемой конструк-

ции в соответствии с теоретическими положениями кинематики, динамики и прочности, поведения материалов под действием нагрузок и температур и т. д.). Далее в результате многочисленных и дорогостоящих натурных испытаний опытных образцов/прототипов получали дополнительную информацию о поведении («отклике») опытного образца, а затем итерационным путем осуществлялась корректировка математической расчетной модели, рабочей конструкторской документации, а по итогам – и доводка конечного изделия до требуемых целевых характеристик.

При этом важно отметить, что адекватность изначально выбранной физической модели, понимаемая как «правильное качественное описание объекта по выбранным характеристикам» и «правильное количественное описание объекта по выбранным характеристикам с некоторой разумной степенью точности» [4, с. 110–111], оставалась, как правило и по-прежнему, достаточно низкой. В качестве аргумента приводилось утверждение, что при выборе более адекватной и более сложной физической модели математическая модель могла оказаться настолько сложной, что для дальнейшей работы с ней

РИСУНОК 2.3. БИЗНЕС-ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОДИСЦИПЛИНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [3, с. 20]

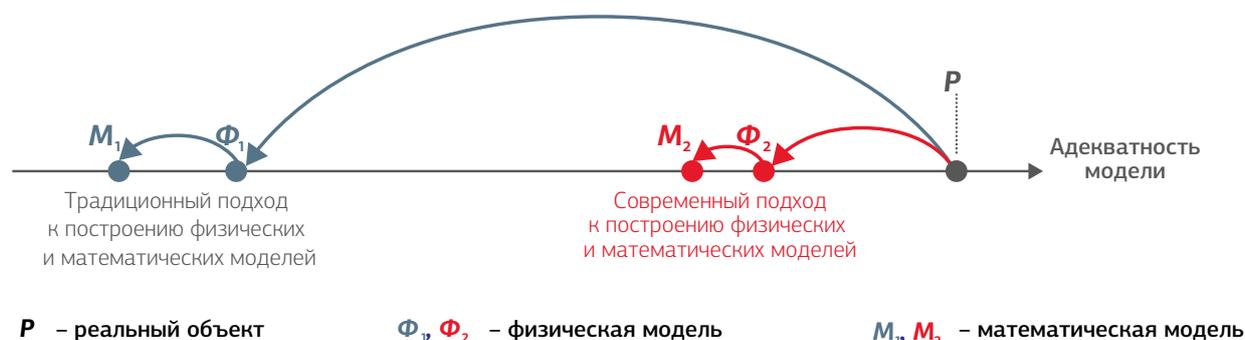
потребовалось бы ее значительное упрощение и, как следствие, снижение адекватности [4, с. 119].

В настоящее же время за счет применения метода конечных элементов (Finite Element Method, FEM, компьютерных технологий мирового уровня (CAD-CAE-CFD-FSI-MBD-ЕМА-САО-НРС-...) стало возможным радикально повысить уровень адекватности физических моделей, а за счет применения best-in-class компьютерных технологий мирового уровня и новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования – повысить уровень адекватности и математических моделей, а соответственно, и уровень получаемых численных результатов. Это позволяет практически полностью отказаться от интуитивных методов работы инженеров, когда новая конструкция создается, как правило, на основе уже работающих прототипов: «от добра добра не ищут», «лучшее – враг хорошего». Фактически на этом этапе происходит делегирование ответственности за модернизируемое изделие предшествующим поколениям конструкторов, у которых зачастую было больше времени и финансовых средств на разработку уже эксплуатируемо-

го изделия. Более того, сегодняшних конструкторов непрерывно мучает вопрос: «А как поведет себя модернизированное изделие, а как оно себя проявит на тех или иных режимах эксплуатации?» Именно поэтому мало создается конструкций/машин/приборов/... нового поколения или принципиально новых, которые должны быть глобально конкурентоспособными, востребованными и кастомизированными/персонализированными или даже кастомными, то есть с самого начала спроектированными под постоянно повышающиеся требования потребителя и глобального рынка (см. рисунок 2.4).

За счет применения новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования стало возможным уйти от традиционной ситуации, когда число изменений изделия (в силу допущенных ошибок или полученных новых, ранее не учтенных сведений) и, соответственно, возрастающие затраты на их внесение распределяются на протяжении всего жизненного цикла разработки – от стадии проектирования до начала серийного производства (известно, что чем позже вносятся изменения, тем большие издержки несет компания). В итоге становится принци-

РИСУНОК 2.4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОГО И СОВРЕМЕННОГО ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [4]

ально возможным сосредоточить основную долю изменений и затрат на стадии проектирования, тем самым значительно минимизировать общий объем затрат, сократить издержки и обеспечить создание наукоемких высокотехнологичных изделий нового поколения в кратчайшие сроки (см. рисунок 2.5).

Смещение «центра тяжести» в конкурентной борьбе в сторону проектирования еще в 2015 г. было отмечено американской аналитической компанией CIMdata, которая специализируется на оказании услуг стратегического консалтинга поставщикам PLM-решений и высокотехнологическим компаниям. Очевидно, что в рамках разворачивающейся IV промышленной революции лидерами будут становиться именно те компании, которые, находясь в глобальных трендах цифровой экономики, переносят акценты своей деятельности в область цифрового проектирования и моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга вместе с методами многокритериальной, многопараметрической, междисциплинарной и топологической/топографической/... оптимизации, бионического дизайна, аддитивного производства, роботизации и т. д. [см. подробнее 6; 7]

Неслучайным является тот факт, что в США развитие передовых производственных технологий идет путем «аддитивного комплексирования» различных государственных программ. Так, хотя формально основной является инициатива Advanced Manufacturing Partnership, запущенная в 2011 г., она выступает лишь составной частью целого комплекса усилий по обеспечению конкурентоспособности промышленности США, которые, «наслаиваясь» друг на друга, дают синергетический эффект, недостижимый, если бы каждая мера – по развитию передовых производственных технологий (ППТ), высокопроизводительных вычислительных систем (суперкомпьютеров) и компьютерного проектирования материалов на молекулярном и атомарном уровне – существовала бы абсолютно независимо от других или если бы был нарушен выбранный порядок их запуска на государственном уровне.

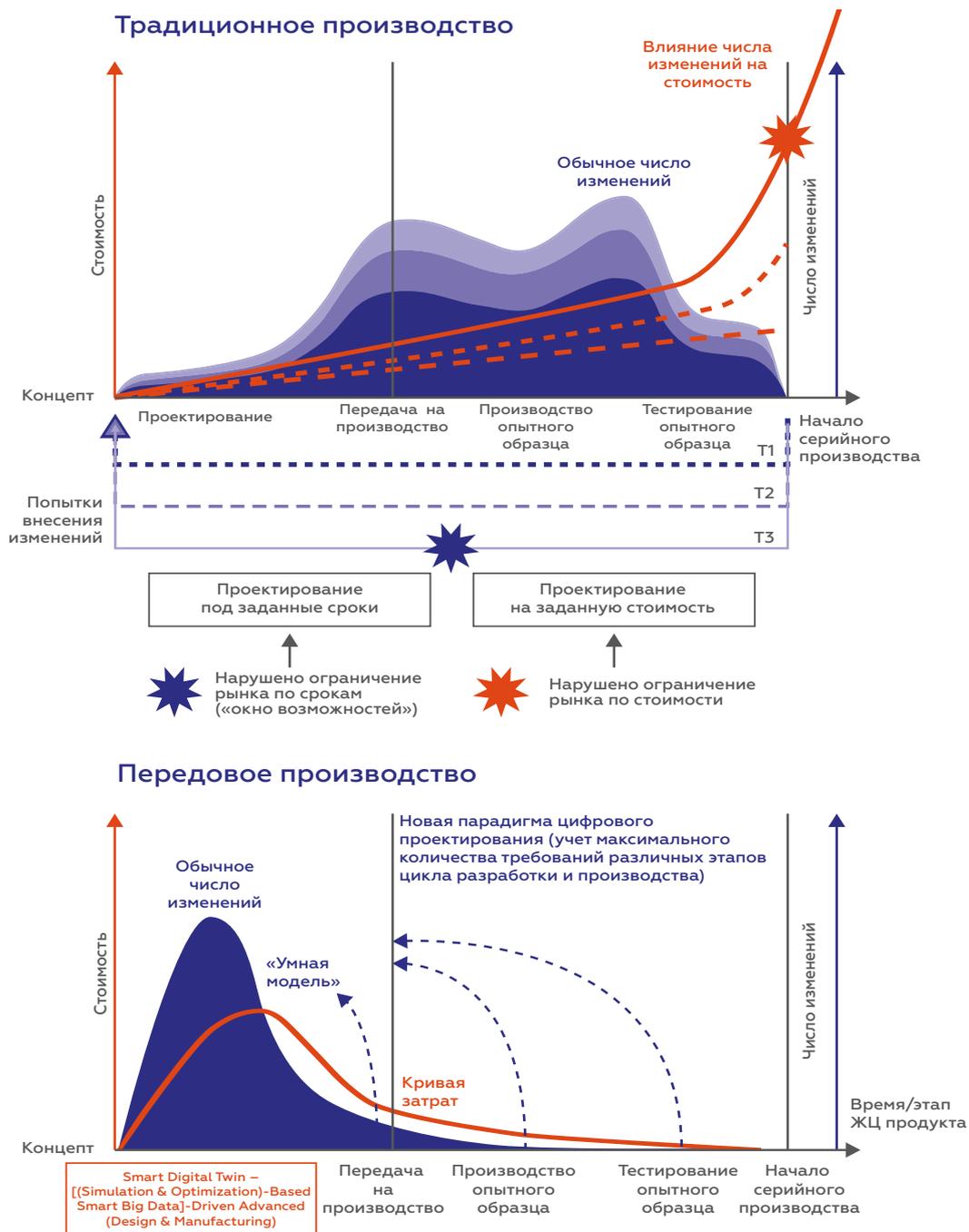
Так, условное начало можно отнести к 2004 г., когда по инициативе министерства энергетики США был принят High-End Computing Revitalization Act, направленный на поддержку разработки систем высокопроизводительных вычислений (HPC-систем, включающих программное и аппаратное обеспечение) для промышленных и научных нужд путем создания специализированных центров, исследовательских команд, обеспечения трансфера технологий из науки в промышленность и обеспечения доступа научного сообщества к передовым промышленным HPC-системам (High Performance Computing системы – системы высокопроизводительных вычислений) [8].

В том же 2004 г. Совет по конкурентоспособности США, объединяющий руководителей компаний, президентов университетов, лидеров профсоюзов, директоров национальных лабораторий и играющий значительную роль в формировании экономической политики страны, запустил High Performance Computing Initiative, цель которой заключалась в том, чтобы стимулировать более широкое использование систем высокопроизводительных вычислений в негосударственном секторе экономики. Более того, руководством совета был сформулирован принцип: «В конкурентной борьбе победит тот, кто победит в вычислениях» ("The country that wants to out-compete, must be able to out-compute") [цит. по: 9].

Далее, в 2009 г. Совет по конкурентоспособности США опубликовал влиятельный доклад с говорящим названием «Глобальное лидерство производственного сектора США за счет численного моделирования» ("U.S. Manufacturing – Global Leadership Through Modeling and Simulation") [10], итогом которого явились различные меры на государственном уровне, направленные на внедрение средств компьютерного моделирования и HPC-систем на малых и средних промышленных предприятиях.

Наконец, в 2015 г. президент США запустил Национальную стратегическую инициативу в области вычислений, цели которой – создание вычислительных систем, интегриру-

РИСУНОК 2.5. СРАВНЕНИЕ ТРАДИЦИОННОГО И ПЕРЕДОВОГО ПОДХОДОВ К ПРОИЗВОДСТВУ



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [5]

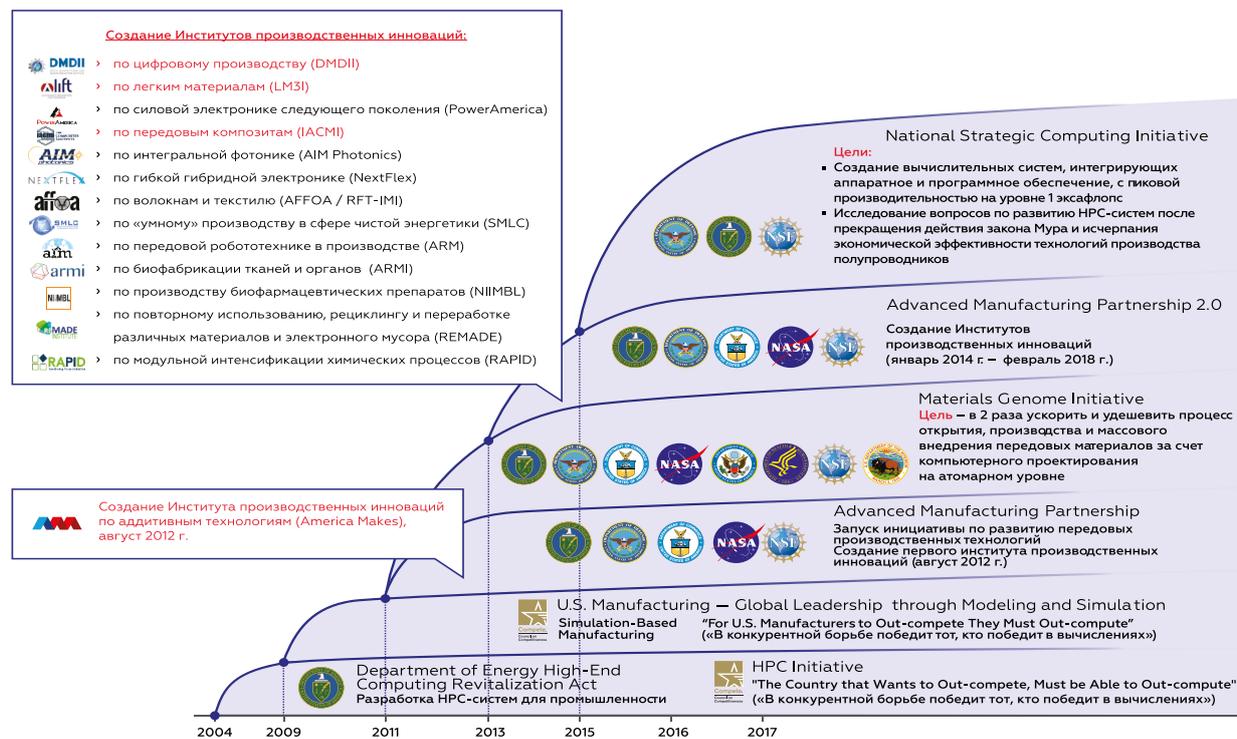
ющих аппаратное и программное обеспечение, с производительностью в 100 раз большей, чем у существующих систем (то есть 1 эксафлопс), а также исследование вопросов по развитию НРС-систем после прекращения действия «закона Мура» и исчерпания экономической эффективности технологий производства полупроводников [10].

Одновременно в 2011 г. стартовала уже вышеуказанная инициатива Advanced Manufacturing Partnership, а также Materials Genome Initiative (MGI), цель которой – в два раза ускорить и удешевить процесс открытия, производства и массового внедрения передовых материалов за счет компьютерного проектирования на атомарном уровне (см. рисунок 2.6).

В основе новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования лежит использование сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам (включая технологические и производственные), описываемых уравнениями математической физики, в первую очередь 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных.

Такие математические модели, или «умные» модели, агрегируют в себе все знания, которые применяются при проектировании, производстве и эксплуатации изделия/продук-

РИСУНОК 2.6. АДДИТИВНОЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНИЦИАТИВ ПО РАЗВИТИЮ НРС-СИСТЕМ, ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В США



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [8; 9; 10; 11; 12; 13]

та/конструкции/машины/установки/технической или киберфизической системы:

1) фундаментальные законы и науки (математическая физика, теории колебаний, упругости, пластичности и т. д., механика разрушения, механика композиционных материалов и композитных структур, контактного взаимодействия, динамика и прочность машин, вычислительная механика, гидроаэродинамика, тепломассообмен, электромагнетизм, акустика, технологическая механика и др.);

2) геометрические (CAD) и вычислительные конечно-элементные (CAE) полномасштабные модели реальных объектов и физико-механических процессов;

3) полные данные о материалах, из которых изготавливается изделие, включая данные о поведении материалов при воздействии тепловых, электромагнитных и др. полей, скоростном деформировании, вибрационном, ударном, мало- и многоцикловом нагружении;

4) информацию об эксплуатационных режимах (нормальные условия эксплуатации, нарушения нормальных условий эксплуатации, аварийные ситуации и т. д.), включая информацию, которая обеспечивает заданное поведение конструкции в тех или иных ситуациях (так называемое программируемое поведение);

5) данные о технологиях производства и сборки как отдельных элементов, так и конструкций в целом;

6) прочие характеристики и параметры.

Суть «умной» математической модели целесообразно раскрыть на примере автомобилестроения – наиболее наукоемкой, динамично развивающейся и высококонкурентной отрасли с объемом глобального рынка около 100 млн автомобилей в год, в которой выпущенная на рынок продукция регулярно и практически мгновенно (несколько недель) изучается конкурентами в части использованных технологий и материалов – как правило, делается реверсивный инжиниринг, в частности, именно этот подход запустил масштабные изменения и развитие китайской высокотехнологичной промышленности. Современный автомобиль должен удовлетворять

как огромному числу целевых характеристик и показателей, включая потребительские качества (комфорт, эргономичность, современный внешний вид и т. д.), так и требованиям активной и пассивной безопасности, аэродинамики, технологичности и т. д.

Наиболее полной и сложной оценкой качества и безопасности автомобиля является натурный краш-тест. Каждый автомобиль должен удовлетворять всем требованиям серии сертификационных и рейтинговых испытаний, для того чтобы обеспечить его глобальную конкурентоспособность на мировом рынке. При этом натурные испытания являются чрезвычайно дорогостоящими, поэтому единственным способом минимизировать затраты и сократить время вывода на рынок автомобиля является проведение виртуальных испытаний (подчеркнем, что у лидеров мирового автомобилестроения произошло радикальное изменение соотношения числа натуральных и виртуальных испытаний: если в 2007 г. соотношение было 100 к 100, то в 2017 г. – уже 5 к 10 000!).

Результаты тысяч и десятков тысяч виртуальных испытаний, выполняемых в автоматизированном режиме, используются при создании «умной» модели, что позволяет, например, программировать разрушение 5 000 – 8 000 сварных точек кузова автомобиля при различных вариантах возможных столкновений таким образом, что достигается необходимый высокий уровень пассивной безопасности (нелинейное деформирование и разрушение элементов кузова обеспечивают выживание и минимальную травмируемость водителя и пассажиров). Именно такое нестационарное нелинейное поведение автомобиля и фиксируется в ходе натурального краш-теста – высокий уровень детализации «умной» модели позволяет фактически запрограммировать поведение каждого элемента конструкции в эксплуатационных и аварийных условиях.

Виртуальный краш-тест автомобиля является мультидисциплинарной вершиной, в которой представлены практически все науки – от материаловедения, механики до технологий изготовления – и, конечно же, все

физико-механические процессы, связанные с аэродинамикой, вибрациями, динамикой, прочностью и усталостью, все типы нелинейностей (геометрические, физические, контактные взаимодействия, накопление повреждений, локальные разрушения и т. д.), широко применяется весь спектр технологий оптимизации и т. д.

В целях уменьшения массы конструкции, снижения себестоимости, улучшения прочностных, вибрационных, акустических, эксплуатационных и других показателей в кузове автомобиля премиум-класса применяется ~ 200 различных материалов, среди которых металлы, сплавы, полимеры, композиционные материалы, наконец, метаматериалы с оптимальной микроструктурой. Для корректного описания физико-механических процессов, проходящих в конструкции при различных воздействиях, например динамических, для каждого материала необходимо знать достаточно обширный набор параметров и характеристик, включая кривые упруго-пластического деформирования при различных скоростях деформирования, критерии начала разрушения, модели его развития, модели накопления повреждений в материалах и т. д.

Помимо свойств материала для достоверной оценки поведения тех или иных элементов конструкции кузова в рамках создания «умной» модели важно также учитывать технологии изготовления данных элементов, например «интеллектуальное» литье, «интеллектуальную» штамповку, учет предварительного напряженно-деформированного состояния, управление им, учет локальных утонений, короблений и т. д. деталей после технологических процессов. Эти факторы способны существенно повлиять на поведение конструкции в целом. Помимо этого также проводится виртуальная оценка технологичности деталей – возможно ли изготовить их тем или иным способом, будет ли обеспечен требуемый уровень прочности, качества изготовления и сборки компонентов, а также многих других характеристик.

Не менее важно учесть сопряжения элементов конструкции кузова между собой. Они

осуществляются посредством сварных точек и швов, клеевых линий. Лишь в одном кузове автомобиля премиум-класса может присутствовать более 7 000 сварных точек и более 6 метров сварных швов, различные виды клеевых соединений – стекольный, структурный, полуструктурный, расширяющийся. Для каждого из них характерна своя модель поведения при различных воздействиях. От расположения сварных соединений сильно зависит поведение конструкции кузова (прочность, вибрации, усталость, долговечность, акустика, ...), а при краш-тестах чрезвычайно важны зоны программируемого разрушения, благодаря чему в определенные моменты времени (на определенных миллисекундах) локально разрушаются строго определенные элементы конструкции в строго определенных зонах и, что принципиально важно, динамически разрушаются таким образом, чтобы обеспечить безопасность пассажиров.

В конструкции автомобиля присутствует большое количество (до 100 элементов) различных механизмов, таких как двигатель, подвеска, капот и крышка багажника, стеклоподъемники, в некоторых исполнениях автомобиль обладает механизмом складывающейся крыши или сдвижной двери. «Умная» модель содержит в себе информацию о каждом узле механизма, о его кинематических, динамических и прочностных особенностях, позволяя оценить качество функционирования, и вся эта информация представлена с помощью отдельных математических моделей, описываемых нестационарными нелинейными уравнениями в частных производных.

Для проведения виртуальных краш-тестов необходимо иметь полные виртуальные аналоги всего испытательного оборудования, всех испытательных стендов, которые применяются при проведении натурных испытаний. Они составляют виртуальный испытательный полигон, в который входят модели антропоморфных манекенов, позволяющие с высокой степенью точности воспроизвести биомеханическое динамическое поведение тела человека при различных нестационарных воздействиях и оценить кри-

терии травмирования; модели семейства манекенов для мужчин, женщин и детей содержат более 10 000 измерительных датчиков, более 20 барьеров для проведения различных сертификационных и рейтинговых испытаний и 20 ударников различных частей тела человека для дополнительных оценок, в том числе оценок безопасности пешеходов при столкновении с автомобилем.

Ударное взаимодействие автомобиля с преградами, или краш-тест, – быстропротекающий динамический процесс, длительность которого составляет порядка 200–250 мс. Шаг интегрирования для численного решения задач составляет 1 мкс. Общее количество шагов интегрирования – более 200 000. Вся эта информация образует большие данные (Smart Big Data) «на входе» (более $2 \cdot 10^{12}$ параметров) «умной» модели. Проведенные виртуальные испытания дополняют этот массив – получаем Smart Big Data «на выходе»: при суперкомпьютерном моделировании процесса длительностью 200 мс на выходе получается массив данных, содержащий более 10^{14} параметров. В нескольких десятках миллионов узлов ($\sim 1\text{--}3 \cdot 10^7$) регулярно считываются более 50 параметров, таких как перемещения, скорости, ускорения, деформации, напряжения и др. В итоге получается $5 \cdot 10^8$ кривых, исчерпывающе описывающих поведение «умной» модели.

Для разработки «умной» модели задается многоуровневая матрица целевых показателей и ресурсных ограничений (временных, финансовых, технологических, производственных и т. д.). Многолетний опыт решения сложных промышленных задач сотрудниками инженерингового центра Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) и ГК CompMechLab® по заказам компаний – мировых лидеров свидетельствует, что такая матрица содержит десятки тысяч ($\sim 40\,000\text{--}60\,000$) целевых показателей и требований, предъявляемых к продукту в целом, к его компонентам и деталям в отдельности, а также учитывает ресурсные ограничения, как на этапе проектирования, так и на этапах производства и эксплуатации.

Принципиально важно понимать, что как benchmark-продукт, целевые характеристики, так и ресурсные ограничения могут претерпеть изменения или уточнения, что потребует внесения в кратчайшие сроки (например, за неделю) изменений в многоуровневую матрицу – «управление изменениями», которое обеспечивает непрерывный характер разработки и представляет собой другую важнейшую особенность новой парадигмы проектирования.

При этом в отечественной промышленности представлены в основном 3D геометрические модели, на основе которых выполняются достаточно простые кинематические, статические и динамические/вибрационные расчеты, результаты которых обладают, как правило, низким уровнем адекватности реальным объектам и процессам. Полученные численные результаты, естественно, не могут пройти валидацию по результатам натуральных испытаний, поскольку постоянно наблюдаются большие расхождения в поведении реальных объектов и цифровых моделей или расхождения в информации, которую фиксируют установленные датчики и показывают цифровые модели. Соответственно, такие модели не позволяют воспроизвести с высокой точностью поведение объектов на протяжении всего жизненного цикла, а попытка делать это на ранних этапах разработки цифровых моделей, еще до того, как модели стали более адекватными реальности, оборачивается фактически фальстартом, который передает «эстафету» проблем/несоответствий на следующие этапы жизненного цикла продукта, увеличивая тем самым издержки и, соответственно, затраты, кроме того, увеличивая общее время вывода продукта на рынок.

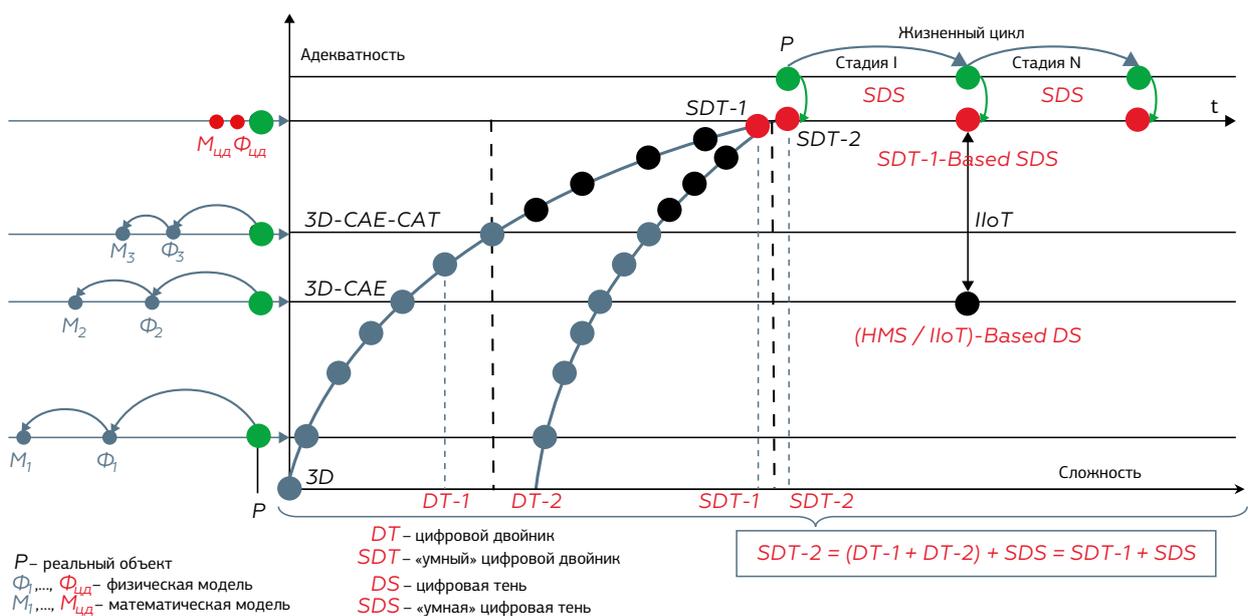
«Умная» модель за счет своей высокой адекватности благодаря в первую очередь Smart Big Data «на входе» и «на выходе» позволяет значительно приблизиться к реальному объекту – обеспечивает отличие между результатами виртуальных испытаний и натуральных испытаний в пределах $\pm 5\%$ (например, валидация «умных» моделей в краш-

рование SDS происходит за счет получения оперативной информации о функционировании конкретного объекта/продукта при помощи технологий промышленного интернета и диагностики (Health Monitoring System, HMS). Эта дополнительная информация, полученная на этапе эксплуатации, позволяет продолжить «обучение» SDT-1, делая его еще более «умным», повышая его уровень адекватности и позволяя в дальнейшем моделировать с его помощью различные возможные и «непредвиденные» ситуации, включая их всевозможные комбинации/наложения, и эксплуатационные режимы (например, оценивать уровень возможных повреждений или остаточный ресурс). При этом, благодаря десяткам тысяч проведенных в процессе «цифровой сертификации» виртуальных испытаний при создании SDT-1, есть четкое представление о расположении критических зон, в которых и имеет смысл

размещать те или иные датчики (акселерометры, тензометры, датчики температуры, давления, скорости и т. д.), что позволяет радикально сократить число самих датчиков и регулярно (например, ежедневно) получаемый объем больших данных (фактически вместо Big Data мы формируем Smart Big Data), увеличить скорость их обработки и внесения необходимых изменений в SDT-1 для его трансформации в «умный» цифровой двойник второго уровня (SDT-2).

Принципиально важным представляется отличие SDS от понятия цифровой тени (Digital Shadow, DS). В этом случае под цифровой тенью понимается низкоадекватная 3D геометрическая модель, уровень адекватности которой пытаются повысить за счет длительных и дорогостоящих натурных испытаний или режимов эксплуатации и поступающих данных с избыточного количества датчиков на реальном объекте (см. рисунки 2.7 и 2.8).

РИСУНОК 2.8. СЕМЕЙСТВО ФИЗИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ. ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, «УМНЫЙ» ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, ЦИФРОВАЯ ТЕНЬ



Источник: Центр НТИ СПбПУ

ников в процессе «цифровой сертификации» (выполнения десятков тысяч виртуальных испытаний), выполняется на основе специализированной CML-Цифровой платформы CML-Bench (разработка российской компании CompMechLab®, которая в 2017 г. была удостоена Национальной промышленной премии Российской Федерации «Индустрия»), которая обеспечивает чрезвычайно высокую степень автоматизации процесса разработки на основе всех лучших передовых технологий мирового уровня («экосистемы best-in-class технологий»), общая трудоемкость разработки и сопровождения которых превышает 1 млн человеко-лет, а стоимость разработки превышает \$100 млрд. Для одновременного удовлетворения в процессе проектирования десяткам тысяч целевых показателей и ресурсных ограничений применяется специально разработанная CML-Экспертная интеллектуальная система CML-AI (разработка CompMechLab®), которая фактически является системой «интеллектуальных помощников» и целенаправленным развитием в направлении применения искусственного интеллекта в наиболее сложном и творческом процессе – процессе проектирования.

Этот новый подход, отвечающий глобальным трендам IV промышленной революции и цифровой экономики, позволяет проводить разработки значительно быстрее, дешевле и с помощью значительно меньшего числа работников, существенно снижает количество возможных изменений/уточнений на этапах производства и эксплуатации, обеспечивает значительное снижение объемов натурных испытаний, наконец, позволяет динамично и эффективно управлять изменениями целевых характеристик и учитывать новые ограничения, возникающие на этапах проектирования, производства или эксплуатации. Необходимо подчеркнуть, что речь идет, конечно, о работниках нового типа – «системных инженерах», обладающих глубокой физико-математической, вычислительной, технической и технологической подготовкой, наконец, обладающих компетенциями мирового уровня (мы часто

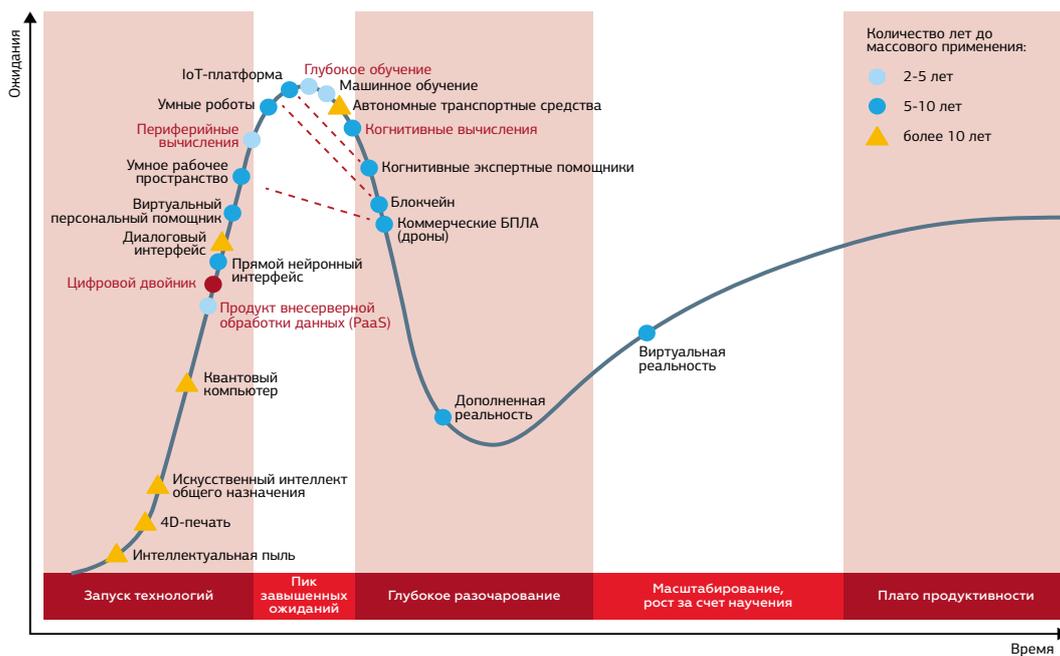
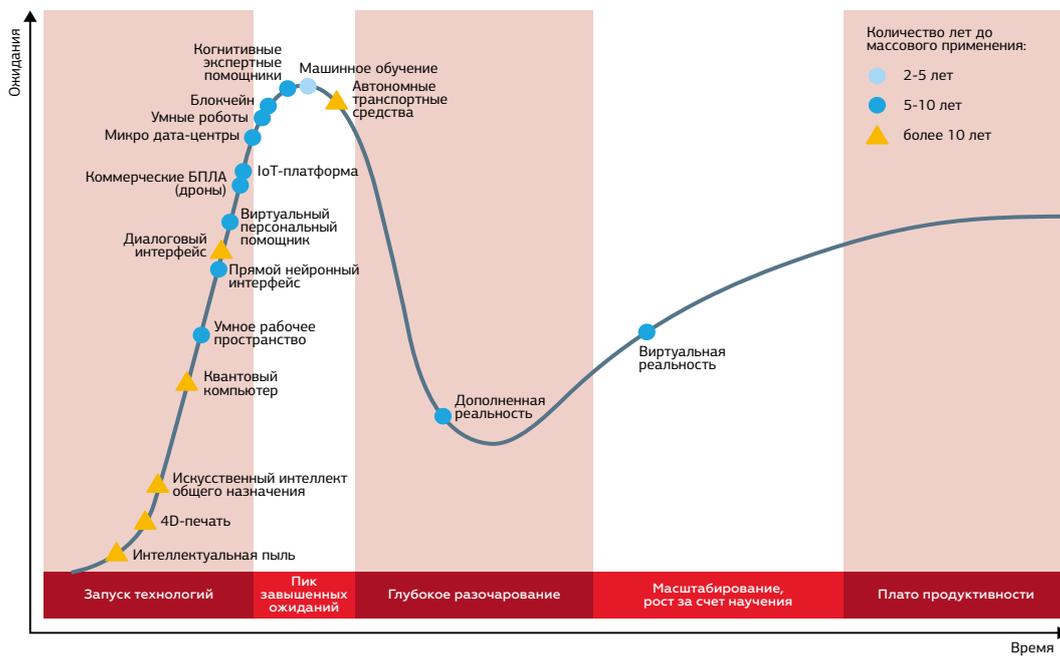
используем очень запоминаемый термин «инженерный спецназ») (см. рисунок 2.9.)

Подчеркнем, что несмотря на свою ключевую роль в IV промышленной революции и планомерную эффективную разработку на протяжении последних десяти лет высокотехнологичными компаниями – мировыми лидерами, начиная с тотальной «дигитализации» и разработки цифровых макетов (Digital Mock-Up, DMU), цифровой двойник лишь в августе 2017 г. впервые появился на цикле зрелости технологий Гартнера (Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies) (см. рисунок 2.10).

Сегодня существуют разные подходы к определению цифрового двойника. Например, компания Siemens PLM Software рассматривает его как пересечение четырех областей – разработки продукта, планирования производства, устройства производственных помещений и реального мира, причем с особым вниманием, уделяемым производству. В Dassault Systèmes предпочитают использовать термин «виртуальный двойник», который представляет собой развитие стратегии системного инжиниринга. Виртуальный двойник позволяет команде разработчиков создавать продукт, сочетающий в себе механические, электрические, электронные, гидравлические и прочие системы, а затем испытывать его и обращаться с ним, изучая его поведение в различных условиях (нагрузок, вибраций, работы программного обеспечения, систем управления и т. д.) [16].

В России разработка цифровых двойников ведется в рамках создания Цифровых, «Умных», Виртуальных Фабрик Будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future). Концепция фабрик будущего реализуется в рамках дорожной карты «Технет» Национальной технологической инициативы (НТИ) и мегапроекта «Фабрики Будущего», нацеленного на развитие и повышение конкурентоспособности отечественной высокотехнологичной промышленности за счет решения инженерно-технологических проблем-вызовов (Industrial Challenge Problems)

РИСУНОК 2.10. ОТДЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЦИКЛЕ ЗРЕЛОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГАРТНЕРА 2016 И 2017 ГОДА (GARTNER HYPE CYCLE FOR EMERGING TECHNOLOGIES)



Источник: Центр НТИ СПбПУ по материалам [14; 15]

государственного значения, которые не удастся решить высокотехнологичным предприятиям с помощью традиционных подходов. Мегапроект «Фабрики Будущего» был одобрен на расширенном заседании Наблюдательного совета АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов», состоявшемся 21 июля 2016 г. под председательством Президента РФ В. В. Путина, и по его итогам совместно с Минпромторгом России и высокотехнологичными корпорациями/компаниями ведется регулярная работа по формированию перечня перспективных долгосрочных проектов по направлениям Национальной технологической инициативы для реализации проекта «Фабрики Будущего» [17] (см. рисунок 2.11).

В настоящее время Инжиниринговым центром СПбПУ, ГК ComrMechLab®, а теперь и в рамках Центра НТИ «Новые производственные технологии» на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ (Центр НТИ СПбПУ) ведется активная работа по созданию Фабрик Будущего с высокотехнологичными предприятиями из различных отраслей промышленности: автомобилестроения (центральный институт отрасли «НАМИ», Ульяновский автомобильный завод, «Волгабас», КАМАЗ), двигателестроения («ОДК-Сатурн», «ОДК-Климов», ...), судостроения и кораблестроения (Средне-Невский судостроительный завод, СПМБМ «Малахит», ...), авиастроения и вертолетостроения (Объединенная авиастроительная корпорация / «Гражданские самолеты Сухого» / корпорация «Иркут» / «Авиационный комплекс им. С. В. Ильюшина» и холдинг «Вертолеты России» / конструкторское бюро «Камов» и Московский вертолетный завод им. М. Л. Миля).

В 2017 г. в процессы цифровой трансформации по инициативе президента Республики Татарстан Р. Н. Минниханова включились машиностроительные предприятия РТ: НПО «ОКБ им. М. П. Симонова», Казанское моторостроительное производственное объединение, Казанский вертолетный завод и КАМАЗ. В Санкт-Петербурге создан Проектный офис «Фабрики Будущего» (положение

о Проектном офисе 25 июля 2017 г. подписал губернатор города Г. С. Полтавченко). В работу Проектного офиса активно включились руководители высокотехнологичных промышленных предприятий города, Союза промышленников и предпринимателей и профильных комитетов Правительства Санкт-Петербурга.

Как уже отмечалось, решение инженерно-технологических проблем-вызовов (Industrial Challenge Problems) государственного значения в рамках мегапроекта «Фабрики Будущего» требует кадров новой формации – системных мультидисциплинарных инженеров, обладающих компетенциями мирового уровня («инженерный спецназ»), и технологических предпринимателей, разбирающихся в наукоёмком высокотехнологичном бизнесе.

В рамках решения проблем-вызовов предприятий высокотехнологичной промышленности инжиниринговый центр СПбПУ, ГК ComrMechLab® – Национальный чемпион и лауреат Национальной промышленной премии РФ «Индустрия-2017» – и Центр НТИ СПбПУ осуществляют опережающую практико-ориентированную целевую подготовку специалистов. Такой подход реализует специально созданный Институт передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ [подробнее об ИППТ-модели образовательной, исследовательской и инновационно-предпринимательской деятельности см. 18; 19].

РИСУНОК 2.11. ТРЕХУРОВНЕВАЯ СХЕМА ФАБРИК БУДУЩЕГО, ПРЕДСТАВЛЕННАЯ 14 ФЕВРАЛЯ 2017 ГОДА В ХОДЕ ОДОБРЕНИЯ ДОРОЖНОЙ КАРТЫ «ТЕХНЕТ» НТИ НА ЗАСЕДАНИИ ПРЕЗИДИУМА СОВЕТА ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РФ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ И ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ РОССИИ ПОД РУКОВОДСТВОМ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ Д. А. МЕДВЕДЕВА



*Основные компетенции:

1. Проблема-вызов — мгновенная кастомизация отклика на запрос заказчика.
2. Системный инжиниринг.
3. Многоуровневая матрица целевых показателей и ресурсов / ограничений (-10^4-10^5).
4. Разработка и валидация математических моделей с высоким уровнем адекватности.
5. Жизненный цикл (CAx, PLM, MES, ERP,...).
6. Контроль качества на входе и на выходе (широкое применение виртуальных испытаний — «цифровая сертификация»).
7. Система мотивации.
8. ...

Источник: Центр НТИ СПбПУ

Список источников:

1. От ТехУспеха к национальным чемпионам. Национальный рейтинг быстроразвивающихся высокотехнологических компаний «ТЕХУСПЕХ-2016». – Москва, 2016. – URL: <http://www.ratingtechup.ru/images/catalog2016.pdf> (дата обращения: 19.02.2018).
2. Krouse J.K. What Every Engineer Should Know About Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing: The CAD/CAM Revolution. – New York; Basel: Marcel Dekker, 1982.
3. Павлевич А.Л., Староверов Н.Н., Хитрых Д.П. Эффективная платформа прикладных исследований и всестороннего численного моделирования на основе решений ANSYS // CADFEM Review. – 2017. – № 04.
4. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов. – Киев: Наукова думка, 1976.
5. Design with Confidence: CIMdata Commentary. January 29, 2015. – URL: <https://www.cimdata.com/en/resources/complimentary-reports-research/commentaries/item/3345-design-with-confidence-commentary> (дата обращения: 08.10.2017).
6. Компьютерный инжиниринг / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, А.А. Михайлов, А.С. Немов, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.
7. Бионический дизайн / А.И. Боровков, В.М. Марусева, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92 с.
8. Department of Energy High-End Computing Revitalization Act of 2004. – URL: https://www.nsf.gov/mps/ast/aaac/p_1_108-423_doe_high-end_computing_revitalization_act_of_2004.pdf (дата обращения: 08.10.2017).
9. Curns T. Improving ISV Applications to Advance HPC. June 17, 2005. – URL: https://www.hpcwire.com/2005/06/17/improving_isv_applications_to_advance_hpc-1/ (дата обращения: 17.02.2018).
10. U.S. Manufacturing—Global Leadership Through Modeling and Simulation. – URL: <http://www.compete.org/storage/images/uploads/File/PDF%20Files/HPC%20Global%20Leadership%20030509.pdf> (дата обращения: 08.10.2017).
11. Executive Order – Creating a National Strategic Computing Initiative. – URL: <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/07/29/executive-order-creating-national-strategic-computing-initiative> (дата обращения: 08.10.2017).
12. A National Advanced Manufacturing Portal. – URL: <http://www.manufacturing.gov/> (дата обращения: 08.10.2017).
13. Materials Genome Initiative for Global Competitiveness / National Science and Technology Council. – URL: https://www.mgi.gov/sites/default/files/documents/materials_genome_initiative-final.pdf (дата обращения: 08.10.2017).
14. Gartner’s 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage. – URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017> (дата обращения: 18.09.2017).
15. Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017. – URL: <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/> (дата обращения: 18.09.2017).
16. Stackpole B. Digital Twins Land a Role In Product Design. – URL: <http://www.deskeng.com/de/digital-twins-land-a-role-in-product-design/> (дата обращения: 18.09.2017).
17. Выписка из Протокола расширенного заседания наблюдательного совета АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» от 21 июля 2016 года № 1.
18. Современное инженерное образование / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.
19. Инженерное образование: мировой опыт подготовки интеллектуальной элиты / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов, К.Н. Киселева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 216 с.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ

- Осознать стоящий перед компанией вызов гиперконкуренции на глобальных рынках в условиях четвертой промышленной революции.
- Определить научно-технологический задел компании, который является основой для ее лидерства на глобальных рынках (провести позиционирование и дифференциацию).
- Определить «нерешаемые» инженерно-технологические проблемы-вызовы, которые могут быть решены за счет применения новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования.
- Сформировать проектные команды и проектные консорциумы для решения инженерно-технологических проблем-вызовов из специалистов/компаний, обладающих компетенциями мирового уровня.
- Приступить к цифровой трансформации бизнес-процессов в логике Цифровых, «Умных», Виртуальных Фабрик Будущего.



Авторы

Биленко Павел Николаевич

Профессор практики, Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине Московской школы управления СКОЛКОВО

Лысенко Леонид Васильевич

Доктор технических наук, профессор КФ МГТУ им. Баумана

Лысенко Сергей Леонидович

Генеральный директор ООО «Калуга-Инжиниринг», кандидат технических наук

Завалеев Илья Сергеевич

LEED AP BD+C, PMP, директор компании HPBS

Глава 3

Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда

Резюме главы:

Для ускорения развития компании предложено начинать программы цифровых изменений с диагностики предприятия.

Для этого разработаны и представлены методология диагностики, модель цифровой зрелости производственной компании (ODM₃), комплексный опросный лист. Описана каждая из ступеней зрелости по пятнадцати направлениям.

Предлагается определять место компании при сравнении со средними рыночными маркерами и ставить цели развития в программах цифровой трансформации с помощью оценки по вышеописанным критериям. Наиболее точная и аккуратная оценка при этом будет получена при участии в бенчмаркинге отраслевых экспертов и компаний, имеющих максимальный опыт работы с технологиями и системами нового технологического уклада.

Итак, мы определили пятнадцать ключевых компонентов современного производства и описали систему технологий, без внедрения и работы которых сегодня производственное предприятие не сможет выпускать продукцию, конкурентоспособную продуктам динамично развивающихся глобальных лидеров.

В настоящей части доклада мы представляем разработанную на базе более чем десятилетнего опыта работы в глобальных машиностроительных корпорациях методологию комплексной оценки степени развития производственной компании или группы компаний, предназначенную для определения положения и целевой модели развития компании в условиях нового технологического уклада.

Сегодня предприятия все чаще для определения своего места в конкурентной среде и понимания направления развития производственных систем и технологий используют системы инструментов бенчмаркинга. Оценка на основании простых и понятных метрик, маркеров и индикаторов – эффективный путь проектирования траектории развития компании, тактического и стратегического целеполагания и последующего

управления проектами внутренних изменений. На основании такого подхода реализуются проекты и программы развития компаний, отраслей, территорий.

В настоящее время в мире развиты и активно используются как минимум три системы оценки развития ключевых бизнес-направлений предприятия (maturity models):

1. Методология оценки зрелости компании в управлении проектами американского Института управления проектами (Project Management Institute, PMI). OPM₃, Organizational Project Management Maturity Model, – модель зрелости организационного управления проектами [32].

2. Методологии оценки зрелости компании в использовании технологий информационного моделирования зданий (Building Information Modelling, BIM), BIM framework [33] команды международных исследователей и Bew-Richards BIM Maturity Model (Великобритания).

3. Методология оценки зрелости компании в использовании технологий бережливого производства (lean). Global Benchmarking (GBM) – глобальный сравнительный анализ, применяемый компанией Toyota Engineering Corporation для оценки

степени внедрения технологий бережливого производства [34].

Мы предлагаем компаниям определять свои возможности, ставить цели развития и повышения производительности труда с помощью комплексной модели оценки степени развития цифровой производственной компании.

Разработанная методология, Organizational Digital Manufacturing Maturity Model – ODM₃, модель цифровой зрелости производственной компании, – позволяет решать следующие задачи:

1. Оценивать компании через сопоставительный анализ с наиболее развитыми предприятиями посредством использования системы оценки лучших практик цифрового производства отраслевых лидеров.

2. Визуализировать стадию развития компании во внедрении ключевых компонентов и систем цифрового производства для планирования и реализации производственной программы, а также достижения стратегических целей компании.

3. Определять направления развития компании для поддержки в достижении лучших бизнес-результатов, включая развитие специалистов компании.

4. Моделировать экономический эффект в результате внедрения ключевых производственных технологий.

5. При управлении национальной экономикой – определять состояние отраслей, ставить цели развития и координировать их достижение для отраслевых флагманов.

Согласно исследованию [35], организация и развитие цифровых производств позволяет достичь следующих результатов:

- уменьшения затрат посредством лучшей утилизации ресурсов до 30%;
- уменьшения производственных затрат до 13%;
- роста объемов выпуска продукции до 15%;
- уменьшения времени вывода товара на рынок до 30%.

По этим причинам руководству предприятия чрезвычайно важно диагностировать уровень развития ключевых компонентов, оценить степень влияния их состояния на финансовый результат работы компании, разработать и реализовать программу развития ключевых технологических компонентов.

Для детальной диагностики предприятия авторами настоящего исследования разработан опросный лист диагностики зрелости, приведенный в приложении 1.

Возможные результаты от использования методологии для различных институтов, отраслей и бизнесов представлены в таблице 1.

В источниках [32–34] выделены пять уровней развития производительности компании:

1. **Ad hoc**, случайный. Использование технологического решения или системы не регулярное и не плановое. Правила и методики использования не определены. Используются общие, зачастую разработанные без опоры на лучшие практики инструменты. Программа развития направлений не разработана, связь технологии и производительности компании для руководства предприятия не определена. Компания исследует возможности развития, через финансовое моделирование, оценку рынка и возврата инвестиций осознает выгодность для себя модернизации через внедрение технологий. Оцениваются зависимости между технологиями, средствами производства, качественными характеристиками продуктов и производительностью труда. В организационной культуре компании и поведенческих навыках руководителей доминируют технологическая надменность и высокомерие.

2. **Defined**, базовый. Определен единый подход к внедрению технологий. Определена результативность работы технологий для обеспечения эффективности работы компании. Реализованы отдельные технологические модули. Осознана потребность в изменениях через анализ практик и референс-ви-

зитов в компании с более высоким уровнем цифровой зрелости. Сформировано понимание эффективности использования цифровых технологий и систем. Формируются исследовательские и аналитические результаты. Планируется использование технологий, определены результаты оценки влияния систем и технологий на эффективность компании.

3. Managed, управляемый. Высший менеджмент и другие уровни организационной структуры компании активно вовлечены в интеграцию технологии в производственный процесс и операционную деятельность. Члены команд и руководители получили необходимое образование для обеспечения эффективной работы технологии. Организация внедряет технологии с

ТАБЛИЦА 1.

	Объект	Результат от использования ODM3
1	Федеральное управление: министерство промышленности	Показатели технологической вооруженности реального сектора экономики страны (материального производства). Создание пакетов рабочих инструментов для построения конкурентоспособной экономики. Основа создания и инструментальная платформа цифровой экономики. Определение места и мониторинг конкурентоспособности российских промышленных предприятий на международном уровне.
2	Отрасль как система предприятий: машиностроение, металлургия	Стимулы развития и целевая модель для развития. Основа для проектирования и создания цифровой экономики. Тиражирование технологических центров компетенций.
3	Государственный институт развития промышленности: ФРП, АТР, ВЭБ	Связь решений об инвестициях со стадиями зрелости, эффективности и развития производственной компании. Основа для проектно-ориентированного подхода при реализации инвестиционных программ. Определение эффективности уже реализованных программ поддержки предприятий. Разработка технологических дорожных карт.
4	Региональное управление: аппарат губернатора	Карта здоровья (технологической зрелости) предприятий региона и карта целей их развития. Обмен лучшими практиками внутри региона. Формирование и развитие кооперационных связей производственных и инжиниринговых компаний региона и страны. Развитие региональных центров технологической компетенции.
5	Предприятие-производитель	Аудит технологической и производственной зрелости компании. Определение точек развития предприятия. Повышение производительности труда. Проектирование инструментальной системы для реализации стратегии развития компании. Интеграция карты взаимодействия с вендорами, системными интеграторами, инженерным консалтингом для развития компании.
6	Инженерный центр, технологический предприниматель	Система инструментов для технологического, инженерного и производственного консалтинга, аудита технологического развития. Определение и занятие места в системе разделения труда и кооперационных связях производителей.
7	Управление образованием	Система координат для развития образовательных систем и кластеров, программ профессионального развития, новых программ и специальностей в вузах.

помощью гибких проектных подходов. Системы и технологии работают в опытной эксплуатации. Компания формирует и накапливает интеллектуальный капитал, лучшие практики и извлеченные уроки.

4. Integrated, интегрируемый. Внедрение технологий скоординировано со стратегическими целями компании. Результаты работы технологий синхронизируются с продуктами других систем и тесно интегрированы в бизнес-процессы компании. Ряд технологий и систем цифрового производства внедрены и работают в промышленной эксплуатации. Развитие компании основано на документированных результатах от использования систем и технологий.

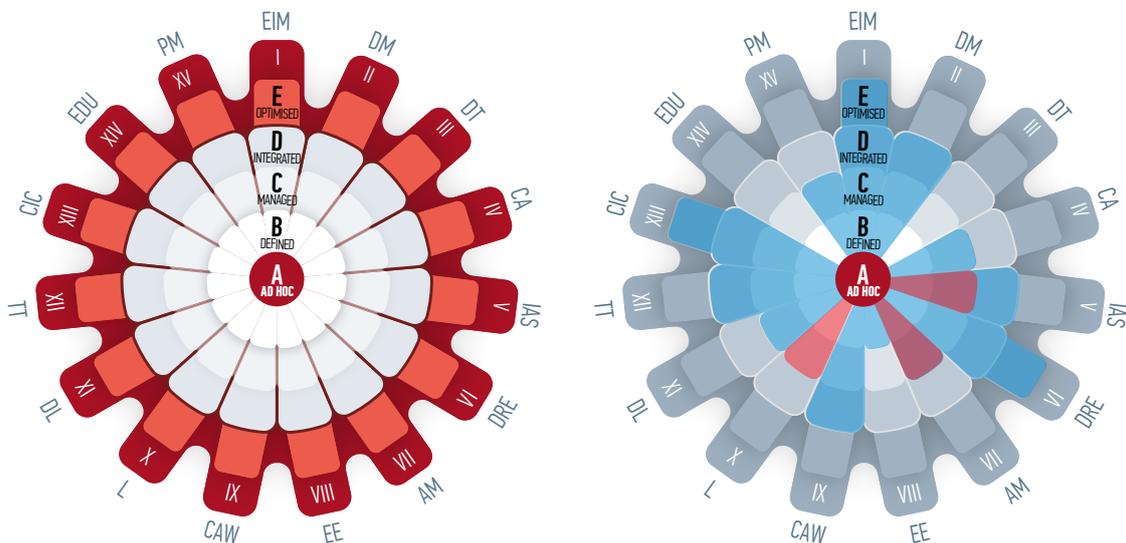
5. Optimized, оптимизируемый. Компания сформировала объем документированных процедур, количественно и качественно достаточный для тиражирования в рамках ее глобальной экспансии. Лучшие практики и извлеченные уроки управления проектами развития направлений систематизированы в информационных банках накопленных знаний, интеллектуального капитала компа-

ний (corporate books of knowledge). Предприятие обеспечивает тиражирование ноу-хау, лучших практик, технологических и производственных систем на новые рынки через развитие сети дочерних предприятий. Оценены и описаны финансовые, временные, качественные результаты для хозяйственной деятельности компании от внедрения систем и технологий.

Руководители компании принимают решения, какой из уровней развития в конкретном временном и функциональном контексте представляет оптимальный баланс между затратами и преимуществами и, следовательно, какой из уровней будет определен в качестве целей для запланированного процесса цифровой трансформации.

Рассмотрим уровни развития каждого из ключевых компонентов современного производства по направлениям конструкторской и технологической подготовки производства, производственных процессов, управления ресурсами и материального снабжения (рисунок 3.1).

РИСУНОК 3.1. УРОВНИ РАЗВИТИЯ, СЛЕВА, И РЕЗУЛЬТАТ ДИАГНОСТИКИ РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ, СПРАВА, ЦВЕТАМИ ОТМЕЧЕНЫ КОМПАНИЯ СРАВНЕНИЯ И СРАВНИВАЕМАЯ



Раздел 1. Проектирование и подготовка производства

СЕГМЕНТ 1.

Единая система управления информацией предприятия, единое информационное пространство, EIM.

Включает системы автоматизации жизненного цикла продукта (рисунок 3.2).

1.1 Ad hoc, случайный уровень развития. На предприятии конструкторская документация разрабатывается с помощью несистемно используемого двумерного непараметрического CAD. Другие подсистемы EIM не внедряются, предприятие не имеет планов их внедрения.

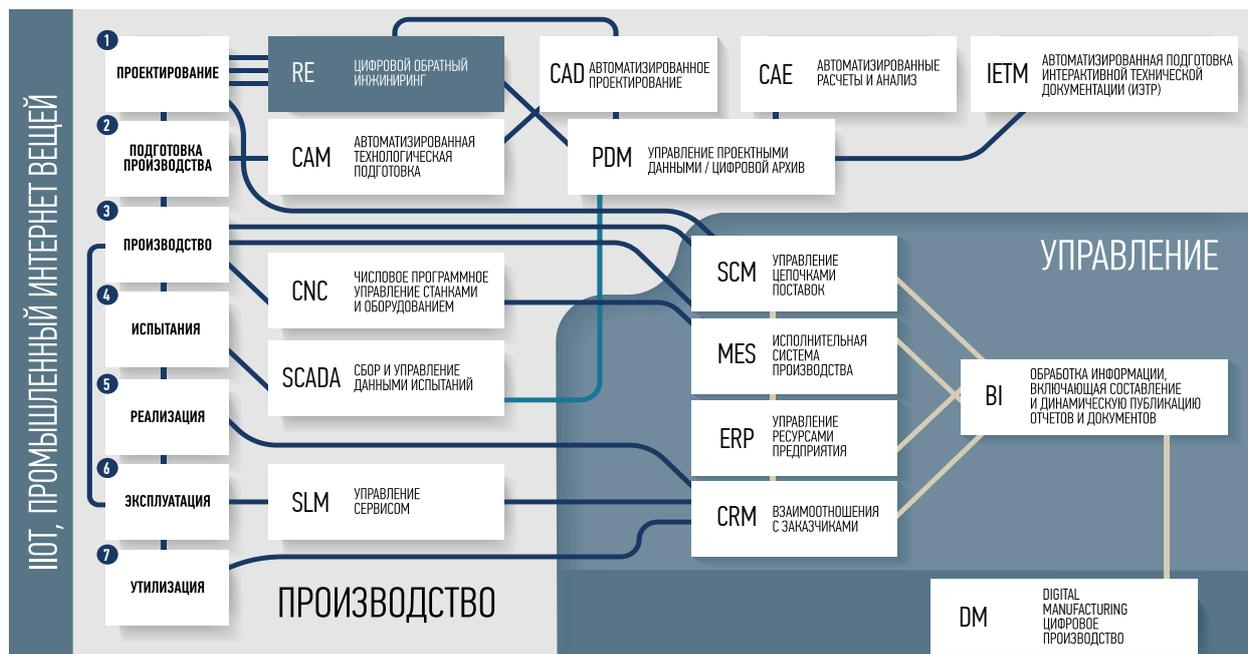
1.2 Defined, базовый уровень развития. Параметрический 3D-CAD и расчеты с помощью CAE-систем. Результаты работы конструкторского и технологического бюро хранятся в папках рабочих компьютеров. PDM-система не внедрена.

1.3 Managed, управляемый уровень развития. 3D CAD, CAE, CAM, PDM. Утвержден план внедрения ERP-системы и интеграции ее с другими системами.

1.4 Integrated, интегрируемый уровень развития. Внедрены ключевые PLM-модули, информация о составах изделия и характеристиках продукции передается в ERP. Калькуляция себестоимости изделий, ведение заказов, управление ресурсами предприятия производится в ERP.

1.5 Optimized, оптимизируемый уровень развития. Внедрены и работают в единой EIM-метасистеме CAD, CAM, CAE, PDM, ERP, MES, MDC. Руководители компании получают информацию о производительности компании и исполнении производственной программы посредством системы бизнес-аналитики. Общая шина данных и обмен данными между системами эффективно работают и являются основанием долгосрочной стратегии развития компании [35].

РИСУНОК 3.2. МОДУЛИ И СИСТЕМЫ МЕТАСИСТЕМЫ EIM



СЕКТОР 2.

Цифровое моделирование бизнес-процессов и технологических процессов компании.

Влияние ключевых, в том числе описанных в настоящем материале, технологий и средств производства на эффективность и производительность предприятия подтверждается виртуальным и модельным экспериментом для каждого конкретного предприятия. Именно это делают сегодня европейские предприятия через проектирование цифровых информационных моделей производственных процессов [36], участков и целых заводов (пример инструмента: Siemens Tecnomatix Plant Simulation) и модельный эксперимент (центр трансформации Индустрии 4.0 в Ахене, шестая глава настоящей работы). Технологические лидеры сегодня создают предприятия-прототипы, моделирующие будущие технологические процессы, с полностью цифровой системой управления жизненным циклом продукта, как это сделано в Siemens на заводе в Амберге или консорциумом компаний Hewlett-Packard, National Instruments, PTC на заводе в Ахене (Германия).

2.1 Ad hoc Разрабатываются и утверждаются блок-схемы, регламентирующие бизнес-процессы. Документируются в бумажных регламентах процедуры компании.

2.2 Defined Производится функциональное моделирование, моделирование потоков работ, потоков данных на основе международных стандартов и методологий.

2.3 Managed Обеспечено партнерство с компанией, создающей комплексную цифровую модель бизнес-процессов и технологических процессов предприятия.

2.4 Integrated Модели технологических процессов и производства предприятия используются для корректировки производственной программы и стратегических целей компании.

2.5 Optimized Развитие производства моделируется с помощью цифрового двойника компании. Планирование стратегиче-

ского развития поддерживается цифровой моделью предприятия, полностью описывающей бизнес-процессы. Перед запуском серийного производства технологические процессы совершенствуются через прототипирование мелкосерийным производством. Моделируются бизнес-процессы продаж и рыночной экспансии, распределения ресурсов и утилизации продуктов [36].

СЕКТОР 3.

Конвергенция цифрового и физического в разрабатываемом продукте. Полная информационная модель выпускаемого продукта (цифровой двойник).

3.1 Ad hoc Отделы систем управления (АСУТП) и инженеров-конструкторов механики проектируют последовательно, зачастую независимо друг от друга. Функционал продуктов не подразумевает объединения цифрового управления и физических исполнительных механизмов. При разработке продуктов используются двумерные параметрические системы проектирования (CAD). Конструкторская, технологическая и эксплуатационная документация не связана в одном цифровом продукте.

3.2 Defined Проектные работы организованы в кросс-функциональных командах при тесном взаимодействии программистов, конструкторов и специалистов автоматки. Реализован пилотный проект выпуска продукта с объединением цифрового и физического функционала. Проектирование ведется в параметрическом 3D-CAD, но модели не хранятся в электронном архиве и не дополняются до полной цифровой модели продукта.

3.3 Managed В производственной программе появляются продукты с интегрированной цифровой системой управления и функционалом обратной связи от продуктов к разработчикам продуктов. В PDM-системе хранятся только трехмерные твердотельные модели сборочных единиц без информации, описывающей полный состав изделия, а также сервисных и эксплуатационных модулей.

3.4 Integrated Компания активно работает с партнерами – поставщиками решений автоматизации и цифрового управления производимых продуктов с рядом выполненных совместно комплексных проектов. В производственной программе появляются системы продуктов с интегрированным цифровым управлением. Вместе с 3D-моделью в PDM-системе хранится и используется полный электронный состав продукта, включая информацию о контрольно-измерительных приборах, системе управления и полный комплект эксплуатационной документации (ИЭТР, интерактивное электронное техническое руководство).

3.5 Optimized Эскизный проект конструктора включает интегрированные компоненты механики, автоматики, управления и контроля разрабатываемого продукта. В компании нет разделения между НИОКР отделов АСУТП и механики. На стадии эскизного проекта реализуются возможности предиктивной аналитики при сервисе систем продуктов, в том числе через специализированные программные решения.

Вместе с продуктом заказчику поставляется цифровой двойник продукта, используемый при сервисе с дополненной реальностью. Компания предлагает услуги сервиса с дополненной реальностью. Компания получает обратную связь от потребителя продукта через предусмотренные при проектировании цифровые каналы, интегрированные в метасистемы продуктов (рисунок 3.3).

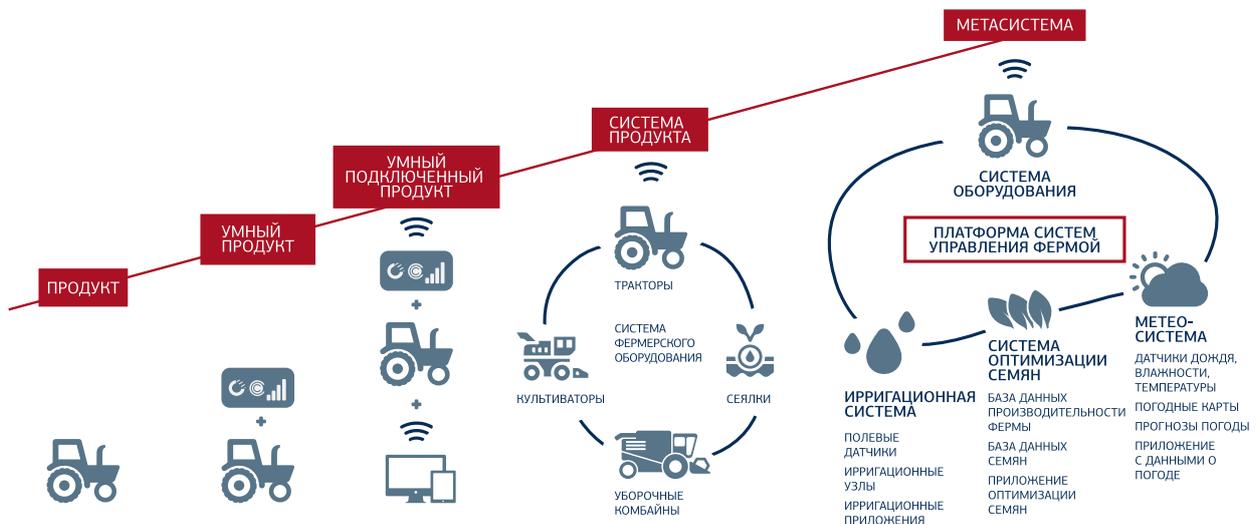
СЕГМЕНТ 4.

Корпоративная инновационная система.

4.1 Ad hoc В компании нет инновационного центра, корпоративного акселератора, инновационной лаборатории.

4.2 Defined Анализируются возможности создания корпоративной инновационной системы (ее описание приведено в главе 4), решения, лучшие практики и извлеченные уроки других предприятий, есть аналитический отчет. Запланировано создание и развитие аппаратного центра прототипирования и акселератора компании, разработан бизнес-план.

РИСУНОК 3.3. ПУТЬ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ГИБРИДНЫХ ПРОДУКТОВ К ПРОИЗВОДСТВУ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ МЕТАСИСТЕМ



Источник: Майкл Портер, Джеймс Хеппельман «Революция в производстве», Harvard Business Review, октябрь 2015

4.3 Managed Заключены партнерские соглашения с внешней платформой для развития корпоративного инновационного центра. Есть план запуска репозитория программного обеспечения и/или внешнего банка данных 3D-моделей. Проведена опытная эксплуатация подсистем платформы, сетевой коммуникации команд НИОКР. Заключены и реализуются контракты с внешними центрами прототипирования. Есть выполненные работы по договорам, результаты используются в операционной деятельности компании.

4.4 Integrated Заключены соглашения с внешним инновационным центром, реализуются совместные проекты. Репозиторий или банк моделей в опытной внутренней эксплуатации. Промышленная эксплуатация электронной платформы сетевой коммуникации команд НИОКР. Большая часть проектов выполняется с помощью платформы коммуникации команд НИОКР.

4.5 Optimized В компании работает собственный инновационный центр, корпоративный акселератор или инновационная лаборатория. Компания сформировала инструментальные технологические репозитории или внешний банк 3D-моделей. Работает электронная платформа сетевой коммуникации команд НИОКР. Развивается корпоративный венчурный фонд или ведется партнерская работа с внешними венчурными фондами. Более года эффективно работают аппаратный центр прототипирования и акселератор проектов НИОКР.

СЕГМЕНТ 5.

Интеграция в хозяйственную деятельность нематериальных активов (НМА) и результатов интеллектуальной деятельности (РИД).

5.1 Ad hoc Интеллектуальная собственность формализована в патентах, но не является источником прибыли и формирования капитала компании.

5.2 Defined Проведен анализ результатов интеллектуальной деятельности (РИД).

Сформирован реестр интеллектуальной собственности предприятия.

5.3 Managed Разработаны паспорта нематериальных активов (НМА) и свидетельства результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Ведется реестр РИД.

5.4 Integrated РИД оценены, оформлены и отражены в бухгалтерском балансе компании.

5.5 Optimized Активы компании на 20% и более сформированы из нематериальных активов. Реализованы сделки с нематериальными активами компании в качестве предмета договора. Основную долю добавленной ценности выпускаемой продукции составляет нематериальная составляющая (технология, ноу-хау, патенты, дизайн, методы).

Раздел 2. Производство

СЕГМЕНТ 6.

Цифровой реверс-инжиниринг, Digital Reverse Engineering (DRE).

6.1 Ad hoc Подразделения НИОКР выполняют эскизирование исследуемых продуктов-прототипов от руки или при помощи самостоятельно произведенных простых приспособлений.

6.2 Defined Компания работает с партнерами, предоставляющими услуги цифрового реверс-инжиниринга, замеров с помощью контрольно-измерительных машин (КИМ) геометрии продуктов-прототипов и преобразования результатов замеров в трехмерные модели.

6.3 Managed В PDM формируется база данных составов изделий продуктов прототипов. В конструкторском бюро развиваются реверс-инженеры, наполняющие и ведущие базу данных сканированных моделей.

6.4 Integrated В компании работает производственный участок цифрового реверс-инжиниринга и база данных электронных составов изделий продуктов-прототипов. На участке работают базовое оборудование и цифровые КИМ.

6.5 Optimized Развита производственный участок, включая мобильный DRE-сервис и специально обученных специалистов. Участок оснащен системами неразрушающего и разрушающего контроля, оборудованием анализа физико-химического состава. Работают мобильные ремонтные участки в непосредственной близости от заказчика, включая глобальные проекты международных заказчиков.

СЕГМЕНТ 7.

Аддитивное производство и быстрое прототипирование.

Одно из ключевых ограничений при обеспечении выпуска продукции в соответствии с качественными и временными требованиями нового технологического уклада в российской экономике – критически малое количество центров прототипирования [20]. Развитие предприятия по направлениям быстрого прототипирования (rapid prototyping) сегодня чрезвычайно важно для обеспечения его конкурентоспособности.

7.1 Ad hoc Предприятие планирует потребность и определяет экономический эффект от использования технологий быстрого прототипирования. Сами технологии на предприятии не используются.

7.2 Defined Предприятие инициировало и ведет опытный проект интеграции технологий быстрого прототипирования в производственную программу. Жизненный цикл некоторых продуктов включает прототипирование с помощью технологий аддитивного производства.

7.3 Managed Заключены контракты предприятия с партнерами, обеспечивающими быстрое прототипирование для ключевых проектов. В организационной структуре определены и обучены специалисты и руководители, отвечающие за внедрение технологий аддитивного производства.

7.4 Integrated Организована эффективная кооперация с партнером на постоянной основе. Прототипирование производится для ведущих НИОКР и новых продуктов.

7.5 Optimized На предприятии работает производственный участок, оснащенный промышленными 3D-принтерами и оборудованием для быстрого прототипирования. Персонал имеет международные сертификаты по направлениям быстрого прототипирования. Предприятие оказывает услуги быстрого прототипирования для других предприятий. Ряд деталей продуктов полностью изготавливается с помощью аддитивных средств производства.

СЕГМЕНТ 8.

Энергоэффективность и экологичность.

8.1 Ad hoc Проводится периодический анализ затрат на энергопотребление. Требования к энергоэффективности диктуются общими нормами или не определены.

8.2 Defined Установлена и эффективно функционирует система мгновенного мониторинга энергопотребления, в том числе в кВт, в единицах топлива, в расходах и выбросах CO₂.

8.3 Managed На предприятии применяется система ISO 50001. У руководителей структурных подразделений имеется KPI по энергоэффективности, персонал информирован, используются финансовые и технические методы оптимизации (энергосервис, энергоаудит и др.)

8.4 Integrated Для выпускаемой продукции проводится анализ и оптимизация энергопотребления на протяжении всего жизненного цикла продукции с подготовкой экологической декларации продукта, Environmental Product Declaration (EPD – ISO 14040, ISO 14044). При проектировании зданий и инфраструктуры используется математическая оптимизация энергопотребления. Ведется учет энергозатрат в продукции на всех стадиях жизненного цикла от сырья до переработки/утилизации.

8.5 Optimized Достигнут нулевой баланс выбросов парниковых газов предприятия. Вся энергия используется из возобновляемых источников, или производится 100%-я компенсация выбросов парниковых газов.

СЕГМЕНТ 9.

Автоматизированные рабочие места в цехах, сбор данных от средств производства (Machine Data Collection, MDC) и дополненная реальность (Computer Aided Workshops, CAW).

9.1 Ad hoc Механическая обработка производится на ЧПУ-станках, не объединенных общей системой управления. Автоматизированное управление производственным процессом не внедрено.

9.2 Defined На регулярной основе производится анализ загрузки станков. Разработана программа технического перевооружения и автоматизации производственных участков.

9.3 Managed Реализуется разработанная программа с целью создания единой среды управления производственными участками. Система MDC (Machine Data Collection) в опытной эксплуатации.

9.4 Integrated Внедрены системы MDC, собирающие информацию о загрузке станочного парка компании для ее анализа главным технологом (СТО) компании. Проходят опытную эксплуатацию автоматизированные рабочие места (АРМ) на сборочных участках.

8.5 Optimized Сборочные места снабжены автоматизированными рабочими местами (АРМ). Мастерами участков используется трехмерный состав изделия и цифровое руководство по сборке оборудования, выводимые на АРМ и/или на очки дополненной реальности. Цех управляется из операторной с комплексным цифровым интерфейсом мониторинга исполнения сменно-суточных заданий. Операторы ЧПУ используют цифровые ассистенты технологических процессов. При наличии испытательного центра – SCADA-система агрегирует информацию о результатах всех испытаний в корпоративный центр обработки данных (ЦОД). Для сборочных операций в опытной эксплуатации используются технологии дополненной реальности (AR). Сложные сборочные операции реализуются с помощью индустриальных роботов.

СЕГМЕНТ 10.

Производственная система.

10.1 Ad hoc Компания не имеет производственной системы, не внедрены инструменты и методы бережливого производства. Низкая культура производства, грязь и беспорядок в цехах.

10.2 Defined Разрабатывается производственная система и программа ее внедрения на предприятии. Разработан календарный график интеграции ключевых инструментов бережливого производства в производственный процесс. Обеспечена высокая культура производства.

10.3 Managed Внедряется производственная система с ключевыми технологиями бережливого производства. У специалистов компании формируется и накапливается опыт организации бережливого производства.

10.4 Integrated Работает производственная система предприятия с адаптированными технологиями бережливого производства. Внедрена большая часть инструментов из утвержденной производственной программы. В компании развивается и активно используется банк рационализаторских и инновационных предложений. Разработаны и используются при управлении предприятием потоки создания ценности продуктов компании.

10.5 Optimized Эффективно работают визуальный менеджмент, 5S, кайдзен, стандартизация операционных процессов, точно вовремя. Производятся анализ и оптимизация потока создания ценности. В цехах работают доски контроля исполнения производственной программы и коммуникационные центры. Работа производственной системы приносит определенные и вычисленные финансовые результаты компании.

Раздел 3. Управление и материально-техническое снабжение

СЕГМЕНТ 11.

Цифровое управление логистикой.

11.1 Ad hoc Мониторинг перемещения оборудования с помощью GPS-трекеров и он-

лайн-интерфейса при реализации крупных проектов. Системы цифровой внутренней логистики нет.

11.2 Defined Разрабатывается программа повышения эффективности компании через использование цифровых технологий управления внешней и внутренней логистикой. Формируется пул партнеров. Анализируются лучшие международные практики цифрового управления логистикой.

11.3 Managed Проект внедрения системы цифровой логистики предприятия управляется кросс-функциональной командой. Определены цели и задачи проекта, разработана структурная декомпозиция работ и календарный график. Система тестируется на опытном участке с цифровым управлением цепочки создания ценности для одного из продуктов компании.

11.4 Integrated Управление потоками сырья, полуфабрикатов, материалов и готовой продукции через считывание штрих-

кодов с передачей информации о маршруте в модули MES-системы. Оптимизация маршрутов на основе анализа траекторий перемещения потоков материально-технических запасов предприятия.

11.5 Optimized Радиочастотная (RFID) идентификация сырья, материалов, компонентов сборочных единиц, готовой продукции. Внедрена и эффективно работает система автоматизации склада, Warehouse Management System (WMS). Управление временем такта через взаимодействие системы управления складом (Warehouse Manufacturing System, WMS) с MES- и ERP-системами. На складах обеспечена эффективная работа цифровых систем отбора материальных запасов со световой или голосовой индикацией (умные полки, pick-by-light, pick-by-voice). Компания управляет потоками материалов и продуктов филиалов через онлайн систему цифровой логистики, оптимизируя траектории перемещения грузов и объемы

РИСУНОК 3.4. СИСТЕМА ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ, ДЕЙСТВИЯ И РОЛИ УЧАСТНИКОВ НА КАЖДОМ ИЗ ЭТАПОВ



грузоперевозок. Технологические решения дополненной реальности (Augmented Reality, AR) – в опытной эксплуатации при комплектации внутренних сборочных заказов.

СЕГМЕНТ 12.

Трансфер технологий.

12.1 Ad hoc Работа в закрытом домашнем контуре, без поддержания внешних связей с международными партнерами.

12.2 Defined В производственном процессе используется иностранное оборудование, при пусконаладке и сервисе обслуживаемое иностранными сервис-инженерами. Одновременно предприятие готовит собственных штатных сервис-инженеров. Организован поиск международного партнера для кооперации для развития производственных линеек (рисунок 3.4).

12.3 Managed Определен международный партнер, и запущен первый совместный производственный проект. Рядом с предприятием, эксплуатирующим иностранное оборудование, открыт филиал целевой производственной компании, организующий сервис, реверс-инжиниринг, производство и поставку запасных частей для потребителя.

12.4 Integrated Реализованы работы этапов 1-3 системы трансфера технологий (рисунок 4). Начат в рамках пилотного проекта трансфер ноу-хау, накопленного на третьей стадии зрелости, предприятиям-партнерам и преемникам технологий для развития совместных производственных линеек и программ.

12.5 Optimized Создано несколько совместных предприятий с международными партнерами. Как одно из ключевых условий трансфера технологий, проекты с международными партнерами сопровождаются оформлением и передачей прав на ноу-хау, патенты и другие результаты интеллектуальной деятельности. Как один из основных драйверов, утверждается стратегия капитализации компании путем интеграции в хозяйственный оборот нематериальных активов. Определены в долгосрочной пер-

спективе партнерские роли в системе трансфера технологий: интегратор, носитель, преемник, инвестор, утвержден функционал этих ролей. В составе предприятий работают советники по производственным вопросам международных предприятий. В составе совета директоров может работать независимый директор, имеющий опыт управления компанией – глобальным лидером аналогичной рыночной ниши.

СЕГМЕНТ 13.

Кросс-отраслевая кооперация.

13.1 Ad hoc Партнеров среди IT-компаний и партнеров в других индустриях нет.

13.2 Defined Определены возможные партнеры. Подписаны, но пока не реализуются в совместных проектах соглашения о сотрудничестве с предприятиями других отраслей. Разрабатывается программа кооперации, и определяется кооперационный эффект.

13.3 Managed Инициирован и реализуется пилотный проект кооперации. Оценивается эффект от результатов проекта кооперации на развитие компании и ее продуктовых линеек.

13.4 Integrated Сотрудничество с компаниями других отраслей обеспечило выпуск новых продуктов с новыми качественными характеристиками для потребителей.

13.5 Optimized Реализуются совместные проекты с IT-компаниями, включая использование в проектах технологий Big Data, IIOT, Blockchain и реализации цифровой стратегии компании. Активно используются онлайн площадки обмена индустриальными ресурсами (маркетплейсы), в том числе для поиска партнеров в кросс-отраслевой кооперации.

СЕГМЕНТ 14.

Учебные производственные центры и партнерство с образовательными платформами.

14.1 Ad hoc Нет своего учебного центра, нет заключенных договоров с колледжами, профессиональными училищами, высшими

учебными заведениями, школами управления.

14.2 Defined Поддержка развития фаблаба/ЦМИТа в регионе, в котором компания нанимает и обучает молодых специалистов. Организована кооперация с образовательным центром цифрового производства для подготовки молодых специалистов. Руководители компании развили квалификации эффективного использования ключевых технологий цифрового производства в школах управления.

14.3 Managed Собственный учебный центр с основными средствами цифрового производства и методиками обучения работы с ними.

14.4 Integrated Несколько собственных учебных центров и договоров о развитии молодых специалистов на базе вузов/колледжей, центров производственного обучения и профессиональной ориентации. Развитие специалистов в условиях учебной фабрики (Lernfabriken, Training Factory). Развитие руководителей и проектов изменений компании в школах управления.

14.5 Optimized Компания развивает корпоративную академию, оснащенную всеми современными средствами производства и его организации и командой профессиональных тренеров. В компании работают участники чемпионатов WorldSkills и сертифицированные по международным стандартам инженеры. Персонал компании проходит непрерывное повышение квалификации, в том числе международные стажировки и обучающие программы.

СЕГМЕНТ 15.

Управление проектами.

15.1 Ad hoc Технологии, системы и инструменты управления проектами (УП) используются только для крупных проектов, без выделения в организационной структуре предприятия проектного офиса, разработки регламентов и документированных процедур. Системный подход в управлении проектами отсутствует. Ответственность по исполнению проектов реализуется без связи с базовыми планами по субъективным признакам.

полнению проектов реализуется без связи с базовыми планами по субъективным признакам.

15.2 Defined Появляется разрозненная документация, описывающая управление проектами, нет единого стандарта по УП. Мониторинг исполнения проектов осуществляется на основе базовых планов. Появляются простые метрики и индикаторы эффективности управления проектами.

15.3 Managed Используется система регламентирующей документации, описывающая процессы управления проектами. Управление портфелем проектов происходит по метрикам и индикаторам. Осуществляется управление связями проектов.

15.4 Integrated Работает аналитика эффективности управления проектами для отдельных проектов и команд. На основе метрик осуществляется оперативное управление и определение процессов для принятия управленческих действий. Обеспечена приоритизация портфеля проектов по стратегическим и операционным целям компании.

15.5 Optimized Внедрена корпоративная система управления проектами, эффективно (через прямую, четко определенную связь с финансовой результативностью проектов) работает офис управления проектами. Проектный офис регулярно анализирует и совершенствует методологию УП. Активно работают банки данных лучших практик и извлеченных уроков. Ведется координация управления портфелем проектов для достижения стратегических целей компании.

Многие российские компании и производственные холдинги уже поднялись по вышеописанным ступеням к обеспечению конкурентоспособности продуктов глобальным лидерам. Другим еще предстоит такая работа. В то же время международные глобальные корпорации, обеспечив выход домашних компаний на пятый уровень (optimized) по большинству направлений, воспользовавшись ключевыми технологиями цифрового производства, обеспечили тем самым возможность тиражирования своего бизнеса для развития глобальной

производственной сети. Такие возможности тиражирования бизнеса возникают только при формализации и цифровизации бизнес-процессов по ключевым направлениям, создания информационных банков накопленных знаний компаний (corporate books of knowledge) и эффективной работы системы управления, с помощью которой компания развивает дочерние компании на международных рынках.

Предлагается определять место компании при сравнении со средними рыночными маркерами и ставить цели развития в программах модернизации с помощью оценки по вышеописанным критериям (рисунок 3.5). Наиболее точная и аккуратная оценка при этом будет получена при участии в бенчмаркинге отраслевых экспертов и компаний, имеющих максимальный опыт

работы с технологиями и системами нового технологического уклада.

На основании диагностики формируется стратегия развития цифрового производства в компании, создается портфель внутренних проектов, собираются команды управления этими проектами. Реализация пилотных проектов происходит в корпоративном инновационном центре в соответствующей экосистеме.

Одна из основных целей предлагаемого подхода – создать живую и развивающуюся информационную платформу компании, агрегирующую лучшие предпринимательские, технологические и производственные практики.

Ключевое условие эффективности такой платформы – ее развитие и дополнение по мере развития производственных техно-

РИСУНОК 3.5. РЕЗУЛЬТАТ СРАВНЕНИЯ (БЕНЧМАРКИНГ) ДВУХ КОМПАНИЙ ПО УРОВНЯМ РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ ЦИФРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



логий и накопления опыта их использования. Эффективны возможности обновления платформы ежеквартальными релизами через краудсорсинг распределенной сетью инженерных, технологических и производственных экспертов. Благодаря работе такой системы станет возможным динамическое определение позиции предприятия в совокупности технологий и систем нового промышленного уклада, бенчмаркинг предприятия через визуализацию степени зрелости и развития компании, а также выбор траектории развития компании в специально спроектированной образовательной программе для управленческих команд предприятий, технологических предпринимателей и технологических руководителей (СТО) компаний.

Получив возможность произвести комплексную оценку предприятия по описанной выше системе метрик и опросному листу, приведенному в приложении 1, делаем следующие выводы:

1. Использование моделей оценки зрелости (maturity models) в качестве инструмента оценки степени развития предприятия позволяет спроектировать траекторию развития компании и обеспечить тактическое и стратегическое целеполагание компании.

2. Руководителям предприятий предлагается определять возможности компаний и ставить цели развития с помощью комплексной модели оценки степени развития цифрового производства по пятнадцати ключевым технологическим направлениям. При помощи этих управленческих систем современная компания обеспечивает выпуск продукции с требуемым заказчику качеством и существенно сниженными относительно предприятий с традиционными средствами производства временем выхода продукта на рынок и затратами.

3. По каждому из пятнадцати направлений возможно определить степень развития компании по пяти уровням. Определив местоположение компании в генезисе цифрового производства, становится возможным установить цели развития компа-

нии, принять программу их достижения и управлять проектом развития компании методами управления проектами, основываясь на простых и измеримых метриках. Каждое из направлений и уровней развития имеет рыночное решение услуг инжиниринговых компаний, вендоров и системных интеграторов, которыми могут воспользоваться компании.

4. Представленная модель может быть востребована не только производственными компаниями. На различных уровнях государственного управления, включая федеральный, модель поможет представить фактическое состояние развития отрасли и обеспечить разработку структурных декомпозиций работ для достижения пятого уровня через управление проектами развития отраслей. При этом основным ограничением развития отраслей сегодня являются ограничения технологических лидеров этих компаний. Это ограничение возможно решить через организацию практико-ориентированного обучения, построенного на модели, описанной в настоящем докладе.

5. Целесообразно продолжить работу над моделью оценки развития производственного предприятия кросс-функциональной командой экспертов с помощью онлайн банка знаний и платформы консолидации лучших практик и извлеченных уроков проектов развития цифрового производства.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ

- Провести комплексную оценку цифровой зрелости компании, самостоятельно или с экспертами.
- Разработать план и календарный график цифровой трансформации.
- Обеспечить обучение руководителей и специалистов по направлениям цифровой трансформации в компании, в университетах, в школах управления.
- Сформировать портфель проектов цифровой трансформации компании.
- Определить цели, задачи, сроки реализации проектов, команды управления проектами.
- Реализовать проекты цифровой трансформации, обеспечить переход компании на следующий уровень цифровой зрелости.



Авторы

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Юлия Артамонова

Доцент Пензенского государственного университета архитектуры и строительства

Алексей Колесниченко,

заместитель директора департамента девелопмента ООО «АРК Групп»



Глава 4

Оценка доходности киберфизических систем

Резюме главы:

Руководители развитых производственных предприятий Германии, США и Китая сегодня часто используют анализ возврата инвестиций в киберфизические технологии. При принятии решений об инвестициях в развитие компаний чаще всего оценивается окупаемость технологий RFID и цифровой логистики, аддитивного производства, дополненной реальности. С такого анализа RoCPS - Return on cyber-physical systems, производственные компании после оценки цифровой зрелости активизируют цифровое развитие. В этой связи целесообразно разработать и представить универсальную модель расчёта RoCPS и использовать этот инструмент при планировании развития компании.

Эта статья является продолжением серии публикаций, посвящённых цифровому развитию производственных компаний. Ранее авторы рассказали о ключевых компонентах современного предприятия, методах оценки цифровой зрелости производственных компаний, компаниях развитого уровня цифровой зрелости, а также об эффективном использовании носимой электроники и дополненной реальности в цехах и производственных процессах. Следуя актуальности тематики, авторы представляют следующий шаг в цифровом развитии современных производственных компаний - инструменты для оценки возврата на инвестиции в киберфизические технологии. При написании этой статьи авторы погрузились в опыт компаний, работая в 2018-2019 годах на заводах Германии (Henkel, Festo, e.Go), которые уже получили экономические эффекты от внедрения технологий Индустрии 4.0. Этот опыт обобщён и адаптирован для развития российских компаний.

Ключевые слова:

CPS, киберфизические технологии, Индустрия 4.0, экономический анализ, анализ возврата на инвестиции, цифровое развитие компаний, малые и средние предприятия, RoCPS, возврат на инвестиции в киберфизические технологии, доходность киберфизических систем.

По итогам работы на предприятиях Германии и США в 2018 году, мы видим большое внимание команд руководителей этих предприятий к финансовому моделированию и расчёту затрат на окупаемость в киберфизические технологии (CPS, КФТ).

Понятие киберфизических технологий может быть получено из общих характеристик в различных публикациях. Эдвард Ли предложил определение CPS в 2008 году: «Киберфизические системы — это интеграция информационных технологий с физическими процессами. Встроенные цифровые системы управления и сети контролируют и управляют физическими процессами, обычно с помощью контуров обратной связи, когда физические процессы влияют на цифровые модели и наоборот [4]».

Брой и Гайсбергер понимали киберфизические системы как интернет-сервисы, встроенные системы, процессы логистики, координации и управления, которые используют датчики для сбора и реагирования на физические данные и процессы с помощью исполнительных механизмов [4]. Разделяется мнение, что функционирование CPS характеризуется соединением физических и вычислительных объектов и сетевых возможностей, что обеспечивает более высокую эффективность и гибкость в мониторинге и управлении производством [3-6]. Для систематизации определения КФТ, в Рейнско-Вестфальском техническом университете Ахена предложили шесть технологических кластеров, показанных в рисунке 4.1.

Опыт многих компаний сегодня показывает, что повышение эффективности даже самого незначительного бизнес-процесса с микроскопической долей в структуре затрат способен существенно изменить финансовый результат деятельности компании.

Именно поэтому один из важнейших результатов анализа цифровой зрелости компании - не просто определение одного приоритетного направления развития компании, а определения совокупности таких направлений, при реализации которых может быть получен экономический эффект.

Для определения наиболее эффективных направлений цифрового развития следует провести сравнительный экономический анализ финансовой модели каждого направления.

Система оценки потенциального экономического эффекта от внедрения киберфизических технологий включает следующие направления анализа:

1. Совокупные затраты на внедрение;
2. Прибыль и прочие преимущества;
3. Риски;
4. Потенциал (гибкость в будущем).

ЗАТРАТЫ .

При реализации производственных процессов на предприятии возникают группы производственных, административно-управленческих и маркетинговых затрат.

Внедрение киберфизических технологий предполагает новую группу затрат на их внедрение, к которым относятся следующие:

Закупка, доставка и установка оборудования,

Закупка, установка и интеграция программного обеспечения,

Переподготовка и переобучение производственного и инженерно-технического персонала,

РИСУНОК 4.2 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ВОЗМОЖНЫХ ЗАТРАТ НА ВНЕДРЕНИЕ КФТ

РИСУНОК 4.1 ШЕСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ	Исполнительные механизмы Манипулирование физической реальностью с помощью аппаратного и программного обеспечения Технологии: MES, робототехника, MDC...	Датчики Собирают данные из физического окружения и передают их в цифровую среду Технологии: RFID, ИК-системы, сети датчиков
	Человеко-машинный интерфейс Интерфейс для взаимодействия человека с киберфизической системой Технологии: приложения, умные очки, информационные панели...	Технологии передачи данных Инфраструктура для обмена данными между цифровой и физической средой Технологии: Ethernet, 4G, 5G, Bluetooth, Wi-Fi...
	ИТ-инфраструктура Инфраструктура для хранения и обработки данных внутри цифровой среды Технологии: облако, серверы, блокчейн...	Анализ и обработка данных Возможность анализировать и обрабатывать данные из/для бизнес-операций Технологии: большие данные, ERP...

Расходы на оборудование – Расходы на приобретение – Компоненты аппаратных средств – Стоимость настройки пользовательских интерфейсов – Затраты на настройку для аппаратных интерфейсов – Датчики – Сетевая инфраструктура	Расходы на программное обеспечение – Прикладные программы – Инструменты администрирования – Системы банков данных – Затраты на настройку программного модуля – Разработка программного обеспечения – Программные обновления – Стоимость лицензии	Защита данных – Контроль доступа – Системы авторизации – Носители данных – Шифрование носителей данных
Затраты на инфраструктуру – Новое здание, при необходимости – Ремонт – Строительное оборудование – Серверные помещения – Склад – Внутренняя логистика	Проектные затраты – Расходы на персонал – Расходы на обучение – Расходы на инженерный и управленческий консалтинг – Командировочные расходы – Расходы на аренду помещений	Прочие расходы – Расходы на техническое обслуживание – Затраты на энергетические ресурсы – Расходы на связь

Поиск, найм нового персонала и обучение специалистов

Обучение руководителей.

Внедрение КФТ обеспечивает сокращение затрат на производство и реализацию продукции по сравнению с базовым вариантом, что обеспечивает эффективность и достижение целевых значений прироста прибыли.

Детальная расшифровка возможных затрат при внедрении киберфизических технологий представлена в рисунке 4.2.

ПРИБЫЛЬ И ПРОЧИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА.

Факторы прироста прибыли и повышения конкурентных преимуществ компании:

- Прирост производительности труда и оборудования
- Сокращение затрат на обеспечение качества
- Повышение точности прогнозов и сокращение срока вывода на рынок
- Сокращение затрат на хранение запасов и обслуживание продукции

Потенциальные выгоды от внедрения киберфизических технологий систематизированы в рисунке 4.3.

РИСКИ.

Риск является третьим важным компонентом в системе оценки экономического эффекта и используется как фильтр для определения погрешности в различных оценках затрат и прибыли.

Цифры с учетом рисков должны рассматриваться как «испытанные на прочность» ожидания, поскольку они являются ожидаемыми величинами с поправкой на риски. Обычно при учете рисков повышаются затраты и уменьшается прибыль по сравнению с исходными оценками.

Самые распространенные риски при внедрении КФТ:

- Интеграция и опытная эксплуатация может потребовать большее количество дней для консультационных услуг.
- Скорость внедрения может быть медленнее планируемой.
- Прирост прибыли на одного работника в каждой группе работников может быть ниже.
- Сумма сэкономленных средств может быть меньше намеченной.
- Оценки прибыли благодаря сокращению сроков реализации проектов, сокращению торговых циклов, экономии затрат может быть ниже запланированных показателей.

ПОТЕНЦИАЛ (ГИБКОСТЬ В БУДУЩЕМ).

Этот элемент является инвестицией в дополнительные возможности или быстроту действий сегодня, которые в будущем можно превратить в дополнительную прибыль за некоторые дополнительные затраты. Это дает компании «право» или способность (а не обязательство) заниматься будущими инициативами.

РИСУНОК 4.3 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВЫГОДЫ ОТ ВНЕДРЕНИЯ КФТ

Сокращение времени обработки Сокращение трудоемких ручных процессов, уменьшение времени на настройку и времени обработки	Уменьшение затрат, вызванных ошибками Минимизация частоты ошибок, сокращение потерь в результате ошибок и времени устранения неисправностей	Снижение потребления ресурсов Экономия затрат на материальные активы	Увеличение объема производства продукции вследствие сокращения жизненного цикла производства	Повышение удовлетворенности клиентов Сокращение стратегических ошибок, сохранение и сокращение сроков доставки	Улучшения сбора и накопления информации Доступность информации, которая способствует более эффективному управлению процессами
Количественные преимущества, которые возможно прямо оценить				Качественные преимущества, которые невозможно или сложно оценить	

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВНЕДРЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО ФОРМУЛЕ:

$$\mathcal{E}_{\text{нт}} = (z_{\text{баз}} - z_{\text{нов}}) N_{\text{нов}} = [(C_{\text{баз}} + E_{\text{н}} K_{\text{баз}}) - (C_{\text{нов}} + E_{\text{н}} K_{\text{нов}})] N_{\text{нов}} \quad (9),$$

где

$\mathcal{E}_{\text{нт}}$ – экономический эффект новой технологии, руб.;

$z_{\text{баз}}$ – затраты на производство единицы продукции с помощью базового варианта технологии, руб.;

$z_{\text{нов}}$ – затраты на производство продукции с помощью новой технологии, руб.;

$N_{\text{нов}}$ – годовой объем производства продукции с помощью новой технологии, ед.;

$C_{\text{баз}}$ – себестоимость продукции базового варианта, руб.;

$C_{\text{нов}}$ – себестоимость продукции на основе новой технологии, руб.;

$K_{\text{баз}}$ – капиталовложения на единицу продукции базового варианта, руб.;

$K_{\text{нов}}$ – капиталовложения на единицу продукции на основе новой технологии, руб.;

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности.

Данная формула является основой для расчета экономического эффекта от внедрения новой технологии практически в любой компании.

Помимо абсолютного финансового эффекта, выраженного в денежных единицах, ключе-

вым показателем эффективности являются индекс прибыльности, срок возврата вложенных инвестиций.

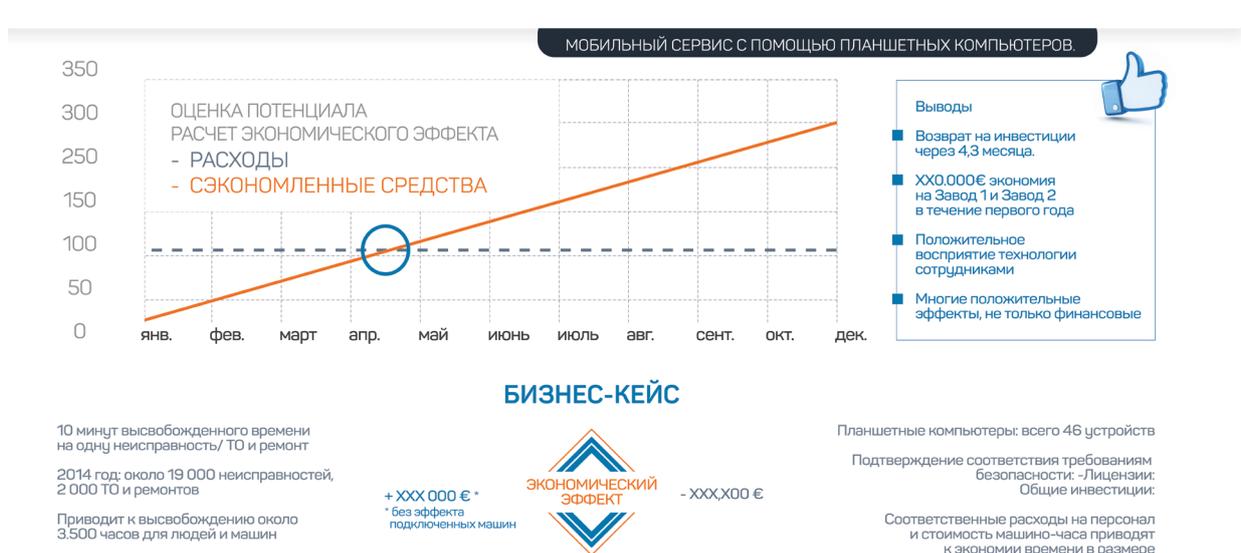
Индекс прибыльности находится как отношение суммы потоков денежных доходов по проекту, приведенных к единице времени, к объему инвестиций. Эффективным является проект с индексом прибыльности более 1. Указанный показатель необходимо рассматривать в совокупности с абсолютным эффектом проекта. При сравнении двух проектов с одинаковым абсолютным эффектом выбирают тот, чей индекс прибыльности выше.

Срок возврата вложенных инвестиций определяется периодом времени, необходимым для того, чтобы дополнительные доходы, генерируемые от внедрения новой технологии, покрыли затраты на её внедрение.

Для экспресс-анализа показателей экономического эффекта достаточно использовать сравнительно простой и наглядный калькулятор RoCPS (ссылка на онлайн форму <http://bit.ly/2C5PCB4>).

Пример результатов расчетов для оценки инвестиций в киберфизические технологии приведен на рисунке 4.4. На референсном производственном предприятии Германии было принято решение использования планшетных компьютеров и специально созданного программного обеспечения для сервиса оборудования. Помимо экономического эффекта, достигнуты следующие цели:

РИСУНОК 4.4 ПРИМЕР ОЦЕНКИ RoCPS



- Прямое обслуживание заказа на iPad - быстрое реагирования отдела сервиса;
- Поиск запасных частей в единой базе данных рядом с оборудованием;
- Инструкция по ремонту и обслуживанию рядом с оборудованием;
- Фотографии и видео оборудования в процессе работы для непосредственного анализа узлов, возможно нуждающихся в сервисе;
- Фотографии и видео для передачи смены или отправки производителю оборудования;
- Поддержка управления процессами с помощью камеры.

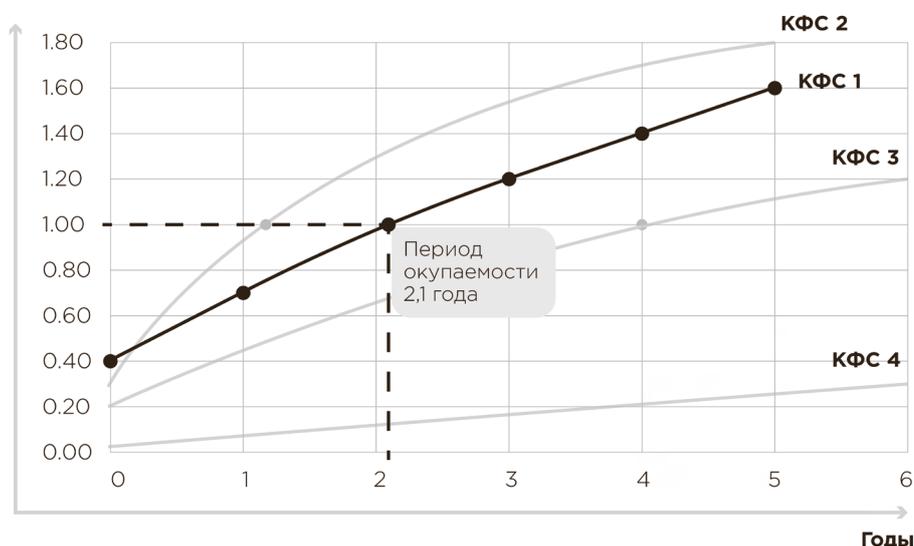
Важно, что после предварительной оценки, которая дает предварительное представление об экономическом эффекте внедрения той или иной технологии, следует более детально проанализировать все факторы ключевых показателей модели, а именно детализировать и проверить плановые затраты и прирост прибыли и оценить степень влияния рисков и потенциала в будущем. Особое внимание необходимо уделять выбору приоритетных направлений развития цифровых технологий, поскольку важнее выбирать ту систему, которая имеет долгосрочный потенциал совокупного экономического эффекта, чем ту которая имеет лучший показатель по сроку возврата инвестиций или рентабельность в первый год (рисунок 4.5). Это, в свою очередь, зависит от стратегии, выбранной каждой конкретной компанией.

Почему важно не пропустить возможности цифрового развития производственных компаний сегодня?

Одна из ключевых возможностей цифрового развития в том, что компания, достигшая высокой степени цифровой зрелости, может создать свою цифровую платформу, с помощью которой, диверсифицируя основной бизнес, реализовывать отраслевые услуги, опять же, во всем диапазоне - от консалтинга до практических решений. То есть, тем самым перейти от использования цифровых средств производства к производству и продаже цифровых средств производства и услуг. Расширить производственную программу компании цифровыми продуктами. Такие примеры уже есть. В этом, в том числе, продолжая аналогию - путь Amazon от торговли бумажными книгами в 90-е к торговле облачной инфраструктурой (AWS) сегодня.

Данных стало больше. Корпорации накопили огромные объемы цифровых активов. В самых собранных и хорошо управляемых корпорациях эти активы качественно систематизированы и работают с высокой эффективностью. Но их актуальность и качество может быть ещё выше - при использовании соответствующих подходов управления и технологий. Достижимое уже сегодня целевое состояние - использование этих данных при управлении производством и компанией машинным интеллектом.

РИСУНОК 4.5 АНАЛИЗ ДОХОДНОСТИ ПОРТФЕЛЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ КОМПАНИЕЙ



Обращаясь к опыту развития малых и средних компаний высокого уровня цифровой зрелости (источник), сформулируем пять конкретных организационных шагов цифрового развития компании, которые возможно сделать уже сегодня:

1. Диагностика и бенчмаркинг цифровой зрелости по выбранным для компаний направлениям киберфизических технологий;
2. Финансовое моделирование проектов изменений или внедрения технологий, анализ RoCPS;
3. Развитие команд компаний на акселерационных или образовательных программах;
4. Управление проектами изменений;
5. Достижение целей и задач проектов изменений - развитие производительности труда и финансовой результативности бизнеса.

Эти пять шагов цифрового развития компании при работе совместно с инженерными консультантами-практиками, могут быть отнесены на уровни структурных декомпозиций работ и календарные графики управления внутренними проектами организационных изменений.

Путь компании к конкурентоспособности сегодня - от базового уровня цифровой зрелости к тиражируемому - через диагностику цифровой зрелости, проектирование и валидацию финансовых моделей к управлению проектами изменений.

Когда мы выбирали и внедряли системы PLM в 2007-2009 годах на предприятиях машиностроительного холдинга (5), мы максимальное внимание уделяли двум факторам при выборе продуктов: комплексность, интегральность, системность продуктов и референсные примеры с уже работающим PLM.

Что делать при ускорении диффузии индустриальных технологий (источник), когда референсных примеров ещё нет?

Ставить эксперименты в НИОКР подразделениях своих компаний самим - примеров достаточно (ссылка на youtube примеры).

Наблюдать и оценивать влияние технологий на скорость и качество операций и бизнес-процессов.

Тестировать гипотезы короткими малозатратными итерациями в корпоративных инновационных пространствах и/или центрах цифрового развития индустрий (3, 4), делать выводы о влиянии технологий на эффективность бизнес-процессов, таким образом обеспечивать развитие бизнеса.

РИСУНОК 4.6 ПЯТЬ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ШАГОВ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ



ВЫВОДЫ:

1. После оценки цифровой зрелости компании и перед принятием управленческих решений о развитии, компании проводят бизнес-моделирование и рассчитывают экономический эффект интеграции киберфизической технологии. На основании результатов моделирования руководители принимают решения об инвестициях.
2. На основе практических примеров европейских компаний - наиболее рентабельные технологии для малого или среднего производственного предприятия сегодня:
 - дополненная реальность, в частности, для обучения и повышения квалификации персонала;
 - RFID, RTLS, WMS - подсистемы киберфизической логистики;
 - быстрое прототипирование и аддитивные технологии;
 - оцифровка и интеграция сетей поставок;
 - сбор и управление данными от средств производства, цехов и производственных участков для контроля выполнения производственных программ и управления производительностью компании (MDC и MES);
 - CAE анализ - цифровое моделирование и оптимизация продуктов.
3. Нами предложен открытый RoCPS калькулятор, который могут использовать предприятия для принятия решений об инвестициях в киберфизические технологии по итогам оценки цифровой зрелости компании. Компания может самостоятельно разработать аналогичный экономический инструмент для оценки возврата инвестиции на киберфизическую технологию.
4. Для наиболее эффективной оценки окупаемости инвестиций в киберфизические технологии команды компаний развиваются на практико-ориентированных образовательных программах в школах управления и центрах цифрового развития индустрий.

Список источников:

1. Калькулятор анализа окупаемости в технологии дополненной реальности, русский перевод <https://drive.google.com/open?id=1xerYqIA68VXXso3odO8BHQ2tk-eLUwig>
2. Кейс Festo анализа инвестиций в обслуживание с помощью планшетов https://drive.google.com/open?id=1IV_Nitd57oK7ZE2F5eRTNyRpIYzhEXjQ
3. Выступление Matthias Bertling, The Factory of the Future: The Industry 4.0 Reference Factory на AU2018 <https://youtu.be/AH--SceoyXw>
4. Статья Return on CPS (RoCPS) an evaluation model to assess the cost effectiveness of cyber-physical systems for small and medium-sized enterprises авторов Peter Burggräf, Matthias Dannapfel, Matthias Bertling, Tingni Xu <https://drive.google.com/open?id=1OIGXnND9Qnp07aL17mgqqN7EntILNLjm>
5. "Выбор и внедрение САПР на предприятиях группы ГМС", Насосы и оборудование, 4-5/2011 Павел Биленко, Сергей Гандралян, Артём Шевченко
6. Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии <http://odm3.io/>
7. Киберфизические системы как основа цифровой экономики, В.П.Куприяновский, Д.Е.Намиот, С.А.Синягов. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 2, 2016



Авторы

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Глава 5

Модель развития производственных программ через скаутинг умных подключенных продуктов для диверсификации производства

Резюме главы:

На основе опыта реализации крупных производственных проектов и анализа развития международных компаний разработана модель поиска (промышленного скаутинга) и развития портфелей умных подключенных продуктов для диверсификации производственных программ предприятий.

Модель объединяет ключевые платформы и компоненты, обеспечивающие увеличение выпуска сложной высокотехнологичной продукции, и стимулирует активизацию использования ресурсов предприятий для развития национальной экономики.

Ключевые слова: умные подключенные продукты, высокотехнологичные продукты, платформы управления данными, мобилизаторы, платформы коллективного финансирования проектов, образовательные платформы, программы проектно-ориентированного обучения, цифровое производство, «Индустрия 4.0», центры трансформации индустрий, диверсификация производственных программ, интернет вещей, стратегический маркетинг.

Key words: smart connected products, data management platforms, Industry 4.0, smart manufacturing, educational platforms, enablers, industry transformation centers, crowdfunding platforms, internet of things.

В работах [1-3] сформулировано определение умных подключенных продуктов (УПП, smart connected products, SCP) – комплексных высокотехнологичных систем с датчиками, микропроцессорами, программным обеспечением, способных взаимодействовать друг с другом и обмениваться данными с другим оборудованием (рисунок 1 и таблица 1). Высокотехнологичные продукты, проектируемые сегодня, имеют встроенную цифровую систему управления. При этом функционал систем управления существенно улучшает потребительские качества продуктов и оказывает существенное влияние на трансформацию бизнеса производителей. Такие гибридные, киберфизические продукты сегодня активно предлагаются глобальными производителями как в B2B, так уже и в B2C сегментах. Среди них - автомобили Tesla, домашняя техника компании iRobot, продуктовые линейки умных продуктов компании Xiaomi, оборудование для горно-

добывающей промышленности компании Komatsu Mining Corp. Прогнозируется рост числа умных, подключенных к интернету продуктов до 50 миллиардов устройств уже к 2020 году и развитие глобального рынка таких продуктов до 267 миллиардов долларов [4, 5].

Опишем модель поиска (промышленного скаутинга) и развития портфелей умных подключенных продуктов для расширения и диверсификации производственных программ предприятий (рисунок 2). Под промышленным скаутингом в данном случае понимается система инновационной и технологической разведки, деятельность по сбору информации в области науки и техники, поиск новых технологических идей и технологий для детального понимания рынков и конкурентных компаний.

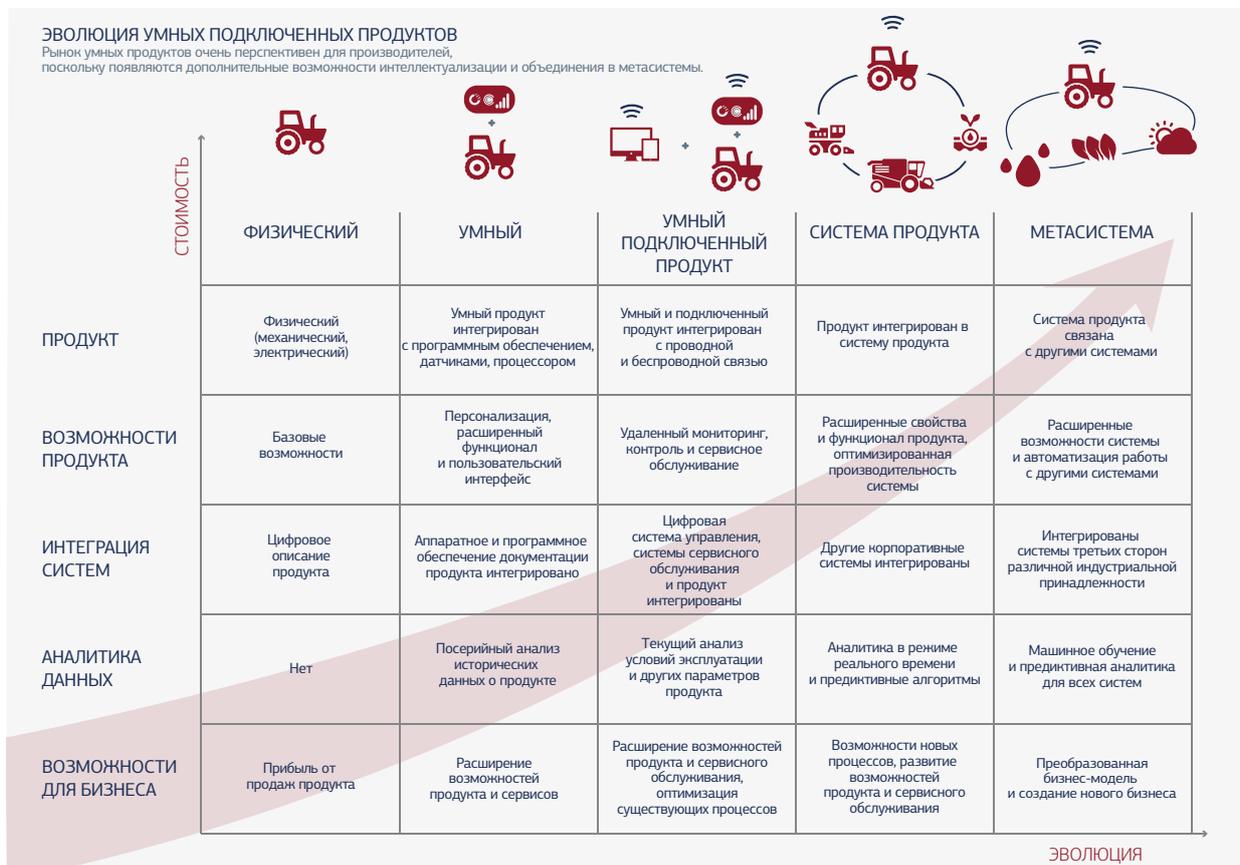
Возможности компании быть конкурентоспособной, проектируя и производя такие продукты, непосредственно связа

ны с ее технологической вооруженностью и зависят от цифровой зрелости компании, эффективности работы управленческих систем, технологических инструментов и степени цифровизации бизнес-процессов [6]. Для оценки цифровой зрелости по ключевым направлениям используются методологии или модели оценки зрелости (maturity assessment models). Одна из таких моделей представлена для открытого использования в работе [7]. Она называется моделью цифровой зрелости производственного предприятия (Organizational Digital Manufacturing Maturity Model, ODM³). По итогам оценки степени цифро-

вой зрелости компания готовит основные инструменты управления проектом цифровой трансформации, формирует команду управления проектом, которая, управляя проектом, обеспечивает переход компании на следующий уровень цифровой зрелости, а значит, и рост производительности и управляемости компании.

В связи с фактическим ростом спроса и прогнозами дальнейшего роста спроса [4, 5] на умные подключенные продукты, в матрице технологической вооруженности компании один из важнейших компонентов – обеспечение обратной связи от умных подключенных продуктов и работа их циф-

РИСУНОК 1. ЭВОЛЮЦИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УМНЫХ ПОДКЛЮЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ



Источник: презентация компании PTC «Smart, Connected Products»

ровых двойников (компонент 3 на рисунке 7 из [6]).

В том числе по этим причинам при принятии решений о развитии технологической матрицы компании, модернизации предприятия и развития парка средств производства, интеграции систем и технологий в бизнес-процессы учитываются результаты анализа систематизированных данных от УПП.

Одна из важнейших потребностей современной компании – достаточно качественно понимать поведенческие паттерны потребителей и уточнять стохастические параметры нелинейных иррациональных моделей поведенческой экономики. Эта потребность реализуется через сбор и обработку данных от умных подключенных продуктов. На основе таких данных многие компании (Salesforce, Amazon, Adobe) развивают платформы управления данными (Data

Management Platform, DMP), продавая соответствующие услуги для последующего анализа и монетизации данных, в том числе через уточнение маркетинговых активностей, персонализированной коммуникации с клиентами, мониторинга эффективности маркетинговых кампаний, разработки новых продуктов и для других целей. Платформы управления данными – централизованные цифровые информационные хабы, хранящие, систематизирующие и позволяющие анализировать информацию о клиентах, рынке спроса продуктов компании и маркетинговых данных.

Руководители компаний, учитывая результаты анализа системных и обработанных данных, принимают решения о направлениях и объемах инвестиций, а также развитии и диверсификации производственных программ. При принятии решений

РИСУНОК 2. МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО СКАУТИНГА И РАЗВИТИЯ ПОРТФЕЛЕЙ УМНЫХ ПОДКЛЮЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОГРАММ КОМПАНИЙ



руководители опираются на результаты мониторинга ускорения диффузии технологий и соотношения уровней затрат на приобретение и внедрение технологий и производительности технологий [7]. Мониторинг появления новых продуктов и развития технологий по кривым диффузии ведется для принятия решений руководителями компаний и экспертами об оптимальном балансе между издержками и преимуществами для компании в каждом конкретном случае интеграции технологии и, следовательно, для определения целей на очередной период запланированного процесса развития компа-

нии. Для этого используется расчет окупаемости инвестиций в конкретные технологии для конкретных бизнес-процессов или стадий жизненного цикла.

Для определения возможностей такого развития, выявления новых рыночных ниш широко используются базы знаний и коммерческие банки интеллектуального капитала. Современные аналитические проекты (пример – проекты CBInsights и Crunchbase) собирают, систематизируют в регулярно издаваемых отчетах и продают информацию о быстро развивающихся компаниях, новых идеях и проектах. С помо-

ТАБЛИЦА 1. ПРИМЕРЫ УМНЫХ ПОДКЛЮЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ И СИСТЕМ СЕРВИСОВ И ПРОДУКТОВ

№	Продукт	Компания	Описание	Ссылка на интернет-ресурс с информацией о продукте
1	Системы точного земледелия EASY	CLAAS	Решения для оптимизации сельскохозяйственной техники, включая программное обеспечение управления фермами	http://app.claas.com/products/2015/lv-LV/download/onmachine.pdf
2	Сплошная система разработки Longwall Mining System	Komatsu Mining Corp.	Умные подключенные системы выборки руды, включающие комплексные сети, объединяющие высокочувствительные гироскопы и тысячи датчиков, обеспечивающих непрерывный мониторинг производительности системы, и прогнозирующие изменения в операционных условиях выборки руды	https://mining.komatsu/services/smart-solutions/how-smart-works
3	Технологическая платформа Fuse Technology	AGCO	Решение в управлении активами точного земледелия	http://www.agcocorp.com/brands/fuse-technologies.html
4	Автомобили Model S, Model 3, Model X	Tesla	Умные подключенные автомобили	https://www.tesla.com/
5	Цифровой измеритель глюкозы в крови	Medtronic	Для измерения уровня глюкозы датчики размещаются под кожей пациента и передают показания в устройство, которое предупреждает пациентов за 30 минут до наступления критического уровня глюкозы в крови	https://www.medtronicdiabetes.com/products/contour-glucose-meter

стью таких платформ предприятия организуют стратегический маркетинг, получают информацию о потребностях заказчиков, приоритетах и особенностях развития направлений, а также обеспечивают возможность использовать гибкие бизнес-модели международных компаний для их прототипирования и проверки работоспособности здесь и сейчас. Этот анализ компания предпринимает одновременно с работой над развитием собственной продуктовой программы. На основе аналитической и исследовательской работы компания принимает решение о развитии в корпоративном акселераторе или внешнем мобилизаторе портфеля концептов продуктов, собирает команды и открывает проекты НИОКР. На этом этапе описываемой модели скаутинга и развития портфелей УПП также важен анализ актуальных исследовательских отчетов отраслевых экспертов, консалтинговых групп [8–11], докладов профильных конференций и форумов [12], статей и глав соответствующих сборников работ.

Прототипирование модернизированных гибридных (киберфизических) бизнес-процессов, экспериментальных бизнес-моделей и концептов гибридных УПП происходит в мобилизаторах (глава 5 из [6]) и центрах трансформации индустрий (пример – E4ТС, Ахен, Германия), а также на учебных фабриках (learning factories). Для этих целей команды руководителей современных динамично развивающихся компаний активно работают на проектно-ориентированных образовательных программах в школах управления и корпоративных образовательных центрах. На таких программах активно используются своды знаний и лучших практик проектирования, производства, маркетинга и продаж новых высокотехнологичных продуктов, а также методики и концепции работы с клиентами, заказчиками и потребителями таких продуктов и сервисов [6, 13–18].

Оптимальная и уже хорошо зарекомендовавшая себя бизнес-модель выхода продукта от мелкой серии (иногда – от прото-

типа, minimum viable product, MVP) на серийность – краудфандинговая кампания. В ходе нее, в результате продаж первых опытных партий продуктов, обеспечивается обратная связь от первых потребителей (early adopters в модели диффузии инноваций Роджерса [19]) для проектирования следующих поколений продуктов, включая гибридные (с цифровыми интерфейсами и системами управления) умные подключенные продукты. В настоящее время получают широкое развитие специализированные краудфандинговые платформы по направлениям сельского хозяйства (Barnraiser), медицины (Medstart), финансирования научных исследований (Experiment) [20]. Компании, организовавшие проектирование и производство умных подключенных продуктов, сегодня активно и неоднократно используют платформы коллективного финансирования проектов [21], таким образом обеспечивая развитие производственных программ.

Список источников:

1. Портер М., Хеппельман Дж. Революция в конкуренции. Harvard Business Review, ноябрь 2014.
2. Портер М., Хеппельман Дж. Революция в производстве. Harvard Business Review, октябрь 2015.
3. Harvard Business Review. Article collection. A Manager's Guide to Augmented Reality. November-December 2017.
4. Columbus L. Internet Of Things Market To Reach \$267B By 2020. <https://goo.gl/B2b29i>
5. Cisco IBSG. The Internet of Things, 2011. <https://blogs.cisco.com/diversity/the-internet-of-things-infographic>
6. Боровков А. И., Лысенко Л. В., Биленко П. Н. и др. Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии. Московская школа управления СКОЛКОВО, ноябрь 2017. <http://odm3.io/>
7. Биленко П. Н., Лысенко С. Л., Завалеев И. С., Лысенко Л. В. Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда. Научные труды, 2017. Т. 18. № 7.
8. Доклад Digital McKinsey «Цифровая Россия: новая реальность». Июль 2017. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Digital%20Russia/Digital-Russia-report.ashx>
9. Доклад экспертного совета председателя коллегии Военно-промышленной комиссии РФ «Диверсификация ОПК: как побеждать на гражданских рынках». Новосибирск, 2017. <http://www.instrategy.ru/pdf/367.pdf>
10. «Индустрия 4.0». Будущее производительности и роста в промышленности. Доклад The Boston Consulting Group, апрель 2015. http://img-stg.bcg.com/Industry_4_o_RU_tcm27-41510.pdf
11. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия. Доклад PwC, 2016. https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf
12. Биленко П. Н. Следующие 10 лет производства: капитализация интегрированных материальных и цифровых продуктов. Август 2016. <https://goo.gl/wRvSrf>
13. Рис Э. Бизнес с нуля. Метод Lean Startup для быстрого тестирования идей и выбора бизнес-модели. М., 2018.
14. Бланк С., Дорф Б. Стартап: настольная книга основателя. М., 2017.
15. Бланк С. Четыре шага к озарению. Стратегии создания успешных стартапов. М., 2017.
16. Остервальдер А., Пинье И. Построение бизнес-моделей: настольная книга стратега и новатора. М., 2012.
17. Остервальдер А., Пинье И. Разработка ценностных предложений: как создавать товары и услуги, которые захотят купить потребители. М., 2018.
18. Robert G. Cooper Winning at New Products: Creating Value Through Innovation. Basic Books; Revised, Updated edition (September 19, 2017).
19. Rogers E. M. Diffusion of innovations. New York, 1962.
20. Добридюк С. Цифровые платформы научных исследований. Октябрь 2017. <https://www.slideshare.net/tribotinka/ss-84632870>
21. eMotorsWerks Announces Universal EV Charging Solution on Kickstarter, март 2016. <https://goo.gl/NAм3PG>

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ



Для развития портфелей умных подключенных продуктов оптимизировать бизнес-модели с опорой на лучшие практики и извлеченные уроки международных компаний.



Для диверсификации производственных программ компаний использовать модель поиска (промышленного скаутинга) и развития портфелей умных подключенных продуктов.



Обеспечить работу основных компонентов модели: платформ управления данными, баз знаний и банков интеллектуального капитала, методологии оценки цифровой зрелости предприятий, корпоративных акселераторов или внешних мобилизаторов, платформ коллективного финансирования проектов, образовательных платформ и программ проектно-ориентированного обучения.



Через взаимосвязь и совместную работу компонентов модели поиска и развития портфелей умных подключенных продуктов определить новые рыночные ниши, обеспечить увеличение рыночных долей с достижением конкурентных преимуществ уникальных продуктов, пользующихся высоким спросом.



Авторы

Верховский Николай Сергеевич

Руководитель проектной работы, профессор практики
Московской школы управления СКОЛКОВО

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Глава 6

Пространство корпоративной инновационной системы

«Дни компаний с названиями General Electric, General Mills и General Motors сочтены. Деньги на столе как криль: миллиард крошечных предпринимательских инициатив, которые могут быть открыты и использованы умными, творческими людьми. Добро пожаловать в новую индустриальную реальность».

Кори Доктору и Крис Андерсон

«Созидатели: новая индустриальная революция»

Резюме главы:

Для развития корпоративной инновационной системы компании важно развивать принципы и ресурсы, на которые опираются инновационные процессы в компании.

Четыре принципа: глобальность, открытость, партнерство предпринимателей, сетевая организация.

Четыре ключевых ресурса: свободные люди, свободные денежные фонды, свободные мощности, свободные знания.

Процесс создания нового не может жить по законам устоявшихся бизнес-процессов. Новое – зона поиска, зона неопределенности, риска, проб и ошибок, и потому создание нового работает по другим правилам. Создавать и активно развивать пространство: нормативное, цифровое, физическое, идеологическое, организационное, в котором могут работать стартапы, инновационные инициативы, быстрые исследовательские центры, поисковые лаборатории, малые инновационные группы, технологические спин-оффы, – цели для компаний сегодня.

По итогам нашей многолетней работы, включая рабочие поездки с участниками программы «Росатом: управление технологическими инновациями» по европейским инновационным центрам (Гренобль, Делфт, Эйндховен, Ахен и т. п.), а также работы на крупнейших международных предприятиях (Siemens в Германии и США, Termotecnica в Италии, Ebara в Японии), мы разработали требования к организациям, которые определяют цели запуска инновационного процесса. Корпорации сегодня решают общую задачу: как выжить в конкуренции с быстрыми, гибкими и чуткими относительно требований рынка молодыми инновационными компаниями, ежегодно обновляющими свои продуктовые линейки. В этой связи реализация проекта организации корпоративной инновационной системы очень важна для выживаемости и развития компаний.

В работе [38] подчеркнута важность эффективного владения организацией концепции организационной амбидекстрии

как совокупности способностей компании быть одновременно гибкой и эффективной. Компании-амбидекстры способны быть одновременно эффективными, гибкими, быстрыми (качества стартапа) при сохранении операционной эффективности и высокой производительности (качества корпорации, рисунок 4.1). Развитие корпоративной инновационной системы дает возможность компаниям использовать качества развития стартапов при сохранении преимуществ и ключевых положительных качеств корпораций.

Мы определили четыре принципа, которые задают требования к организованности корпоративной инновационной системы, и четыре ключевых ресурса, на которые опирается инновационный процесс.

Ключевые принципы и горизонты корпоративной инновационной системы

1. ГЛОБАЛЬНОСТЬ.

Означает не столько географический масштаб, сколько отношение к фронтиру идей и разработок. Организация только тогда может считать себя инновационной, когда она в своей деятельности решает проблемы, которые до нее еще никто в мире не решал. Это необязательно может быть проблема жизни и смерти, это может быть локальная техническая проблема, но не решенная на данный момент никем, кто этой темой занимается. Либо, наоборот, организация работает над значимой в своей области проблемой, которая уже решена, но способ решения неэффективен, и, следовательно, ищет возможность решить проблему принципиально другим способом, и таким, который в мире еще никто не применяет.

Еще один смысл принципа глобальности – возможность использовать для организации деятельности ресурсы со всего мира: размещение производства в Китае, заказ на технологическое сопровождение в России, дизайн в Бразилии и т. д.

Следующее понимание глобальности в отношении к рынкам сбыта: продукт принципиально производится по актуальным стандартам, принятым в ключевых центрах рынков сбыта. Инновационная организация делает свой продукт таковым, чтобы его стремилась приобрести в любой точке мира максимальная часть целевой группы.

Что нужно уметь делать для развития принципа глобальности:

- включаться в работу на международных площадках, на которых формируется будущее индустрии;
- самим инициировать создание таких площадок и быть их кураторами;
- иметь поисковую исследовательскую группу, которая держит технологический фронт и следит за новыми про-

ектами и результатами в индустрии;

- развивать партнерство с ведущими центрами производства знаний: университетскими лабораториями, группами в R&D центрах по всему миру, сотрудничество с бизнес-школами и исследовательскими центрами в них;
- включаться и работать в международных технологических консорциумах.

2. ОТКРЫТОСТЬ.

Означает, что организация, которая считает себя инновационной, должна уметь работать с внешними агентами, не входящими в ее контур, должна использовать ресурсы сети партнеров для решения своих проблем, должна иметь повестку для внешнего круга специалистов. Должна уметь формировать сообщество вокруг проблематики, над которой сама работает. Это тесно связано с принципом глобальности, поскольку только наличие такого класса проблем позволит привлечь к себе качественный интеллектуальный потенциал из разных уголков мира. Работа на принципах краудсорсинга и открытых платформ – требование к инновационной организации. Компания Phillips набралась смелости и сняла забор с колючей проволокой вокруг своей площадки в Эйндховене. Менеджеры делились опытом: это была жесткая дискуссия, но компания пошла на этот шаг и создала вокруг заводоуправления open campus, современное пространство, в котором могли совместно работать менеджеры корпорации и небольшие технологические компании, создавая совместные решения на пользу базовому производству и продукты для новых рынков. Некоторые вендоры для поддержки ускорения диффузии технологий [24] выпускают open source платформы. Пример – стереолитографический принтер Ember от Autodesk – с открытой аппаратной, электронной документацией и формулой фотополимера. Такой открытый подход по замыслу корпорации Autodesk будет стимулировать продажи программного обеспечения PLM, основного продукта компании.

Что нужно уметь делать для развития принципа открытости:

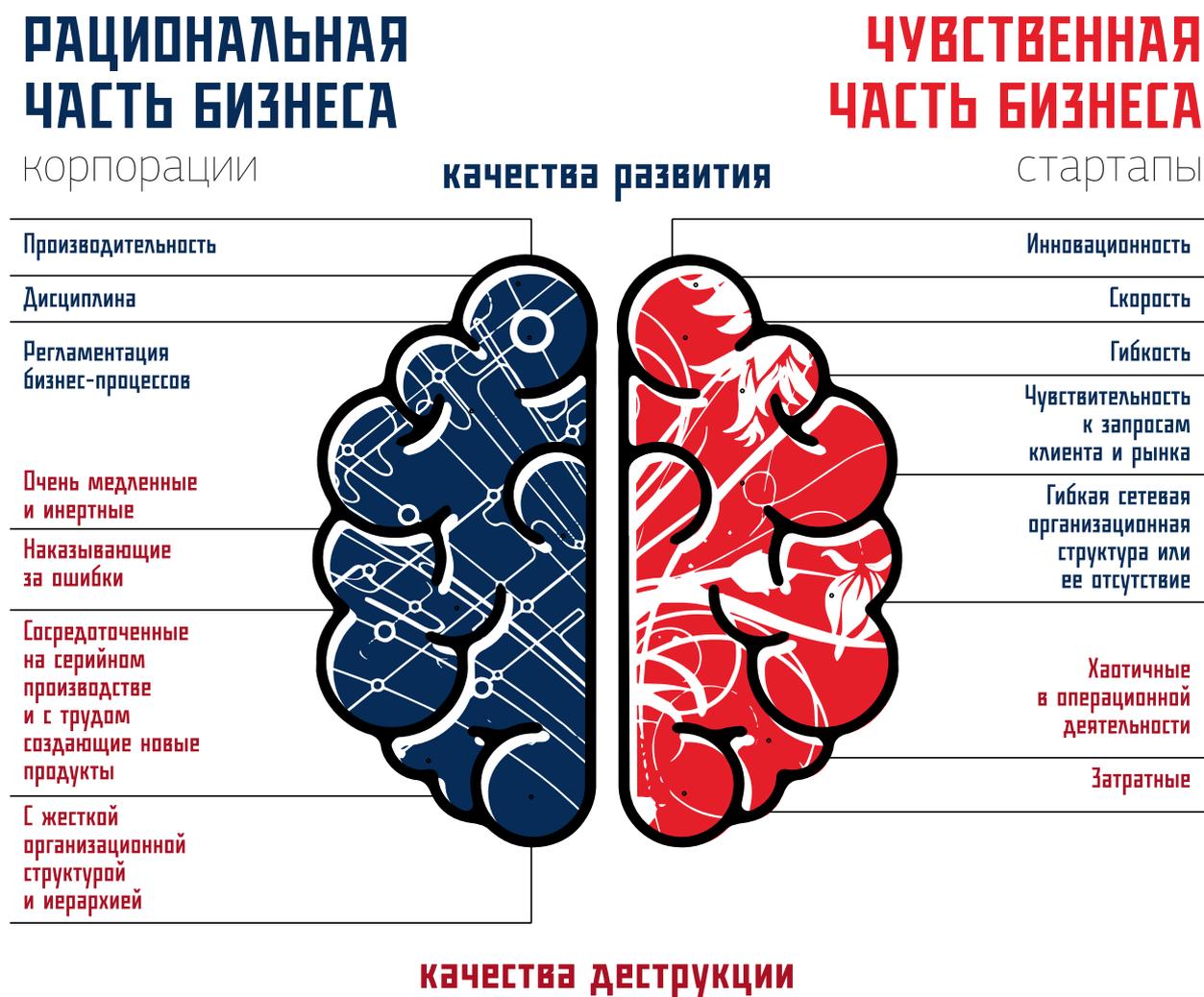
- формировать открытые запросы и развивать площадку для их позиционирования;
- организовать пространство совместной работы руководителей и технологических предпринимателей;
- создать и поддерживать цифровую платформу по всем ключевым процес-

сам компании с возможностью подключаться к ней сторонним игрокам.

3. ПАРТНЕРСТВО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ.

Означает, что организация, создающая себя по инновационным принципам, должна инициировать развитие интрепренерства (внутреннего предпринимательства) и антрепренерства (предпринимательства, направленного на внешние рынки). Это озна-

РИСУНОК 4.1. КОМПАНИИ-АМБИДЕКСТРЫ, ОБЪЕДИНЯЮЩИЕ КАЧЕСТВА РАЗВИТИЯ КОРПОРАЦИЙ И СТАРТАПОВ, СЕГОДНЯ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫ



чает способность организации выделять из своей организационной структуры стартапы и спин-оффы, которые производят важные для компании решения и изделия. Такие действия позволяют компании сохранять предпринимательскую энергию, которой подпитываются инновационные процессы. Этот принцип также связан с предыдущим принципом открытости, поскольку помимо выделения из себя стартапов и спин-оффов компания должна уметь приобретать и стимулировать команды и организации, находящиеся вне ее организационного контура, но являющиеся важным ресурсом развития. Современные крупные компании, выстраивающие инновационный контур деятельности, стараются организовать себя как кластер, из множества мелких компаний. В этом кластере постоянно идет процесс их порождения, интеграции внутрь компании, выделения компетенции, приобретения небольших, но интересных с точки зрения решений компаний, слияния и создания цепочек кооперации. Компании на постоянной основе ведут разведку и привлечение малых инновационных компаний (scouting) для совместной работы или интеграции в свой контур, включая постоянный поиск и создание условий для новых инициатив и возможностей новых продуктов. Так, например, для организации предпринимательской кооперации Samsung и GE бесплатно предоставили малым инновационным компаниям инструменты и платформы разработки. Samsung в 2016 г. – ARTIK, платформу разработки для приложений интернета вещей. GE в 2015 г. – открытую платформу Chillhub на RaspberryPi и Ubuntu. Корпорации, реализуя функционал корпоративных инновационных систем формирования пакетов разработки с открытыми API и инструментальных наборов для стартапов, активно ускоряют развитие технологий через созидательное разрушение, кооперируясь с малыми инновационными компаниями.

Что нужно уметь делать с принципом кооперации предпринимателей:

- создать корпоративный акселератор технологических проектов;
- создать условия для создания на базе имеющихся технологий новых бизнесов;
- создать инкубатор/лабораторию новых компетенций компании;
- создать центр компетенций по оценке возможностей и покупке новых компаний;
- создавать междивизиональные предпринимательские команды, зарабатывающие на создании ценности для базовых бизнес-процессов.

4. СЕТЕВОЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ.

Большинство организаций в системе управления придерживаются принципа иерархии. Для инновационного процесса любая иерархия – ограничение в развитии. Иерархия организована по принципу вертикальной ответственности: те, кто находится на вершине иерархии, отвечают за все. Те, кто внизу, ответственны за малую часть в рамках отведенного функционального «загончика». В итоге в иерархии нет времени на инновации, поскольку в лучшем случае «верхи» под грузом ответственности заняты постоянным контролем, «низы» – постоянным исполнением.

Между тем развитое человеческое мышление не может быть ограничено выполнением отдельной функции и не способно включаться, когда оперативная память загружена контролем исполнения поручений. Оно жаждет объекта применения, нерешенной задачи, интересной проблемы. И если такового не получает, креативная «мышца» атрофируется, нейроны умирают.

В противовес иерархии вводится сетевой принцип организации, который создает условия для того, чтобы каждый ее участник имел возможность решать и работать практически с любыми проблемами и задачами, как в рамках своего функционала, так и за его пределами. Сетевая

организация построена на принципах равного доступа всех участников к информации и горизонтальной коммуникации по ключевым вопросам. Таким образом организация развивает коллективное креативное мышление и дает возможность мыслящему организму рефлексировать и работать с самим собой, развиваясь и исследуя новые горизонты. Под эту задачу создаются внутренние ресурсы командной работы (crowd resources) типа. Проводятся проектные и креативные сессии, где каждый участник имеет возможность высказываться на равных с руководителем в процессе обсуждения проблемы либо задачи.

Что нужно уметь делать для развития сетевых организационных форм:

- создавать форматы междивизиональной сетевой коммуникации: проектные сессии, стратегические сессии, форсайты;
- ввести регламент инновационной группы и определить место и время под ее работу;
- разработать и внедрить электронную платформу инновационной коммуникации и совместной работы, внутренний маркетплейс и репозиторий.

Четыре ключевых ресурса корпоративной инновационной системы

1. СВОБОДНЫЕ ЛЮДИ.

Стандартная организация построена по принципу полной нагрузки на человека в течение рабочего времени для исполнения функции, на которую он нанят. В этом смысле в стандартной организации человек занят все свое время. С учетом того, что организации, как правило, пребывают в состоянии кризиса и управляются с помощью технологий «героического менеджмента», рабочий день у исполнителей и руководителей становится ненормированным.

Инновационная деятельность, по определению инновационности, выпадает из базового функционала. То есть она не пропи-

сана ни в каких регламентах и инструкциях, следовательно, у человека должно быть время на то, чтобы ей заниматься. Именно в этом смысле ключевой ресурс организации – свободные люди, т. е. люди, у которых есть время заниматься новым. Человек, вступающий на путь инноватора, должен понимать, что он тем самым создает ценность для компании, и это же должна понимать организация, создавая условия для появления таких людей. Например, Google выделяет нормативно 20% рабочего времени сотрудника на работу над собственным проектом. Безусловно, в таком подходе есть риски, но без него – риск отстать от развития и пойти по пути Kodak (главный пугающий кейс апологетов развития компании).

Во второй половине прошлого века Eastman Kodak Company была первой в бизнесе фототехники по многим направлениям. В 1976 г. Kodak занимал 90% рынка фотопленки и 85% рынка фотоаппаратов в США. Еще в 1975 г. инженеры Kodak изобрели цифровую фотокамеру. Но руководство компании, не желая отказываться от огромного рынка фотопленки, проигнорировало их проект.

Аналитики компании прогнозировали наступление цифровой революции, но просчитались в сроках, ошибочно отложив ее наступление на 10 лет. Когда Kodak выбрал верную цифровую стратегию, он опоздал – конкурентов уже было не догнать.

В начале 2012 г. Kodak признал себя банкротом.

Важно не только принимать решения, но и делать это вовремя. Не вовремя принятые решения стоят очень дорого.

Что нужно уметь делать:

- легализовать и формально закрепить рабочее время на поисковую инновационную и исследовательскую деятельность сотрудников;
- создавать малые междисциплинарные и кросс-функциональные инновационные команды, в которые могут включаться сотрудники без риска потери рабочего места;

- определить и зафиксировать в корпоративных положениях мотивацию от созданной ценности для компании. Например, процент от экономии за счет инновационного решения становится грантом инновационной команды;
- обеспечивать для стартапов творческий отпуск, то есть позволять сотруднику выходить в проект без порицаний и наказаний.

2. СВОБОДНЫЕ ДЕНЬГИ.

Свободные деньги – это деньги, освобожденные от необходимости обеспечивать базовый производственный процесс. Как и в ситуации с людьми, у организации «лишних» денег нет. Те деньги, которые определены как «инвестиционные», обычно живут по правилам обязательного и доказанного возврата на инвестиции.

Инновации – всегда риск. И следовательно, не может быть ничего до конца доказанного. Стало быть, и деньги, которые на них выделяются, должны жить по другим правилам возвратности. Они должны работать по правилам венчурных фондов. Свободные деньги – это деньги, освобожденные от тех обязательств, которые наложены на их обращение в базовом рабочем процессе.

Также свободными деньгами можно считать не те деньги, которые привлекаются не из бюджета организации либо крупных инвестиционных фондов, но деньги, собранные по принципу краудфандинга и мелкого, «ангельского» инвестирования. При этом инвесторами проекта становятся сами сотрудники и близкие им люди.

Что нужно уметь делать:

- создавать и развивать корпоративные венчурные фонды;
- создавать платформы корпоративного краудсорсинга и внутренние маркетплейсы;
- развивать партнерства с институтами, финансирующими инновационные проекты;
- создать нормативную базу, регулиующую инновационные инвестиции;

- создать механизм оценки инновационного проекта не по продукту, а по созданному ресурсу для развития компетенций (команда, ноу-хау, исследование и аналитика, сеть партнерств, оборудование и т. д.)

3. СВОБОДНЫЕ МОЩНОСТИ.

Как и в предыдущих двух случаях, речь идет о производственных мощностях, освобожденных от базового процесса специализации под задачи развития, для производства инновационных решений. Содержание таких мощностей и требования к их устройству и оснащенности не совпадают с требованиями к мощностям, задействованным в базовом процессе (например, по равномерности загрузки или количеству выпускаемой продукции). В инновационном процессе мощности необходимы под производство прототипов и образцов опытных партий. Анализ инновационных лабораторий, корпоративных акселераторов, стартап-подразделений и корпоративных исследовательских центров, открытых крупными компаниями в 2013–2017 годах для развития инновационных продуктов с помощью свободных площадей и активов, приведен в таблице «Новое поколение корпоративных инновационных лабораторий» (<https://goo.gl/YDKeaQ>).

Помимо станков для производства, инновационная деятельность требует также исследовательского оборудования, которое должно позволять производить испытания, необходимые для создания продукта. Такое оборудование также должно быть доступно для экспериментов и исследовательской работы.

И в завершение – самое важное. Инновационная деятельность в основе своей состоит из коммуникации по поводу замысливания, генерации идей. Такая коммуникация также отличается от стандартных совещаний, на которых, как правило, обсуждаются уже принятые решения. Для творческой коммуникации необходимо пространство для дискуссии и обмена

идеями. Что приводит к необходимости специальной организации пространства и его оснащения (open space, интерактивные доски, стены, на которых можно проектировать, писать и рисовать, удобная мобильная мебель и т. д.) Такого рода коммуникации не могут происходить бесформенно. В этой связи необходима разработка форматов организации такой коммуникации и специальная модерация коллективной мыслительной деятельности для получения максимального результата.

Что нужно уметь делать:

- создавать центры коллективного пользования: коворкинги, фаблабы, мейкерспейсы (см. таблицу «Новое поколение корпоративных инновационных лабораторий»);
- иметь платформу, на которой представлено все доступное технологическое оборудование, свободное время его использования и условия доступа;
- иметь сеть партнеров по представлению оборудования для экспериментов, производства прототипов и малых партий.

4. СВОБОДНЫЕ ЗНАНИЯ.

Здесь мы имеем в виду прежде всего особенности организационного развития, при которых внутри больших корпораций каждое бизнес-подразделение и, часто, каждая организационная структура в попытке доказать свою уникальность ограничивает доступ к знаниям внутри компании. Мы не говорим о внешних партнерах, для которых компания с точки зрения знаний и их доступности – черный ящик. Часто приходится слышать истории об уникальных знаниях, таящихся на дальних полках КБ и НИИ, которые никак нельзя раскрыть, поскольку «украдут и все используют сами». Легенды об уникальных и неповторимых процессах на производствах, для которых нужны специалисты с двадцатилетним стажем, способные, к примеру, по пушистости искры определить кислотность чугу-

на. Такие истории на поверку оказываются корпоративными мифами. В нашем опыте был кейс, когда коллеги пробовали создать платформу обмена знаниями на экспертной основе и столкнулись с отчаянным сопротивлением коллектива компании. Эксперты просто игнорировали процесс, а иногда участники рабочей группы сталкивались с прямыми угрозами: «Шли бы вы со своей стандартизацией и открытостью, пока хуже не стало».

Если в организации нет единой и открытой для внутреннего и внешнего пользователя базы знаний (books of knowledge) о процессах, используемых решениях, технологиях, проблемах и ограничениях, никакого инновационного процесса в ней быть не может. Конечно, открытость означает, что тот, кто смог превратить знание в продукт/ценность, снимает основную дельту прибыли, но в этом и смысл, и основной источник мотивации инноватора – получить прибыль от той ценности, которая была создана с использованием его инструмента.

Что нужно уметь делать:

- иметь открытую для компании базу знаний технологий, существующих в компании, и экспертную сеть ее обновления с правилами и условиями доступа к знаниям, в том числе, при необходимости, и внешних участников;
- формализовать условия получения вознаграждения за пользование результатами интеллектуальной деятельности (РИД) в инновационном проекте;
- создавать исследовательские центры, ориентированные на производство знаний под рыночный заказ;
- развивать цифровой двойник компании как платформу совместной работы всех подразделений компании и ее поставщиков.

Резюмируя, вернемся еще раз к базовому тезису: процесс создания нового не

может жить по законам устоявшихся бизнес-процессов. Хотите закрыть инновационный проект – поручите его исполнение существующему подразделению, которое, скорее всего, перегружено задачами и возиться с новым и непонятным проектом не станет. Скорее всего, сотрудники этого подразделения приложат все усилия, чтобы доказать, что у этого проекта нет будущего. Новое – зона поиска, зона неопределенности, риска, проб и ошибок, и потому создание нового работает по другим правилам.

Создавать и активно развивать пространство: нормативное, цифровое, физическое, идеологическое, организационное, в котором могут работать стартапы, быстрые исследовательские центры, поисковые лаборатории, малые инновационные группы, технологические спин-оффы, – вот задача любой компании, которая не для галочки, а всерьез стремится получить результаты от инноваций.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ

Проверить наличие и эффективность работы принципов и ресурсов корпоративной инновационной системы.

Обеспечить декомпозицию и анализ основных бизнес-процессов компании, включая жизненный цикл продуктов и сервисов и цепочку поставок. Произвести анализ ограничений и неэффективностей в компонентах бизнес-процессов.

Проанализировать предметную область, действия, результативность стартапов и малых инновационных компаний по направлениям предметной области компании.

Организовать или выступить партнером в организации мобилизатора – хакспейса, мейкерспейса, инновационной лаборатории, корпоративного инновационного центра. Организовать условия развития малых инновационных компаний в мобилизаторах.

Обеспечить рост эффективности бизнес-процессов через работу корпоративной инновационной системы

Авторы

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Фельдман Максим Олегович

Директор департамента EMBA- и MBA-программ
Московской школы управления СКОЛКОВО

Глава 7

Мобилизаторы: основа цифровой ЭКОНОМИКИ

Центры прототипирования продуктов,
платформы моделирования бизнес-процессов
и открытые контрактные производства

«Японские корпорации перестали быть инновационными еще с 1980-х годов. Они не делают великих открытий, не создают по-настоящему революционных устройств, не меняют мир. Этим занимаются их сотрудники в свободное от работы время. И так не только в Японии, хотя там это заметнее всего. Во всем мире инновационные, важные изобретения создаются маленькими группами технических энтузиастов. Корпорации могут только вовремя их заметить и купить».

Дэйл Доэрти

Резюме главы:

Для прототипирования продуктов и моделирования бизнес-процессов современных предприятий создаются и активно работают специальные пространства – мобилизаторы. Они – основа новой цифровой экономики. В настоящей главе систематизирован опыт работы в мобилизаторах Кремниевой долины (США) и Европейского центра трансформации Индустрии 4.0 (Германия).

Интеграция в производственные процессы современных методов цифровой экономики, цифрового производства, Индустрии 4.0 сегодня реализуется через специально спроектированные образовательные программы. Образовательные программы для руководителей предприятий и отраслей приносят результаты по всем функциональным направлениям бизнес-процессов в пространствах-мобилизаторах: от проектирования новых продуктов с помощью методологии Scrum до сервиса оборудования с помощью дополненной реальности.

При помощи систем и технологий нового технологического уклада руководители изучают, как на предприятиях повышать производительность труда, производить продукты качественнее и развивать компании быстрее. Благодаря мобилизаторам и образовательным программам эти возможности достаточно быстро начинают приносить результаты как ключевые драйверы развития национальной экономики.

Открытые контрактные производственные компании развиваются через работу бизнес-моделей взаимного дополнения их ресурсами и возможностями в экосистемах технологического предпринимательства.

Из-за отсутствия гибкости и высоких рисков, которые несет экспоненциально развивающаяся внешняя среда, традиционные процессы развития компании все больше и быстрее теряют эффективность. Поэтому компаниям сегодня, как никогда ранее, необходимы подходы быстрой разработки прототипов продуктов и моделей процессов, с конкретными результатами всех этапов работ, постоянной обратной связью и обменом информацией с проектными командами и заинтересованными лицами.

Один из принципов гибкого и быстрого создания продуктов заключается в необходимости как можно раньше проверять

предположения и гипотезы о функционале продуктов или об эффективности бизнес-процессов, помимо виртуального эксперимента и компьютерного моделирования, в реальной среде.

Для этого востребованы, помимо виртуальных, реальные заводы-прототипы, заводы – моделирующие пространства, заводы – учебные пространства, прежде всего для руководителей. Один из таких заводов расположен в Германии, в городе Ахене, в центре Европы, в одном из крупнейших исследовательских пространств Европы.

Сегодня компаниям важно развиваться и трансформироваться через реальные

практики и кейсы, в экосистеме, позволяющей прототипировать, быстро и дешево пробовать, ошибаться, накапливать и систематизировать интеллектуальный капитал.

В случае технологического кластера в Ахене – реальный кейс – это революционный электромобиль e.Go, еще один разрушитель экономики автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, продукт, который требует быстрых изменений от всех классических автопроизводителей. Центр прототипирования продуктов и моделирования бизнес-процессов – цех Европейского центра трансформации Индустрии 4.0 (E4TC, рисунок 5.1). Цех – это полноценное производство со станком плазменной резки, сварочным участком, складским хозяйством, сборочным участком, цифровой системой управления производством и более чем сотней технологий Индустрии 4.0, которые могут использовать для моделиро-

вания решения своих задач руководители предприятий Европы.

На каждом из участков цеха скрупулезно и интенсивно совершенствуются компоненты и системы нового технологического уклада. Отрабатывается в специально спроектированных образовательных программах управление предприятием с использованием данных от всего жизненного цикла, а также отдельные операции – цифровая логистика, дополненная реальность в сборочных и сервисных операциях, синхронный контроль качества через операции сканирования сварных рам автомобилей с помощью контрольных измерительных машин, цифровое управление инфраструктурой и инженерными коммуникациями цеха.

Кроме того, на действующем производстве в соседнем цеху инженеры, технологи и руководители работают над производством аккумуляторов для электромоби-

РИСУНОК 5.1. УЧАСТКИ ЦЕНТРА ТРАНСФОРМАЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0 В АХЕНЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ



ля, детально и глубоко анализируя этапы и операции производственного цикла. Задача руководителя при этом – создать бесшовную связь между информационными и операционными технологиями (IT+OT) с различными интеграционными подходами. Для этого в Ахене был создан консорциум, который объединил возможности производителя аппаратного обеспечения (National Instruments) в оборудовании, вендора программного обеспечения (PTC) в программной автоматизации жизненного цикла продукта, дополненной реальности и интернета вещей, производителя инфраструктурного программного обеспечения (OSIsoft), производителя серверной архитектуры (HP).

Для эффективной работы системы управления производством, созданной участниками консорциума, жизненный цикл производства аккумуляторов электромобилей был разделен на 15 стадий. Для каждой из стадий сейчас тестируются лучшие практики цифрового производства: управление и мониторинг условиями процессов (conditioning monitoring), машинное обучение (machine learning), управление энергоэффективностью (energy management), автоматический контроль качества (anomaly detection), сервис с дополненной реальностью (augmented reality maintenance), отслеживание перемещения сырья и материалов (asset track and trace) и другие технологии.

Цель цифровой трансформации и работы центра состоит в том, чтобы создать постоянно развивающиеся, гибкие компании, готовые непрерывно адаптироваться к меняющимся условиям за счет соответствующих технологий, организационного обучения и создания системы принятия решений с использованием данных от жизненного цикла производства, цепочки поставок, средств и систем производства, всех бизнес-процессов. Как это хорошо видно в E4TC в Ахене, один из критериев эффективности трансформации – обеспечение высокого качества данных от всех бизнес-про-

цессов и доступности данных в более короткие сроки.

Для ускорения цифровой трансформации сегодня также активно создаются и распространяются пространства-мобилизаторы, которые развивают творческую энергию предпринимателей и помогают преобразовать ее в проекты, значительно изменяющие все вокруг. Мобилизаторы наследуют функционал и культуру стартап-акселераторов, в которых когда-то создавались платформы и приложения. Задача мобилизаторов сегодня – трансформировать все индустрии через образование и развитие стартап-команд. Это мейкерспейсы (makerspaces), хакспейсы (hackspaces), инкубаторы, фаблабы, техшопы, акселераторы, инкубаторы, инновационные лаборатории, корпоративные центры инноваций и коворкинги.

Компаний, которые можно назвать мобилизаторами инноваций (innovation enablers), в США сегодня более 500.

Два актуальных примера – мобилизаторы bioCurious и Powerhouse. Первый за 100 долларов в месяц или 1000 долларов в год дает всем желающим оборудование, материалы лаборатории и курсы для людей с интересами в биотехнологиях. Один из самых интересных проектов, развиваемых в bioCurious – 3D-принтеры, печатающие биологическими материалами. Организация полностью управляется волонтерами.

В Powerhouse развивают проекты солнечной энергетики. В 2016 г. в акселераторе работали 40 стартапов и сотни предпринимателей. Два актуальных успешных выхода – Powerhive с проектами программного и аппаратного обеспечения для энергетических сетей, поднявший 20 миллионов долларов, и Mosaic, основной провайдер займов для установки солнечных панелей, закрывший инвестиционный раунд в 220 миллионов долларов. В 2015 г. стартапы Powerhouse участвовали во вводе в эксплуатацию 156 МВт солнечной энергии.

Техшопы – еще один пример развивающихся форматов цифрового производства. Сегодня в мире работают 11 техшопов, ко-

которые посещают более 10 000 человек. 8 находятся в США, по одному во Франции, Японии и ОАЭ. Выручка сети в 2015 г. составила 14 миллионов долларов.

В Калифорнии три техшопа – в Сан-Франциско, Сан-Хосе и на полпути между ними в Редвуд-Сити. Техшоп в Сан-Хосе – это 12 цехов: Laser Studio, 3D Studio, Machine Shop, Hot Shop, Plastics Area, Grinding Room, Finishing Room, Electronics Lab, Metal Shop, Wood Shop, Textiles Area, Garage Area. Сотни видов оборудования в них – гидроабразивный станок, плазморезки, пятнадцатитонный пресс, лазерные граверы и резаки, 3D-принтеры, швейные машины. Самый высокий спрос на лазерные резаки, иногда их надо бронировать заранее и ждать очередь. Много компьютеров с программным обеспечением CAD/CAM. В каждый техшоп вложено более миллиона долларов – в станки и инструменты, технологии и оборудование. Техшопы открыты для всех и работают с раннего утра до полуночи.

Техшоп в Сан-Хосе работает с 2006 г. В бизнес-модели предусмотрено все необходимое для того, чтобы реализовать любые идеи, включая цифровую систему управления для задуманных проектов. Тех, кто не имеет опыта в производстве, – увлекательно научат, а тем, кто опытен, предложат помощь в проектировании и экспериментах. За 120 долларов и несколько вечеров новичков здесь научат, к примеру, сварке.

В техшопах каждый день проводятся 5-10 групповых занятий для взрослых и детей. Среди них такие курсы, как производство из композитов, проектирование и изготовление мебели на фрезерных ЧПУ, красивая вышивка с помощью ЧПУ швейных машин и многие другие. Годовой абонемент в техшоп стоит 1650 долларов, принцип работы очень схож с фитнес-клубами: владельцам клубной карты доступно все оборудование для материализации своих идей.

Поздними субботними вечерами в цехах техшопов паяют, прототипируют, программируют. Команды преподавателей и членов

клуба увлеченно работают над проектированием автономных автомобилей. Девушки учатся шить с помощью швейных машин с числовым программным управлением.

Основные общие качества мобилизаторов – активное сообщество, доступность и открытость, комплексная инфраструктура.

СООБЩЕСТВО.

Вокруг собирается сообщество passionate энтузиастов, которые с удовольствием работают с оборудованием и решают задачи своих проектов. Предприниматели, студенты, производственники, изобретатели, инвесторы – все они включаются в экосистему, с помощью которой проектам, находящимся на самой ранней стадии развития, зачастую удается трансформироваться в бизнес с ощутимым возвратом на инвестиции. Мобилизаторы часто проводят мероприятия (отслеживать и записываться на них можно на eventbrite.com и meetup.com), на которых люди разных сообществ встречаются и обсуждают проекты, новые идеи, развивают отношения.

ДОСТУПНОСТЬ.

Мобилизаторы, как правило, расположены в центре города с расчетом на то, что проходящие мимо могут в них зайти даже поздно вечером. Участники программ техшопов – зачастую люди, обладающие нулевыми знаниями в производстве, дизайне или программировании. В 2016 г. один из техшопов в Редвуд-Сити запустил мобильный проект вместе с компанией Fujitsu. Проект назвали Techshop inside, он представляет собой мобильную мастерскую для обучения STEAM (science, technology, engineering, arts, math) в тех районах города, жители которых не имеют доступа к современному техническому образованию.

ИНФРАСТРУКТУРА.

Команда, оборудование, программное обеспечение, образовательные программы – все самое необходимое для того, чтобы превратить свою задумку в первый прототип, в

MVP (Minimum Viable Product), пройти через валидацию гипотез и вывести продукт на краудфандинговую площадку. Должность помощников в командах техшопов – dream consultant, консультант по материализации мечты. Их ключевые показатели эффективности – помочь вам с реализацией вашей идеи.

Творческие производственные образовательные пространства – одно из ключевых условий развития стартапов и молодых компаний. Мобилизаторы произошли от своих предков, стартап-акселераторов, в которых годы назад создавались приложения, которыми мы все сегодня пользуемся: Dropbox, Airbnb и другие. Сегодня уже тысячи молодых людей в подобных мобилизационных пространствах создают не только программное обеспечение, они трансформируют все индустрии. Через несколько лет мы заглянем в свои производственные цеха, посмотрим на свои логистические маршруты – и найдем в них море киберфизических продуктов компаний, вышедших из мобилизаторов Кремниевой долины и других стран.

Сегодня в мире работают мобилизаторы и образовательные пространства нового поколения для каждой отрасли. Тысячи молодых предпринимателей, работающих в каждом из подобных пространств, «едят завтраки» крупных корпораций. Эти новаторы целятся в корпоративную неэффективность на каждом из этапов жизненного цикла продуктов, создают вокруг этой неэффективности решение, привлекают инвестиции, относительно быстро развивают его в компанию с уникальным продуктом, выходят на IPO или продают той же корпорации, в которую изначально целились. И далее по кругу. В мире запущен глобальный механизм, разрушающий старые неэффективные отрасли и целые экономики, – механизм, рождающий проекты, которые убивают Кодаки и Нокии наших дней. Трансформация отраслей ускорится по экспоненте.

Культура современного цифрового производства активно проникает в повседневную жизнь: книги и журналы издательства Maker Media, увлекательно рассказываю-

щие о методах современного производства и всех возможных «сделай сам» направлениях (do it yourself, DIY), продаются в каждом книжном и почти на каждом газетном прилавке Калифорнии. Дэйл Доэрти, основатель движения мейкерства (запустивший несколько тысяч мейкерспейсов по всему миру), издательства Maker Media и фестивалей Maker Faire, уверен, что через активное участие в развитии образовательной и творческой экосистемы команды технологических энтузиастов компенсируют недостаточную инновационность корпораций:

«Мы учим людей не тому, чтобы делать все вещи руками. Мы учим их гораздо большему – пользоваться инструментами, перенимать технологии внутри сообщества умелых людей, привлекать экспертизу по всему миру. Этого не делают ни традиционные вузы, ни корпорации».

В городах Кремниевой долины для каждого реализована возможность прийти с идеей и уйти с продуктом, воспользовавшись станками, оборудованием, инструментом и помощью команды техшопов. За последние три года число техшопов увеличилось, они пользуются популярностью, в том числе во Франции, Японии, ОАЭ. План запуска на ближайшие годы – в десятках других стран.

Техшопы открыты и расположены в центрах городов, реализуя в том числе маркетинг ценности индивидуального и командного производства и созидания – для баланса потребительских моделей.

Благодаря развитию таких пространств сегодня стало существенно дешевле прототипировать и производить новые продукты и сервисы, чем пять лет назад. Издержки на запуск прототипа продукта сократились в десятки раз, скорость производства прототипа – в разы. Поэтому сегодня экосистемы технологического предпринимательства разных стран производят инновационные и интересные рынку продукты для всех отраслей, включая медицину, транспорт, сельское хозяйство. Количество стартапов во всех индустриях за три года возросло в сотни раз, «единорогов» – стартапов с огромным вни-

манием и убежденностью в их результативности со стороны инвесторов – в десятки раз.

В активно развивающихся странах сегодня в национальных экономиках один из самых важных элементов – мобилизаторы, пространства для тестирования гипотез, прототипирования продуктов, моделирования бизнес-процессов, прокачки бизнес-моделей. И образовательные программы в этих пространствах. Без таких мобилизаторов экосистемы национальная экономика не может успеть за экспоненциальной диффузией технологий.

Модели развития контрактных производственных компаний

В последние годы развитие открытых контрактных производственных компаний происходит через развитие бизнес-моделей взаимного дополнения их ресурсами их же возможностей в экосистемах технологического предпринимательства. Пример – работа трех производственных компаний: малых контрактных производителей fictiv.com и sculpteo.com, глобального гиганта Flex и технологического коворкинга Techshop. Эти компании расположены в Сан-Франциско на минимальном расстоянии друг от друга. В том числе благодаря этому их модель открытых контрактных производств работает через синергию различных ресурсов.

Ресурсы Fictiv и Sculpteo – удобный и простой онлайн-маркетплейс для b2c заказов, молодая и энергичная команда предпринимателей. Скорость в исполнении заказов: готовность принять заказ через сайт в 3D-модели, изготовить и доставить деталь за 24 часа. Российский пример – сервисы Prototypster и 3dprintus.

Ресурсы TechShop – открытый до полудня для производства малых заказов и прототипов парк оборудования и энергичная, очень молодая, почти без бизнес-опыта команда. Возможность маркетинга ценности цифрового производства, проведение образовательных сессий и программ, развитие интереса целевой аудитории и развитие

рынка контрактного производства. Российские примеры – ЦМИТы, но с существенно меньшими возможностями, ресурсами и результативностью.

Ресурсы Flex, микрофабрики и инновационной лаборатории, – высокоточное дорогое производственное оборудование и высококомпетентные дорогие специалисты. Российский пример – центр высокоточного прототипирования «Кинетика» в НИТУ «МИСиС».

Благодаря партнерству все три компании зарабатывают тем, чем по отдельности заработать невозможно или очень сложно.

Fictiv и Sculpteo принимают заказы (3D-модели деталей) через простой и удобный веб-интерфейс. При этом для компании нет необходимости нести затраты на содержание парка производственного оборудования и дорогих специалистов: эту функцию выполняет микропроизводство Flex. Задачу *spark the curiosity*, развитие интереса рынка, фактически – маркетинг, создание и развитие нового рынка сложных DIY-продуктов, решает TechShop. Через развитие интереса людям становится интересно прототипировать и производить новые продукты, мелкую серию деталей для этого они заказывают на Fictiv и Sculpteo. Круг замкнулся, экосистема сама поддерживает свое развитие.

Также представьте, что происходит, когда люди из этих компаний, команды, заказчики и клиенты, встречаются на тематических мастер-классах и других мероприятиях в свободное время. Из обсуждения их идей, планов и мыслей они начинают создавать новые продукты, сервисы и компании. И благодаря экосистеме относительно быстро растут и выращивают свои компании.

Обеспечение такого партнерства и синергии развития – важная задача для формирующегося рынка контрактных производителей России.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ



Проверить наличие в регионе мобилизаторов – творческих пространств прототипирования и создания новых продуктов. Если нет – открыть проект создания и развития. Обеспечить эффективность работы с участниками проекта развития мобилизатора. Задействовать компоненты системы образования: школы, управление, университеты.



Если мобилизатор есть – проверить активность и эффективность его работы. Поддерживать маркетингом ценности. Определить достаточность ресурсов и ключевых компонентов для их развития.



Обеспечить обмен опытом с федеральными и международными центрами цифрового производства, моделирования бизнес-процессов и прототипирования продуктов.



Найти промышленных партнеров для развития цифровых производственных площадок. Сформировать консорциум для разработки, прототипирования и производства киберфизических продуктов.



Проверить наличие и зрелость в промышленных парках регионов открытых контрактных производителей и эффективность их бизнес-моделей.



Автор

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Глава 8

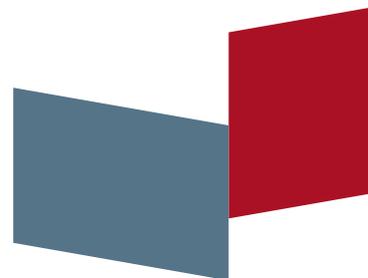
Семь ключевых факторов результативности цифрового развития корпорации

Резюме главы:

Статья написана по итогам работы на заводе Henkel в Дюссельдорфе в июне 2018. Она обобщает и систематизирует опыт цифровой трансформации крупной корпорации, работы офиса Chief Digital Officer (CDO), рассказывает о критериях результативности команды CDO, о продуктах и сервисах, которые появляются благодаря такой работе. Этот опыт будет полезен руководителям компаний и корпораций, руководителям подразделений, ответственных за развитие, собственникам компаний, заинтересованных в экспансии бизнеса.

Ключевые слова:

CDO, Chief Digital Officer, CDTO, Chief Digital Transformation Officer, цифровая трансформация, развитие бизнеса, digital transformation, критические факторы результативности, critical success factors, CSF, развитие бизнеса, business development, corporate development, развитие корпораций, цифровое развитие бизнеса.



Henkel — это корпорация с 53 000 сотрудниками, 85% из которых работают вне Германии. Компания основана в 1876 году. В 2017 году — выручка компании 20 миллиардов евро, операционная прибыль — 3,5 миллиарда евро. 188 заводов и 22 исследовательских центра. Три дивизиона: клеевые технологии (Adhesive Technologies), косметика (Beauty Care), стиральные порошки и бытовая химия (Laundry and Home Care). В корпорации создан собственный венчурный фонд и активно ведётся работа со стартапами и компаниями с цифровыми продуктами и сервисами.

В течение 2017–2018 Henkel, основав подразделение Chief Digital Officer (CDO), вывела на рынок собственные цифровые продукты и сервисы, успешно интегрировала технологии Индустрии 4.0 в бизнес-процессы и уверенно обеспечила управление цифровой трансформацией корпорации.

До 2020 года корпорация запланировала инвестировать \$180mln в программу поддержки стартапов.

В чем критические факторы результативности цифрового развития бизнеса?

6–8 июня 2018 года руководители Henkel подробно рассказали об этом 32 представителям 15 стран на специально организованном трёхдневном форуме в Дюссельдорфе.

Вот эти ключевые условия (critical success factor, CSF):

CRITICAL SUCCESS FACTORS №1.

“Industry 4.0 improving all aspects of Supply Chain and Operations”. Рост операционной эффективности сегодня — в цифровых производственных технологиях, системах Индустрии 4.0. Henkel систематизирует подходы 4IR так: робототехника (исполнительные механизмы и средства производства) — сенсорика (датчики, КИП и АСУТП) — аналитика (математические модели) — визуализация (BI и дэшборды руководителей).

500 миллионов сигналов от точек сбо-

ра данных на заводах собирается ежедневно: материалы, производительность средств производства, климат в цехах и лабораториях, данные о сырье, процессах и так далее.

При визуализации важен ежедневный контроль агрегированных показателей о качестве продуктов (quality score) на панелях управления.

При создании новых заводов — погружение в проект предприятия при помощи технологий виртуальной реальности.

В комплексной логистике — создание и развитие цифровой системы глобальных цепей поставок (global supply chain). В настоящее время к системе подключено более 600 руководителей, которые в режиме реального времени видят операции и план-фактную результативность.

В работе на складах — сканирование запасов и инвентаризация дронами и объединение этой информации в WMS — цифровых системах управления складами.

Henkel особенно подчеркивает: постоянное развитие, обучение специалистов, руководителей, рабочих — ключевое условие результативности технологий Индустрии 4.0.

ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

Что изменяют цифровые технологии Индустрии 4.0? Производительность всех предприятий видна и управляема в режиме реального времени. Систематизированные и точные данные от технологических и бизнес-процессов существенно увеличивают качество принимаемых решений. Команда управляющей компании огромной корпорации в 53 000 человек, работающих на 188 заводах, управляет комплексной цифровой моделью бизнеса. И эта команда постоянно учится эффективно использовать технологии Индустрии 4.0.

CRITICAL SUCCESS FACTORS №2.

“Beauty Care Portfolio impacted by IoT Disruptors”. Один из основных слайдов, идей, вызовов многих корпоративных презентаций и совещаний сегодня — влияние дисрапторов (impact of disruptors). Кто эти компании и продукты, которые разрушают бизнес корпорации через создание нового? В чем особенности их решений? Кто в командах этих стартапов среди этих цифровых авторитетов? Какие именно технологии цифровых компаний могут радикально изменить корпорацию?

Эти вопросы задаются применительно к продуктам и сервисам компании, бизнес-процессам, жизненному циклу компании. Несмотря на то, что данный термин сейчас находится в поле определения и споров, влияние этих разрушителей (disruptors) очевидно — они делают очень многое для развития компании. Они — созидатели, и это управляемый процесс — от разрушения к созиданию, где всё сосредоточено в руках руководителей компании. Развивая пространство корпоративных инноваций, создавая условия развития новых проектов, организуя венчурные фонды, инновационные лаборатории, акселераторы и проводя в них хакатоны, они смогут работать с этими разрушающими созидателями, они смогут быть успешны вместе. И наоборот — насколько руководители корпорации не будут обращать внимания на отраслевых дисрапторов, настолько велики будут потери корпорации.

Ошибка здесь будет управленческая надменность, уверенность в нерушимости вековой компании и абсолютизации надежности управленческой и продуктовой системы компании.

ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

Активно работать с лидерами цифрового бизнеса — стартапами и производителями технологий — работающая стратегия цифровой трансформации компании.

CRITICAL SUCCESS FACTORS №3.

“Ecosystem of digital products and services”. Цифровая трансформация состоятельна, когда не цифровая компания начинает производить цифровые продукты. Использует их. Продаёт их. Может показать, как они работают.

Более 140 лет Henkel производила клеи, шампуни и моющие средства. Сегодня компания, в дополнение к основному продуктовому портфелю, производит цифровые и киберфизические продукты.

Это очень важно. Компания, которая с 1876 года производила косметику, клеи и моющие средства, в начале 2017 года начала работать над цифровыми продуктами. Даже экосистемой цифровых продуктов: анализатором состава волос, цифровым консультантом с дополненной реальностью для парикмахеров и миксером персонифицированных шампуней. “Near-infrared hair diagnostics, augmented reality colour consultation & hyperpersonalised products”.

Проект называется SalonLab и уже получил приз на CES2018 за лучший потребительский продукт.

Эти продукты выросли в R&D лабораториях компании для внутреннего использования, сегодня работают в профессиональных салонах и завтра — в сегменте B2C, умных домах и ваших ваннх комнатах. Всего год интенсивной работы в проекте создания экосистемы цифровых продуктов #SalonLab в подразделениях корпорации. Эта работа велась вместе с действующим пулом инноваций (pool of innovations) — ещё десятками цифровых продуктов в различной степени развития, от проектирования до MVP. И работающая над ними консорциумная экосистема (см. CSF №2 и 4): в проекте SalonLab работали 4 партнёра.

ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

Без цифрового продукта или сервиса — выступление на панельной дискуссии с красивой презентацией о цифровизации не счи-

тается. Не морочьте голову себе и людям. Повторять фразы “до сих пор глобальные компании не разобрались с тем, что такое цифровизация” — также уже дурной тон. Сегодня не цифровые компании активно работают над проектами цифровых и киберфизических продуктов и сервисов. Цифровые продукты в продуктовом портфеле компании. Цифровые сервисы, внутренние и внешние. Только так компания становится цифровой, так происходит цифровая трансформация компании.

CRITICAL SUCCESS FACTORS №4

“The great digital wall of e-commerce”. Партнеры крупной корпорации сегодня во всей цепи формирования стоимости — в постоянном общем цифровом поле исследований и экспериментов. Компания-производитель ведет несколько исследовательских проектов с партнерами-ритейлерами. Навигация клиентов по магазинам, полкам, онлайн магазинам, взаимодействие с представлением продуктов, маркетинговые действия — эти исследовательские задачи (navigation study) существенно изменились в цифровом бизнесе и требуют совместных подходов в партнерских экосистемах цепочек создания ценности. В работе — моделирование пространств магазинов (см. фото), полки в них, выкладок на этих полках, взаимодействия покупателей с товаром на этих полках, цифровые и интерактивные описания продуктов на полках — и многие другие инструменты совместных с ритейлерами экспериментов и анализа конверсии в моделях продаж и продвижении продуктов.

Хорошо понимать цепочку поставок, управлять поставками с помощью цифровых облачных решений, принимать решения на основе актуальной и качественной информации от всех звеньев цепи создания ценности — вот те возможности, которые дает цифровая трансформация компании. Уместным здесь будет также вспомнить решение Flex Pulse оцифровки цепочки поставок крупнейшего контрактного производителя Flex.

При анализе ритейл точек компания также использует инженерные и научно-исследовательские подходы: анализ тепловых карт (heat map) онлайн и оффлайн торговых площадок, анализ принятия решений о покупке, изучение категорий покупателей (подробнее об этом в CSF №6) — набор цифровых бизнес-инструментов, с которыми работают партнеры корпорации в цепи создания ценности.

В Китае благодаря активной работе с ритейлерами над стратегией продаж на цифровых площадках и анализу эффективности цифровых каналов, компания существенно подняла продажи продукта Diademine с помощью эксперимента. Во время онлайн-покупки покупателям предложили добавить один пузырьёк за 3 евро в корзину и получить шанс выиграть всю корзину бесплатно. Потребители сорвали куш. Вместе с корпорацией.

ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

Работа со всеми участниками цепочки создания ценности с помощью единых цифровых систем и инструментов — условие развития совместного бизнеса. Создание цифровой экосистемы для совместной работы всех участников цепи создания ценности — очень важное условие цифровой трансформации компании.

CRITICAL SUCCESS FACTORS №5

«3DP and the car of the future: be the change». Успевать за трендами сегодня — значит быть этими трендами: 3D печать и современные автомобили — это в том числе продукты Henkel. Быть трендом получается благодаря работе вместе с системными интеграторами и партнерами в единой технологической экосистеме.

Автомобиль ближайшего будущего — это высокотехнологичный смартфон на колесах, цифровой, автономный и совершенствующийся. В каждом смартфоне уже сегодня более 20 различных клеевых составов, в том числе производства Henkel.

Не создавая уже сегодня вместе с лидерами машиностроения высокотехнологичные киберфизические продукты, невозможно оставаться конкурентоспособным и развиваться вместе с высокими скоростями диффузии цифровых технологий. Умение в проектах проходить путь от участия в производстве смартфонов сегодня до участия в производстве смартфонов на колесах в крупной серии завтра — важнейшая управленческая задача. Бежим не туда, где шайба находится сейчас, но где она будет через мгновение.

Почему ещё важно не следовать, а лидировать? Посмотрите на обоснованные и регулярно повторяемые цифры оценки рынка, к примеру, 3D печати (23 млрд. долларов в 2025) и продуктов с интернетом вещей (75 млрд. долларов в 2025). Это — достаточно быстро растущие рынки. Вспомните теорию перелетающих гусей — подробно ее суть передана в бестселлере 2017 года «The next factory of the world». В условиях экономики знаний — держатель основного капитала — технологический лидер — создатель интеллектуальной собственности (IP), ноу-хау компании. С учетом системы технологий Индустрии 4.0 (см. CSF 1) вслед за наработкой человеко-часов IP предприятия, средства серийного производства продукта относительно легко тиражируемы в страны с наиболее благоприятными условиями, включая затраты на труд и систему налогообложения. При этом собственник технологий — тот, кто раньше начал входить в рынок этих технологий и сформировал IP. С поправкой на много и быстро работающих китайских партнеров (если вам, конечно, удастся сделать их партнерами).

В том числе для лидерства в формировании ноу-хау, корпорация создала и обеспечила развитие цифрового маяка “digital lighthouse” как центра цифровых технологий и распространения их в корпорации. И работает над проектами киберфизических продуктов в автомобилестроении и 3D печати вместе с лидерами направлений.

ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

Хочешь выжить в быстро меняющихся условиях — не подстраивайся под изменения. Будь сам этими изменениями.

CRITICAL SUCCESS FACTORS №5

“This is Sara, she is our consumer”. В основе действий, решений и сущностей корпорации — глубокое изучение клиента, его жизни, поступков, интересов, ежедневных активностей. Наши потребности развиваются в департаментах маркетинга умных корпораций в виде цифровой модели.

53 тысячи человек, 188 заводов корпорации — это не дистанция до клиента. Это живой организм, работающий для клиента, который нацелен помогать, радовать и удивлять новыми решениями.

В этом единении с клиентом корпорация активно использует цифровые решения, к примеру, чатбота (Hair Color Bot), с которым может общаться клиент, и уточнять вопросы о стрижке, укладке, даже цвете волос. Эти решения создают новую ценность и увеличивают уже созданную ценность для клиентов. Для этого компания классифицирует клиентов и работает с каждой категорией индивидуально: беззаботными (carefree), энтузиастами (enthusiastic), экономными (economizer). Здесь работает понятие «customized innovation» — инновации, адаптированные специально под характер и потребности клиентов.

ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

Начинай цифровую трансформацию с понимания потребителя. Времена и технологии меняются — клиент остается в основе вселенной даже самых крупных корпораций.

CRITICAL SUCCESS FACTORS №5

«Fail better». Наконец, самое важное: создать культуру практичных, прагматичных и открытых

инноваций — одна из важнейших задач офиса цифровой трансформации и команды Chief Digital Officer, CDO — руководителя цифрового развития компании.

Здесь к месту вспомнили отличную цитату Сэмюэля Бекетта:

“Ever tried. Ever failed. No matter. Try again. Fail again. Fail better” — «Сколько раз пытался, столько ошибался — ну и что. Попробуй ещё раз. Ошибись снова. Ошибись лучше».

Основной корпоративный капитал сегодня — культура компании, формирующая взаимодействие талантов сотрудников, трансформирующая экспертизу специалистов в прибыльные методы производства продуктов и сервисов. Эта культура — не технологии, роботы или компьютеры. Она живет в головах сотрудников, которые развивают ее всё время и передают новым коллегам. Культура компании, человеческие отношения — основной инструмент развития цифровых возможностей компании.

В этой связи быть энтузиастом, генератором инноваций через поощрение и развитие творческого духа команды — сегодня основной инструмент руководителя для развития компании. Заинтересованность, искренняя страсть вице-президентов к своей работе, цифровым инструментам, продуктам и сервисам видна была в каждой презентации команды Henkel. Эта страстная заинтересованность — основа роста бизнеса. Руководители компании создают условия, например, поощряют общение и управляют развитием банка знаний компании, поддерживают сообщество компании в цифровых пространствах коммуникаций (Slack, Yammer). Обеспечивают психологическую безопасность команд в экспериментах, отсутствие страха перед ошибками — по-другому не создать новых продуктов и сервисов. Учат своими примерами настойчивости и упорству — без чего не добиться результатов.

СЕМЬ КРИТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ (CSF) ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ КОРПОРАЦИИ: ВЫВОДЫ HENKEL



ИЗВЛЕЧЕННЫЙ УРОК

В независимости от размера и возраста корпорации: глубокое, детальное понимание потребителя, работа с отраслевыми дисрапторами, создание и развитие консорциумных экосистем, использование цифровых производственных технологий Индустрии 4.0, вывод на рынок собственных цифровых и киберфизических продуктов, не следование, а создание трендов и, наконец, развитие культуры инноваций — вот основные слагаемые результативности в мире быстро изменяющихся цифровых технологий.

ПЛАТФОРМА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ КОРПОРАЦИИ: КЕЙС HENKEL



Авторы

Чуранов Василий Сергеевич

Сооснователь проекта АИС "Диспетчер", директор по продукту

Чуранов Сергей Александрович,

Сооснователь проекта АИС "Диспетчер", технический директор

Туманов Анатолий Александрович

Системный аналитик

Глава 9

Мониторинг оборудования как фактор роста эффективности

Резюме главы:

Тотальное внедрение на реальном производстве компьютерных средств сбора данных о состоянии и измеряемых параметрах оборудования создает основу для непрерывной оценки показателей эффективности и реагирования в режиме реального времени на ситуации, требующие вмешательства.

Разнообразие показателей эффективности, их оперативное доведение до широкого круга пользователей и ЛПР, предоставление удобных средств расширенного анализа показателей и тенденций позволяют рассматривать современные системы мониторинга в качестве важной платформы комплекса управления производством.

Сбор и обработка данных о техническом состоянии оборудования и его узлов существенно расширяет диагностические возможности систем класса МДС, обеспечивая за счет предиктивного анализа своевременное принятие мер, обеспечивающих бесперебойную работу оборудования и продление сроков эксплуатации.

1 КТО ИЗМЕРИТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ?

Проблема оценки эффективности существует столько, сколько человек занимается производительным трудом. Да и вообще любую деятельность принято измерять – сколько сделано, за какое время сделано. Также производителей любого масштаба уже с незапамятных времен волновали качество продукции и, тем более, огорчительные потери из-за бракованных либо вовсе испорченных изделий и заготовок.

Например, хозяин кузницы просто не мог не сравнивать эффективность своих работников. Так что он и в производительности труда знал толк, и качество подков или мечей не обходил вниманием. А уж за допущенный брак мог и побить работника. Все правильно, нормальный хозяин сам проводит мониторинг своего производства.

Современное производство как сложная динамически изменяющаяся система характеризуется множеством параметров, в той или иной степени влияющих на эффективность. Среди них могут быть такие, как совокупное время простоев оборудования или время замены инструмента. Могут повлиять на эффективность и текущие характеристики режимов технологических процессов, например, скорость подачи режущего инструмента или параметры энергопотребления станков. Но как можно все это измерять? А если удастся измерить, то что делать с полученными результатами? Ведь абсолютные значения параметров если и говорят о чем-то, то лишь узкому кругу специалистов, хорошо знающих именно это конкретное оборудование и достаточно давно с ним работающих. Но даже и эти абсолютные значения могут иметь совершенно разный смысл при выполнении разных технологических

операций, изготовлении разных деталей, выполнении разных производственных заказов. Да и нет обычно сил человеческих, чтобы подробно и пристрастно изучать все множество производственных параметров. Есть дела поважнее, за которые с тебя реально спросят. Например, необходимо обеспечить выполнение заказа в требуемые сроки, и некогда при этом вдаваться в подробности работы оборудования.

Однако многим хозяйственникам давно стало понятно, что мониторинг работы оборудования, то есть, непрерывный оперативный контроль и регистрация значений важнейших его параметров могут существенно повысить уровень осведомленности управленцев разного уровня о ходе производственных процессов.

Отсюда уже недалеко до определения важнейших показателей эффективности. Например, насколько плотно загружено оборудование? Эффективна ли работа конкретных операторов-станочников, причем на разных

станках и в разную смену? Кстати, вот она, пресловутая третья (ночная) смена. Интересно, чем реально занимаются во время этой смены рабочие? Не гонят ли брак? Или, не хочется в это верить, но не изготавливают ли «левую» продукцию?

А еще, и это не секрет, не всегда все ладно в столь сложном хозяйстве, как завод. Или цех. Или производственный участок. Всякое там случается, и аварии, и сбои в подаче материалов, и неверно выбранная управляющая программа для ЧПУ. Понятно же, что своевременное выявление таких особых ситуаций, требующих незамедлительного вмешательства, может способствовать оптимальной управляемости производственными процессами. А оперативный анализ показателей, характеризующих производительность, качество и иные критерии эффективности производства, поможет принять меры по улучшению основных экономических результатов предприятия.

РИС 1. СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ – ОСНОВА ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.



На предприятиях любого масштаба и любой отрасли, особенно в условиях рыночной конкуренции, вопросы оценки эффективности всегда как-то решались. Они и будут как-то решаться, пока есть работа, есть заказы и все сопутствующие условия для промышленной деятельности.

Но традиционные, основанные на человеческом контроле, процессы мониторинга сами по себе довольно затратны и нередко имеют сомнительную результативность и достоверность. Конечно, учет продукции и брака, расчеты всевозможных штучно-калькуляционных времен и коэффициентов производительности, подсчет полезного и потерянного времени постоянно заботят собственников и производственников. Поэтому и трудятся на предприятиях, не покладая рук, многочисленные специалисты учета, расчетов, отчетности и анализа. Но не секрет, что содержание штата этих уважаемых и высококомпетентных работников прилично увеличивает условную себестоимость продукции. Однако фактическая полезность и эффективность этих людей далеко не всегда соответствует даже уровню эффективности применяемого производственного оборудования. Проблема эффективности самих процессов производственного мониторинга актуальна даже при простом массовом производстве. А современное производство – это все чаще сложная система, выпускающая широкий ассортимент мелкосерийной продукции. И все более важно найти ответ на вопрос, как реально проконтролировать такую систему, измерить ее эффективность и получить наглядные показатели, например, в графическом виде (рис. 1).

Реализация процессов контроля, регистрации, быстрого реагирования и анализа ситуаций в современных условиях требует инновательной перестройки в структуре информационного обеспечения предприятия и изменения подходов к методам управления производством. Современные производственные системы

состоят из множества элементов, для которых необходимо одновременно решать несколько типичных управленческих задач, например:

- Максимально загрузить производство заказами, но при этом избежать возникновения «узких мест» технологической цепочки
- Задать оптимальную производительность оборудованию, так чтобы продукции выпускалось много, цикл изготовления был минимален, а износ станков постоянно контролировался, позволяя заблаговременно планировать надлежащие меры по продлению сроков службы
- Выдержать контролируемые параметры технологических процессов, так чтобы качество изделий было обеспечено на требуемом уровне
- Своевременно обнаруживать и оперативно устранять нештатные ситуации, препятствующие равномерной и надежной работе по исполнению производственных заданий.

РИС. 2. СТАНОК С УСТАРЕВШИМ УСТРОЙСТВОМ ЧПУ МОЖЕТ БЫТЬ ПОДКЛЮЧЕН В ЛВС ПОСРЕДСТВОМ ТЕРМИНАЛОВ-РЕГИСТРАТОРОВ. ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АППАРАТНЫХ УСТРОЙСТВ ПОЗВОЛЯЕТ ОБЕСПЕЧИТЬ 100% ПОКРЫТИЕ ЛЮБОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ВКЛЮЧЕНИЕ ЕГО В ЕДИНУЮ СЕТЬ МОНИТОРИНГА.



Множество параметров для множества одновременно работающих, изнашивающихся, простаивающих или вообще почему-то выключенных элементов производства способна «охватить взглядом» только компьютерная система сбора и обработки данных. Причем система достаточно мощная, надежная и наделенная высокоразвитым программным интеллектом. Сейчас вряд ли какой-то руководитель готов содержать в цехах армию учетчиков, хронометрирующих и регистрирующих хотя бы важнейшие производственные характеристики. Не станет никто и в офисах плодить другую армию – аналитиков, обрабатывающих собранную информацию и, спустя время, формирующих для руководства выводы и предложения по управлению производством?

Если же представить, что некоторое условное предприятие выбрало путь компьютерного мониторинга состояний, параметров и прочих характеристик производственной системы, то картина будет заметно отличаться от традиционного человеко-машинного производства. Мы увидим, что в нужных местах установлены датчики,

контроллеры и прочие аппаратные средства, призванные собирать подробнейшую картину изменения состояний и характеристик элементов производства. Для создания равных условий сбора информации, как от современного оборудования, содержащего встроенные средства выдачи данных о своем состоянии, так и от устаревшего, но все еще полезного оборудования, используются специализированные аппаратные устройства (рис. 2)

Для управления сбором данных установлены необходимые компьютеры и программы приема, первичной обработки и накопления информации. Но можно ли уже говорить, что мы достигли всестороннего и действенного контроля и управляемости? Или хотя бы только контроля? Сомнительно. Максимум, что мы имеем от этого обширного потока свежей и достоверной первичной информации, так это возможность реагировать на некоторые нежелательные или вообще аварийные ситуации.

РИС. 3. ДЕТАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЗВОЛЯЕТ ВЫЯВЛЯТЬ НЕЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.



То есть, мы пока что обеспечили себе, больше на словах, невиданный ранее уровень осведомленности о состоянии производства. В том смысле, что огромные массивы полученных данных зафиксировали все колебания и трепыхания всех элементов производственной системы. Людей, кстати, тоже – мы теперь знаем, кто работает, а кто конкретно и где – простаивает. Знаем, когда рабочий пришел к станку и начал выполнять задание. Многого знаем. Но вот как в этом всем разобраться? И в чем именно нужно разбираться? Мы же хотели, как минимум, узнать эффективность производства и его важнейших элементов.

Именно для таких целей система мониторинга должна также уметь оценивать эффективность в понятных человеку показателях, делать это максимально быстро, предоставляя при этом максимальный сервис для поиска причин и факторов, влияющих на эффективность (рис. 3).

Генеральный директор, озабоченный вопросом инвестиций в приобретение дорогостоящих станков с ЧПУ для выполнения производственной программы, может получить от системы мониторинга неожиданные и полезные сведения. Допустим, он годами привычно подписывал приказы о выходе на работу в выходные дни для особо ценных работников, способных поправить дела с выполнением плана. И выплачивал, как того требует закон, удвоенные и утроенные тарифы. Но однажды наш директор решает воспользоваться недавно установленной и уже накопившей информацию за несколько недель системой мониторинга. И открывается ему странная картина – коэффициент загрузки станков в целом по заводу что-то уж подозрительно низкий – всего лишь 25 %. А работаем в три смены, да еще и выходные прихватываем...

Вооружившись системой автоматизированного формирования и доведения до пользователей ключевых показателей эффективности, руководители предприятия и подразделений

смогут точно определить, где, когда и кем допущены производственные провалы и ошибки, какие тенденции по эффективности имеют место, какие причины простоев вносят наибольший вклад в потери полезного времени.

Предоставляемые системой мониторинга показатели эффективности действуют для руководителей как очки для замутненного зрения. Сразу становится понятно, что где происходит и что было раньше, обнаруживаются тенденции и выявляются слабые места. Появляется основательная почва для принятия управленческих решений. В новых условиях менеджмент может оперативно реагировать на текущие ситуации и тенденции, проводить масштабный ретроспективный анализ производственных показателей, планировать и реализовывать стратегию развития предприятия.

Чтобы внедрить в практику применение результатов мониторинга, предприятию приходится в некотором смысле перестраивать методы контроля и управления. Наиболее трудоемкой задачей здесь становится запуск средств контроля на всех уровнях:

- Наладка непрерывной системы сбора первичной информации
- Настройка информационной базы и определение справочно-нормативных данных, максимально соответствующих специфике предприятия
- Задание особо контролируемых ситуаций и системы оповещений ответственных сотрудников
- Оптимизация набора используемых ключевых показателей эффективности (КПЭ) и определение порядка формирования аналитических отчетов.

Внедрение технологий регистрации событий производства персоналом, непосредственно работающим с оборудованием, имеет важное значение для получения полной картины о состоянии производства. Далеко не все ситуации, возникающие в практической работе, могут быть зарегистрированы

и, тем более, правильно классифицированы автоматизированным способом, требуются организационные и административно-дисциплинарные усилия, чтобы производственный и вспомогательный персонал вносил своевременный и достоверный вклад в информационные потоки о ходе производства.

На уровне управления также требуется переориентация работников на оперативное использование предоставляемых системой мониторинга данных – оповещений, отчетов, производственных электронных журналов.

А на уровне исполнения для этого необходимо адекватно оснастить подразделения средствами сбора и первичной обработки данных мониторинга.

2 ЧЕМ ОБЕСПЕЧЕН МОНИТОРИНГ РЕСУРСОВ РЕАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Производственные ресурсы, такие как оборудование и персонал, а также потоки материально-технического обеспечения технологических процессов предприятия традиционно выступают в роли объектов, используемых при исполнении решения управленческих субъектов – руководящего менеджмента предприятий и корпораций, плановых и диспетчерских подразделений. Приоритетность уровней управления перед исполнительными уровнями не просто отражает иерархию подчиненности на предприятии. Сложность задач управления и планирования, тем более, в условиях меняющегося состава продукции, постоянного усовершенствования конструктивно-технологических параметров изделий и быстро меняющейся рыночной ситуации, естественным образом создает определенный перекоп информационной оснащенности в сторону «офисов заводууправления» и «офисов проектирования». И хотя непосредственное производство также во все возрастающей степени оснащается компьютеризованными средствами – устройства ЧПУ, измерительные машины – реальную информационную

картину происходящего на производстве управляющие структуры предприятия получают не в полной мере и не сразу. Для решения проблемы неадекватной информационной отдачи от производственной системы все большее значение имеют компьютеризованные системы мониторинга работы оборудования и персонала. Возросшая удельная вычислительная мощность современных процессоров и успехи в их микроминиатюризации позволяют непосредственно на производстве решать задачи не только сбора огромного количества сигналов об изменении состояний основного и вспомогательного оборудования и отдельных его узлов, но и первичный анализ информационных потоков с быстрым выявлением особо контролируемых ситуаций.

Первичная обработка собранной производственной информации - важнейшее звено технологии мониторинга. Фактически каждый полученный системой мониторинга пакет данных о состоянии станка или каждое текущее значение тока шпинделя имеют какой-то смысл, только если они четко сопоставлены конкретной производственной ситуации или, другими словами, контексту выполнения работ.

Это означает, что для конкретного информационного элемента всегда должны быть известны такие параметры текущего момента, как объект-источник информации и актуальные свойства этого объекта, реквизиты производственного задания, технологические характеристики выполняемой операции, сведения об оперативном персонале, инструменте, оснастке и т.д.

Наличие в системе мониторинга максимально полной информации по оборудованию, производственным заданиям, технологии, управляющим программам (УП) для станков с ЧПУ может быть обеспечено двумя способами, а на практике – сочетанием этих двух способов. Первый способ – ведение информационной базы по ресурсам

производства, выполняемым заказам, технологии и т.п. непосредственно под управлением системы мониторинга. Данные при этом вводятся, корректируются, выбираются наиболее удобным способом для пользователей системы мониторинга. Однако имеет место параллельное ведение определенных видов информации в двух информационных «ведомствах» – в системе мониторинга и в управленческих системах предприятия. Второй способ – интеграция информационных объектов системы мониторинга с внешними управленческими информационными системами. Вопрос интеграции далее рассматривается более подробно. Как правило, чисто первый или второй способ не используется, и хорошим компромиссом является обеспечение импорта и экспорта из вспомогательных файлов.

Проблема информационной связности и синхронизации имеет важнейшее значение, так как от ее корректного решения сильно зависит достоверность и качество (полнота, детальность) результатов, получаемых от системы мониторинга. Особенно это актуально в условиях изменяющегося состава продукции, постоянного усовершенствования конструктивно-технологических параметров изделий и быстро меняющейся рыночной ситуации.

Современное реальное производство само по себе уже в большой степени охвачено информационными технологиями и содержит определенные каналы выдачи фактической информации об изменяющемся состоянии оборудования и иных элементов производства. Традиционно эти информационные каналы, а обычно и средства отображения данных, локализованы на рабочих местах (стойки УЧПУ, контроллеры, контрольно-измерительные приборы, иные средства автоматизации) и обычно не дают полной комплексной картины протекающих технологических процессов и динамики изменения состояния производственных ресурсов даже по цеху или участку. Внедрение на пред-

приятии развитой системы мониторинга существенно расширяет информационные потоки между реальным производством и управленческими «офисными» системами проектирования, планирования, учета и обработки данных. При этом система мониторинга как первоисточник оперативно поступающей фактической информации играет важнейшую роль, так как обеспечивает достоверность и объективную конкретность данных после их первичной обработки и, тем более, после проведения в реальном времени расчетов основных производственных характеристик и показателей эффективности. Управленческие информационные системы в данном контексте выступают потребителями, ожидающими все новых порций отчетности с реального «поля битвы». В то же время умение адекватно настроенной системы мониторинга выявлять особо важные ситуации придает ей роль своеобразной спецслужбы предприятия, гарантирующей быстрое решение проблем и их профилактирование на ранних стадиях.

3 МОНИТОРИНГ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Неверно было бы рассматривать систему мониторинга, только как «заготовительный информационный цех», обслуживающий исключительно управленческие уровни предприятия. Ряд функциональных возможностей такой системы может использоваться для непосредственного контроля происходящих процессов со стороны производственно—технического руководства уровня цеха или участка. Функционал отображения работы станочного оборудования в режиме реального времени (графическая линейная диаграмма, подкрепленная табличной статистикой и визуальной картиной динамически изменяющихся состояний станков на планировочной схеме цеха) позволяют мастеру или руководителю наглядно обнаруживать проблемные ситуации, возникшие за последнее время, обычно, в масштабах рабочей смены. Особенно действенным и глубоким такой контроль будет в случае ак-

тивного использования технических данных о рабочих характеристиках станков при выполнении технологических операций. Сбор системой мониторинга таких данных, измерение важных физических параметров станков и отдельных узлов оборудования образуют богатую «доказательную базу», позволяющую, не отходя от компьютера и не приближаясь к рабочим местам, делать выводы о состоянии и качестве выполнения сменных заданий операторами станков и даже о производственно-технологической дисциплине.

Несколько примеров:

На линейной диаграмме реального времени видно, что станок остановился и перешел в состояние необоснованный простой. Оператор должен был ввести причину простоя, но не ввел. Возможно оператора вообще сейчас нет у станка. Налицо явная потеря трудовой эффективности и задержка выполнения плана.

Беглый анализ затрат времени по причинам простоя показывает, что наладка одного из станков занимает значительную долю времени смены. Если такая картина будет продолжаться долго, то за год фактически получается большой объем произведенной продукции. Напрашивается вывод об установке средств автоматизации наладочных операций (установки, точного позиционирования, измерения), таких, как приборы компании ReniShaw.

Станок остановлен по причине «Неисправность механики». Предусмотренное в системе мониторинга автоматическое уведомление в сервисную службу было отправлено через 2 минуты. Но ремонтник пришел к станку только через 2 часа, и через 15 минут проблема была исправлена. В итоге потери для предприятия составили - 2 часа рабочего ресурса станка, не подтвержденная трудом зарплата оператора, вынужденного эти 2 часа ждать ремонта, стоимость произведенной продукции.

Другой неблагоприятный для пред-

приятия случай - оператор уходит на обед, но не выключает станок. В результате - потери электроэнергии.

Или такая ситуация. Анализ диаграммы состояний станка в реальном времени показывает, что оператор запустил управляющую программу, и вроде бы начата обработка детали. Но при проверке текущих параметров потребляемого тока и мощности выясняется, что сейчас фактической обработки детали нет - станок режет воздух. Имеет место имитация деятельности, и система мониторинга позволяет, без посещения цеха обнаружить такое нарушение трудовой дисциплины.

Но и при реальной обработке возможны нежелательные явления, которые также способна выявить система мониторинга.

Например, анализ технологических параметров станка свидетельствует, что оператор с помощью корректора подачи уменьшил скорость до 50%. Это ему позволило уйти на перекур или расслабленно отдохнуть до обеда. Результат - снижение производительности на 30%, отставание от плана, наконец, малозаметный, но реальный вклад в финансовые потери предприятия. Но может быть и иной, также пагубный для предприятия сценарий. После устроенной себе паузы оператор переведет станок в ускоренный режим, чтобы нагнать упущенное. И это, скорее всего, повлечет неоправданный износ инструмента и прочие потери.

Еще пример. Просмотр технологических параметров показывает, что корректор подачи выставлен на 1,5. По анализу измеряемых параметров также видно, что станок работает вне допустимой зоны по нагрузке. Через 18 часов такой работы это приведет к поломке инструмента и повышенному износу механических узлов станка. Кроме того, вероятность появления брака повышается на 20%.

Можно с помощью функций системы мониторинга быстро распознать и такую ситуацию. Диаграмма состояния станка показывает, что оператор продолжает работать после окончания рабочей смены. Но в жур-

нале изготовления деталей не появляются факты производства продукции. Похоже та то, что работа шла совсем не по сменному заданию. Допустим, станок проработал для непонятно чего всего 2 часа. Но для предприятия это опять затраты электроэнергии, износ инструмента, прочие накладные финансовые потери.

А вот еще такое отклонение. Станок перешел в повышенный режим токовой нагрузки, не соответствующей нормативу для выполняемой технологической операции. Значит, возможно, независимо от оператора или по его невнимательности нарушен режим работы. Обнаружившая это обстоятельство система мониторинга формирует уведомление самому оператору или другому ответственному лицу. Узнав о произошедшем, оператор возвращает станок в нормальное состояние.

4 АДАПТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Большой объем данных, собираемый и накапливаемый системой мониторинга, не может сам по себе дать управленческий эффект и должен оперативно обрабатываться с целью формирования понятных человеку и адекватно отражающих ситуацию расчетных значений – показателей эффективности. Многообразие таких показателей, ориентированных на различные аспекты состояния производства, а также специфические особенности предприятий, производственных подразделений, видов продукции и способов организации технологических процессов усложняют задачу формирования универсальных и наглядных критериев эффективности. Эта сложность преодолевается в современных системах мониторинга за счет использования гибко настраиваемых математических моделей расчета ключевых показателей эффективности (КПЭ), а также при помощи классификационной унификации производственных параметров, которая позволяет существенно снизить зависимость от специфики производства, оборудования и

продукции.

Даже для хорошо отлаженного и отпрофилактированного предприятия поддержание производственных показателей на высоком уровне является постоянным императивом. Ради этого средства оперативного расчета и отображения таких показателей, в какой бы информационной системе они ни формировались, управленческой или производственной, должны всегда быть наготове и соответствовать действующим организационно-технологическим правилам и методикам. Разнообразие правил и методик расчета, специфика влияния тех или иных составляющих производственного времени, принятой практики количественного учета и оценки качества, особенностей оцениваемого оборудования – все эти реалии вынуждают избегать чрезмерно упрощенного и унифицированного подхода к получению данных по показателям эффективности. Учитывая сказанное выше, можно лучше понять, почему однотипные методы оценки эффективности далеко не всегда применимы на разных предприятиях и даже в разных цехах одного предприятия. С этой точки зрения наличие в аналитической подсистеме средств гибкой настройки способов расчета КПЭ представляется не менее важным качеством системы мониторинга, чем ее умение учитывать, например, приоритеты различных одновременных состояний оборудования при определении статистических показателей.

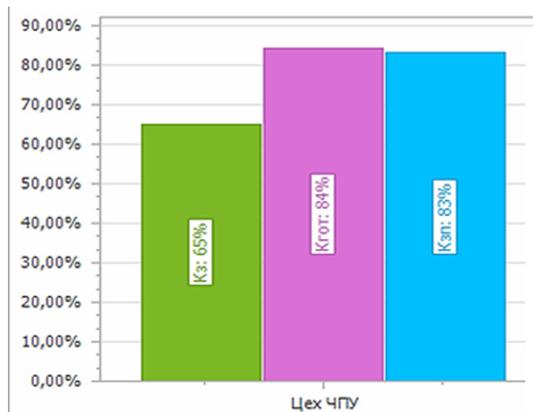
Поскольку в составе первичных данных, формируемых системой мониторинга, важнейшую роль имеют измеренные автоматически интервалы длительности различных состояний, дополненные или сформированные с участием измеренных значений других физических величин (токов, мощности, температуры и т.д.), то своеобразие классификационных наборов состояний, равно как и их иерархическая подчиненность до крайности усложнили бы разработку и эксплуатацию подсистемы расчета показателей эффективности в масштабах предприятия. Именно поэтому в хорошо продуманной си-

стеме мониторинга закладывается уровень групп из близких по смыслу состояний (в том числе, состояний, соответствующих различным причинам простоя оборудования). Использование групп дает немалые выгоды с точки зрения простоты адаптации расчетных механизмов к имеющейся специфике отдельных подразделений и даже отдельных единиц оборудования. В не меньшей степени гибкость настройки обеспечивается возможностью выбирать наиболее подходящие к конкретному случаю формулы расчета, использовать масштабирующие коэффициенты, включать или исключать из расчетов те или иные производственные характеристики и вспомогательные показатели. В определенных пределах пользователи на предприятиях могут даже формировать свои собственные показатели эффективности, а система мониторинга в части аналитических отчетов предусматривает отдельные возможности по включению пользовательских КПЭ в формируемые отчеты. Что касается конкретных КПЭ, то для примера рассмотрим

5 О ЧЕМ ГОВОРЯТ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Чтобы лучше понять, как можно с помощью КПЭ оценивать состояние производственной системы или ее части (цеха, участка, станка), рассмотрим использование нескольких коэф-

РИС. 4. АНАЛИЗ КПЭ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА.



фициентов, характеризующих загрузку оборудования реальной работой.

Коэффициент загрузки (Кз) станка показывает, какую часть от заданного фонда рабочего времени станок реально выполнял обработку деталей, то есть производил продукцию. Идеальный случай, когда $K_z=1$, соответствовал бы абсолютно непрерывной работе станка под нагрузкой. Для дискретного производства это, пожалуй, недостижимый уровень, потому что замена обрабатываемых деталей, замеры и иные манипуляции по проверке качества обработки, замена инструмента, переналадка станка на другой вид обработки и т.п. вспомогательные операции неизбежно «отнимают» время от фонда рабочего времени. Поскольку вышеприведенные виды вспомогательных операций нельзя отнести к явным непроизводительным потерям, представляет интерес другая разновидность коэффициента загрузки оборудования.

Коэффициент производственной загрузки (Кзп) определяет долю производственного (штучно-калькуляционного времени) по отношению к фонду работы оборудования. Здесь уже учтено не только машинное время станка, но и время полезных вспомогательных операций, при которых станок не производит обработку деталей.

В реальной жизни производства в целом, отдельных подразделений или даже единиц оборудования имеет определенную важность и такой показатель, как коэффициент готовности.

Коэффициент готовности оборудования (Кг) равен доле доступного времени (когда станок может производить продукцию) по отношению к фонду рабочего времени. Здесь имеется в виду оценка способности станка выполнять полезную работу, то есть быть исправным, подготовленным к выполнению производственных заданий.

На рис. 4 приведен графический пример соотношения рассматриваемых КПЭ. Посмотрим, какие выводы может сделать ру-

ководитель или ответственный сотрудник предприятия, получив от системы мониторинга такие значения показателей. Причем, не столь важно, к чему относятся показанные графики – к заводу, цеху, участку или отдельному станку. Также неважно, какой именно период времени оценивается в полученных показателях – рабочая смена, сутки, неделя, месяц, квартал.

Вывод 1. Оцениваемое оборудование, судя по значению K_g не всегда было готово к работе. Причины могли быть разными, и потери времени могли объясняться техническими простоями (ремонт, техобслуживание), организационными причинами (отсутствие электроэнергии, общественно-политические мероприятия и т.п.). А может быть и так, что оборудование какое-то время просто не использовалось (не было подходящей работы, отсутствовали человеческие или материальные ресурсы для работы). В данном случае уместно говорить и о наличии определенного резерва мощности производственного оборудования, оцениваемого по K_g .

Вывод 2. Поскольку $K_{зп}$ в данном примере ниже по значению, чем K_g , то к вышеперечисленным причинам неиспользования оборудования добавляются еще какие-то потери. Можно достаточно уверенно сказать, что такие потери связаны с нерегламентированными простоями оборудования. Последние, как правило, связаны с нарушениями трудовой дисциплины, например, неоправ-

данным отсутствием операторов-станочников на своих рабочих местах – длительные отлучки, перекуры и т.п. Понятно, что большие значения разности K_g и $K_{зп}$, неважно, в относительно или выраженном в часах вариантах, это хороший повод принять меры по укреплению трудовой дисциплины.

Вывод 3. Когда, как в приведенном примере, значение K_z заметно ниже, чем значение $K_{зп}$, то здесь есть пища для размышлений иного рода. Например, не слишком ли технология изготовления продукции «грешит» вспомогательными операциями, при которых станки простаивают, а операторы заняты ручным трудом? Уместно рассмотреть ситуацию с двух сторон. Со стороны технологической дисциплины – не слишком ли медленно рабочий персонал выполняет вспомогательные операции? И со стороны качества подготовки технологических процессов – почему так велика доля времени на вспомогательные операции? Не пора ли их модернизировать, применив средства автоматизации, специальную оснастку, такую, как контрольно-измерительные машины? Для иллюстрации рассмотренных в данном примере и некоторых дополнительных характеристик рабочего времени на рис. 5 приведена схема составляющих рабочего времени, используемая в системе мониторинга.

РИС. 5. СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВРЕМЕНИ И МЕСТО В НЕЙ ОСНОВНЫХ КПЭ.

Готовность оборудования K_g (Доступное время)			Недоступное время			
Производственная загрузка $K_{пз}$ (штучно-калькуляционное время)						
Загрузка станка K_z (машинное время)		Производственный простой	Нерегламен . простой	Технический простой	Организан. простой	Неиспол. время
	<i>T_{маш}</i>	<i>T_{прос.пр}</i>	<i>T_{прос. нр}</i>	<i>T_{прос.тех}</i>	<i>T_{прос.орг}</i>	<i>T_{выкл}</i>
<i>Факт</i>	65%	19%	1%	10%	3%	2%
<i>План</i>	75%	14%	1%	5%	3%	2%

6 КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

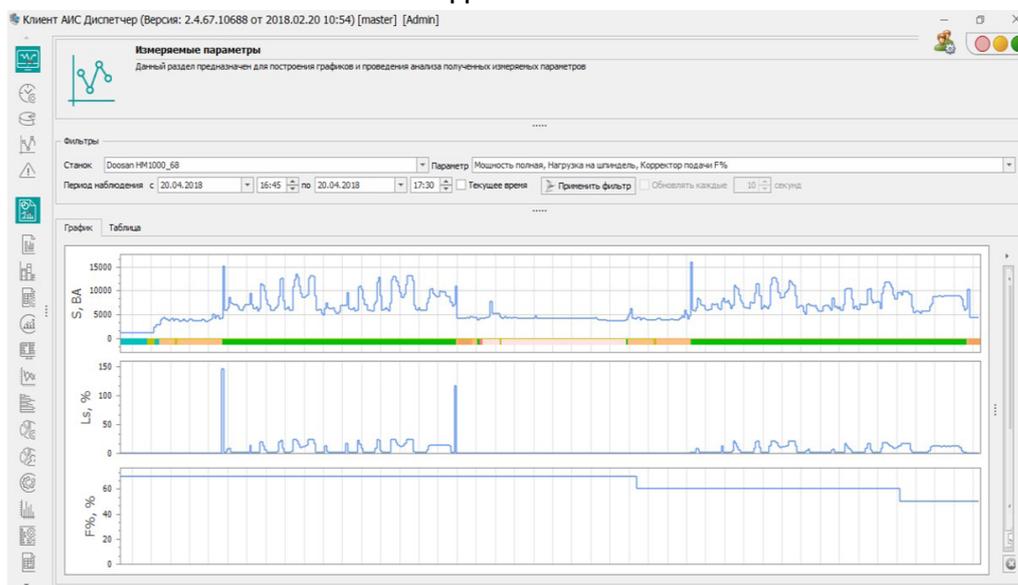
Понятие ОЕЕ (overall equipment effectiveness) широко распространено по всему миру, как удобный критерий оценки производственных систем сразу по трем характеристикам – загрузке, производительности и качеству. Простое перемножение трех соответствующих коэффициентов дает именно комплексную оценку, при которой низкий уровень одной из характеристик, например, коэффициента загрузки, объективно «портит» благоприятную картину, обеспечиваемую хорошей производительностью и хорошим качеством (малым уровнем брака). Принято считать, что показатель общей эффективности оборудования удобен, чтобы дать быструю оценку «здоровья» производственной системы. С этим трудно не согласиться, но при подробном изучении вопроса расчета коэффициентов, входящих в триединую формулу ОЕЕ, необходимо хорошо понимать специфику различных видов производства.

Исторически показатель ОЕЕ был сформулирован для массового производства, построенного по принципу автоматизированной линии. Для

такого оборудования все составляющие определялись достаточно просто. Загрузка, она же готовность, оборудования соответствовала времени, когда автоматическая линия работает. А если линия остановлена, то и загрузки на это время нет никакой. Производительность определялась как величина, зависящая от фактической скорости линии. А качество столь же нехитрым образом зависело от простого подсчета отбракованных изделий.

Если же применять показатель ОЕЕ для иных видов производства, в частности, для дискретного производства, в котором одновременно работают различные станки, на первый взгляд, никак между собой не связанные, но в совокупности производящие некую продукцию, причем разнообразную, с различными объемами партий деталей и изделий, то расчет составляющих комплексного показателя и обеспечивающие этот расчет методы сбора исходной информации таят в себе немалые сложности и проблемы, зависящие от специфики конкретного производства и конкретной производственной программы – состава и объемов производимой продукции.

РИС. 6. СОВОКУПНЫЙ ГРАФИК ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЗВОЛЯЕТ ВЫЯВЛЯТЬ НЕОБОСНОВАННОЕ СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКА.



Однако упрощенный расчет OEE позволяет получить все составляющие производства трех коэффициентов, руководствуясь исключительно данными, собранными системой мониторинга. Коэффициент загрузки при этом определяется за счет точно и беспристрастно подсчитанного машинного времени, характеризующего реальную работу станочного оборудования.

Коэффициент производительности также может быть рассчитан по данным системы мониторинга, для этого наряду с подсчитанным чистым временем обработки деталей будет использован зарегистрированный системой уровень снижения производительности основного узла станка, оцениваемый по изменяемому аналоговому параметру, получаемому непосредственно от системы управления станком. Так на рис. 6 можно наглядно видеть изменение во времени измеряемого параметра,

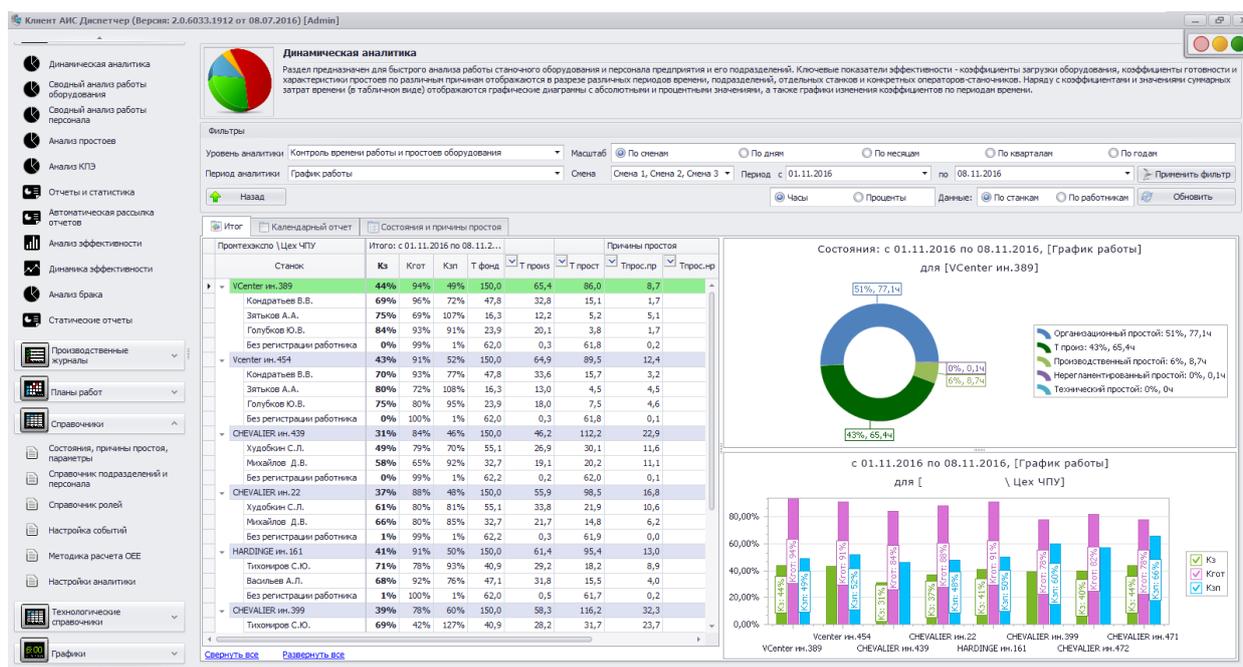
зависящего от корректора подачи (F%) и влияющего на скорость обработки детали.

Что касается качества, то и этот коэффициент возможно получить, оперируя только подсчитанными значениями времен – времени, потраченного на обработку деталей, признанных бракованными, а также времени на исправление или компенсацию бракованных деталей.

7 ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Наличие в системе мониторинга функций отчетности и аналитики создает для потребителей информации о текущей ситуации на производстве удобные возможности анализа производственных параметров и показателей эффективности по различным «измерениям». Оперативная навигация по времени позволяет выявлять тенденции изменения показателей

РИС. 7. ДИНАМИЧЕСКАЯ АНАЛИТИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ И ПЕРСОНАЛА ПОЗВОЛЯЕТ КОНТРОЛИРОВАТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК ПРЕДПРИЯТИЯ, ТАК И ОТДЕЛЬНО ВЗЯТОГО СТАНКА/РАБОЧЕГО. АНАЛИЗ ВСЕЙ ЦЕПОЧКИ ПОЗВОЛЯЕТ ВЫЯВИТЬ ЗВЕНЬЯ С НАИБОЛЬШЕЙ ПОТЕРЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПОНЯТЬ ПРИЧИНУ.



за интересующий пользователя период анализа. Навигация по подразделениям методом «проваливания и подъема» (drill down) помогает быстро обнаруживать элементы производственной системы (цеха, отдельные станки или конкретных работников), вносящие экстремальный вклад в анализируемые показатели (рис. 7).

Определение причин отклонений показателей эффективности от «нормальных» значений является важным способом контроля ситуации на производстве и его отдельных элементах. Огромный объем данных, собранных системой мониторинга, и даже их обработанное, упакованное отрезкам времени, представление, максимально приспособленное для получения аналитических отчетов, не освобождают пользователей от необходимости формировать и изучать множество отчетных данных по интересующим

РИС. 8. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОЗВОЛЯЮТ РЕГИСТРИРОВАТЬ ВРЕМЯ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ, ВНОСИТЬ ОПЕРАТИВНУЮ ИНФОРМАЦИЮ, ВЕСТИ УЧЕТ РАБОТЫ ПО СМЕННЫМ ЗАДАНИЯМ. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ ПОЗВОЛЯЮТ ОРГАНИЗОВАТЬ ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕДАЧУ УП НА СТАНКИ, КОНТРОЛИРОВАТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ВЕСТИ УЧЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, АВТОМАТИЗИРОВАТЬ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ДР.



вопросам, дополнять свои исследования погружением в хронологические производственные электронные журналы. Для аналитиков и руководителей верхнего звена процесс изучения отчетности по показателям эффективности и детальным производственным характеристикам часто связан с анализом данных за большие промежутки времени и по значительному количеству элементов производства.

Особую важность функционал аналитики результатов мониторинга имеет для территориально распределенной корпорации (холдинга).

Возможность системы мониторинга формировать аналитические результаты для различных пользовательских устройств, включая мобильные гаджеты, и доставлять их по защищенным каналам коммуникации в произвольное место существенно обогащает арсенал руководителей производства и их готовность к оперативному принятию управленческих решений.

8 АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПОВЕЩЕНИЕ О КОНТРОЛИРУЕМЫХ СИТУАЦИЯХ И ОТКЛОНЕНИЯХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Система мониторинга с развитой аналитической системой не только снабжает пользователей удобными отчетами и средствами поиска проблемных элементов и процессов. Постоянное использование клиентской программы руководителями верхних уровней нередко затруднено ввиду их хронической занятости и загруженности другими делами. Для снижения затрат времени на формирование нужных отчетов система мониторинга содержит механизмы автоматического доведения нужной и важной информации методом подписки. При использовании этого метода заинтересованным пользователям, обязательно менеджменту высшего уров-

ня, система подготавливает и отправляет в запрошенное время электронные письма с необходимыми отчетами.

Регулярное доведение аналитической частью системы мониторинга отчетов для пользователей о показателях эффективности и оповещений по заранее определенным контролируемым событиям придает комплексу информационных систем производственного предприятия новый, ранее недостижимый, уровень динамизма и реактивности.

Такая система не только уведомляет руководителей среднего звена о возникновении или о неоправданно долгом устранении проблемных ситуаций на производстве, но и может сигнализировать руководству верхних уровней о неблагоприятных тенденциях и фактах снижения эффективности по различным критериям, проявляя тем самым признаки цифровой осведомленности, сопричастности и интеллекта.

Например, показатель «время наладки» в одном или нескольких цехах на протяжении нескольких месяцев постоянно увеличивается как по абсолютной величине времени, так и в процентном отношении к общему времени простоев оборудования. Если в системе мониторинга заложены плановые (нормативные) уровни процента затрат на наладку, то длительное, например, свыше 3 месяцев, превышение такого уровня может автоматически выявляться системой. Соответственно, уведомление о таком явлении, предусмотренное в системе мониторинга, сработает в определенный момент, и будет доведено до ответственных сотрудников и руководства.

9 ИНТЕГРАЦИЯ И ЗАМЕЩЕНИЕ ВНЕШНИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Наделение системы мониторинга функционалом, ориентированным на руководящих и офисных сотрудников, может восприниматься, как пересечение с информаци-

ми системами управленческого уровня. Это обстоятельство в конкретных случаях ставит перед предприятием вопрос выбора и предпочтения. Использование традиционных и мощных управленческих информационных систем обычно не предполагает получение пользователями детальной или обработанной первичной информации из производственной системы. Соответственно, наличие в системе мониторинга развитых функций ввода первичных данных, а также отображения и представления пользователям достоверной и оперативной информации «из первых рук» представляется неоценимым преимуществом, заметно расширяющим и углубляющим арсенал управленцев и офисного персонала.

Современные системы мониторинга позволяют существенно расширить функциональный арсенал работников непосредственного производства. Операторы и вспомогательный персонал при этом получают в шаговой доступности весь необходимый набор средств для быстрого и надежного автоматизированного выполнения как основных производственных, так и подготовительных и сервисных процедур и процессов (рис. 8).

В то же время в таких системах актуальна проблема минимизации пересечения функций и областей применения с традиционными информационными системами управленческого уровня. Это достигается разработкой и применением взаимно согласованных модулей интеграции, обеспечивающих двустороннюю синхронизацию важных данных.

Наличие в системах мониторинга набора конкурирующих или замещающих функций, таких как оперативное планирование и учет выпуска продукции, представляется экономически оправданной альтернативой для предприятий, которые не в полной мере оснащены «тяжелыми» и недешевыми управленческими системами. Не менее важным качеством современных систем мониторинга является наличие оперативной интегра-

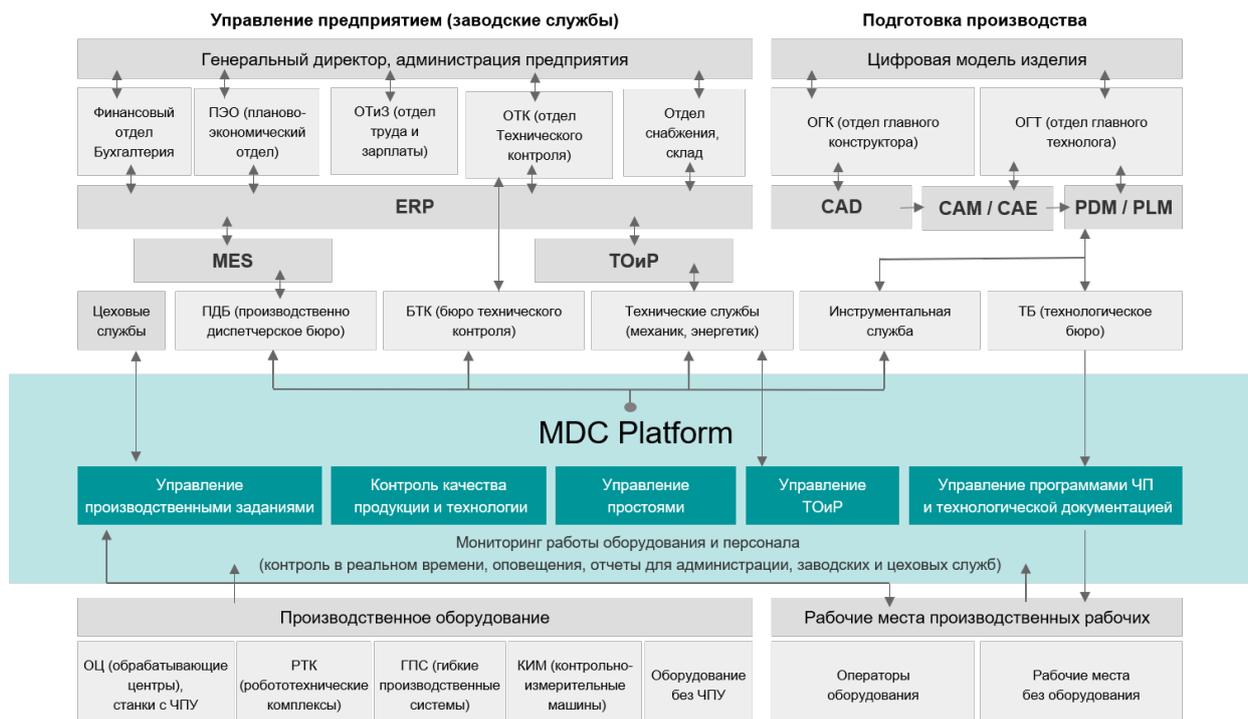
ции с системами класса PDM. В любом случае, независимо от распределения функций между традиционными системами управленческого уровня и платформами, основанными на системах MDC, общая схема подсистем и информационных потоков непременно включает в себя систему мониторинга, как основной источник оперативных и достоверных данных о реальном ходе производственных процессов (рис. 9).

После первичного бурного роста рынка систем мониторинга в России, отметившегося таким феноменом, как практически полное вытеснение или неприятие чисто иностранных систем класса MDC, предприятия, оценившие значение и перспективу систем мониторинга, осознали и проблему интеграции.

Действительно, это лишь на первых порах опытной эксплуатации пользователи могли мириться с необходимостью двойного уче-

та справочно-нормативной информации, такой как структура предприятия, состав рабочего персонала, параметры оборудования и технологических операций. Но очень быстро вопрос синхронизации, импорта, экспорта данных стал требовать все большего внимания. Специфика проблем интеграции разнородных информационных систем подразумевает, что адаптацию нужно проводить, как правило, с двух сторон интеграционного «моста». Соответственно, мало написать программы выгрузки и загрузки данных в систему мониторинга. Необходимо, чтобы внешние информационные системы обладали средствами приема и выдачи данных в сеансах обмена. И не менее важно, чтобы функции обмена данными были поддержаны организационными изменениями в части порядка обновления информации во всех взаимодействующих системах.

РИС.9. МЕСТО СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА ПРЕДПРИЯТИИ.



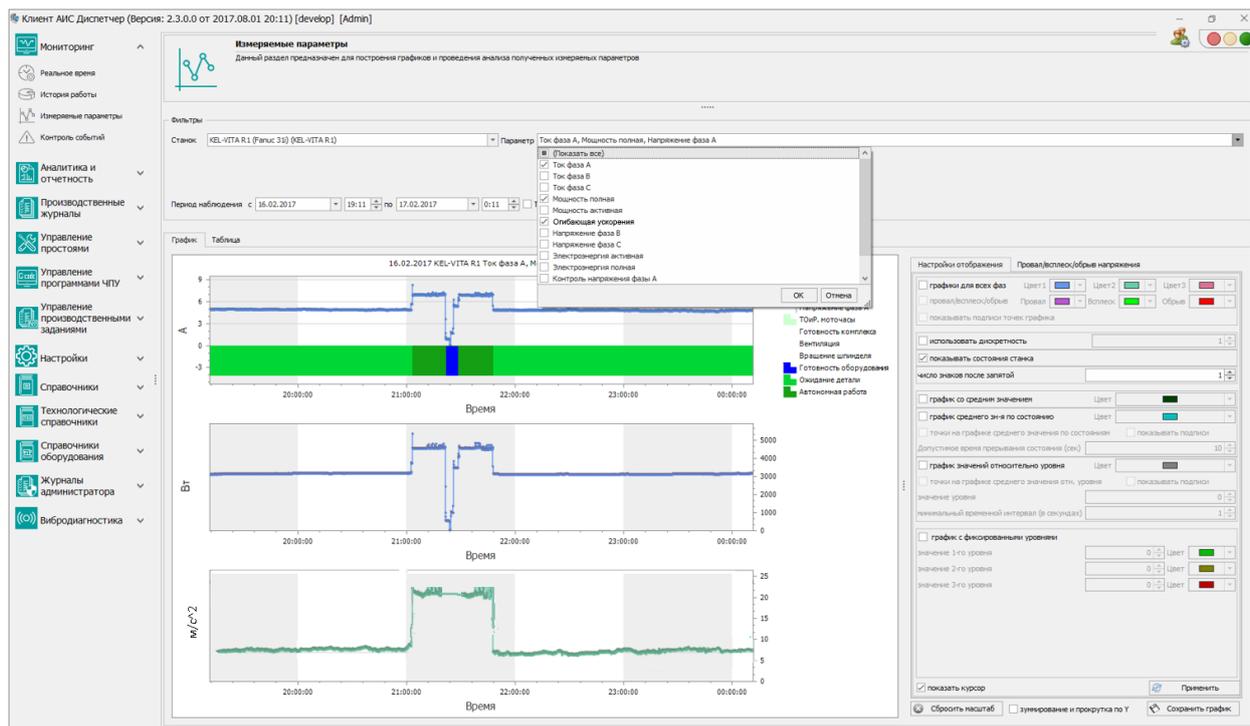
В настоящее время системы мониторинга взаимодействуют с такими управленческими информационными системами, распространенными в России, как 1С:ERP, Галактика, Призма. При этом основное внимание уделяется синхронизации нормативно-справочных данных и оперативному обмену сведениями о планах и производственных заданиях, а также о фактических результатах выполнения этих заданий.

Методы синхронизации могут, в зависимости от специфики предприятия и интенсивности обмена, основываться на файловом импорте-экспорте, вызове функций прикладного программного интерфейса (API) соответствующих программ, организации доступа к базам данных или на комбинации из перечисленных технологий информационного взаимодействия.

10 ПРЕДИКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

Непосредственное информационное взаимодействие устройств мониторинга с программно-управляемым оборудованием, в том числе с вспомогательной оснасткой, приборами и средствами диагностики, позволяет получать насыщенный поток разнообразной информации о меняющихся состояниях оборудования. На основании собираемых и накапливаемых данных можно не только проводить быстродействующий анализ и предотвращать опасные для оборудования ситуации, но и осуществлять углубленную обработку информации, направленную на раннее обнаружение неблагоприятных эффектов и прогнозирование выхода из строя оборудования и его важных элементов.

РИС. 10. ДАННЫЕ ВИБРОМОНИТОРИНГА, СОВМЕЩЕННЫЕ С СОСТОЯНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ, ПОМОГУТ ВЫЯВИТЬ НАРУШЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ, ПРЕДСКАЗАТЬ ВЫХОД ИЗ СТРОЯ ДОРОГОСТОЯЩИХ УЗЛОВ И ПРЕДОТВРАТИТЬ АВАРИЮ.

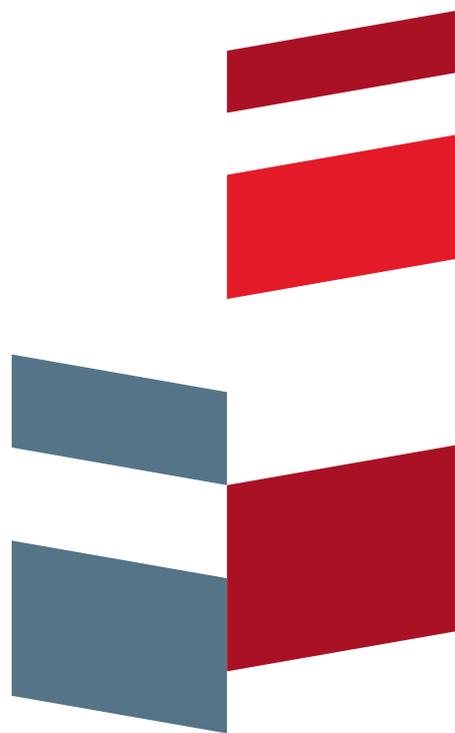


Полный и скрупулезный контроль рабочих состояний станочного и иного оборудования позволяет достоверно оценивать фактическую наработку и сопоставлять ее с паспортными или технически обоснованными сроками и условиями проведения планово-предупредительных ремонтов и регламентируемых видов обслуживания.

Еще большую точность и предсказуемость неблагоприятных факторов эксплуатационного износа узлов станочного оборудования может обеспечить применение средств диагностики. В частности, вибрационная диагностика в комплексе с аппаратными устройствами сбора данных системы мониторинга позволяет не только отслеживать такие характеристики, как вибрационная скорость, вибрационное ускорение, но и сопоставлять их с другими измеряемыми параметрами эксплуатируемого оборудования. Осуществляемый при этом анализ, в том числе, визуальный, дает инженерно-эксплуатационному и ремонтному персоналу богатую информацию для выявления неблагоприятных тенденций и предотвращения выхода из строя важных узлов производственного оборудования (рис. 10).

11 ПЕРЕЧЕНЬ ШАГОВ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ РАСШИРЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

1. Определить цели предприятия, достижимые за счет увеличения эффективности производства
2. Сформировать требования к составу, специфике расчета, особенностям применения показателей эффективности
3. Провести обследование парка производственного оборудования и выявить основные требования к средствам сбора первичной информации мониторинга
4. Реализовать пилотный проект на выбранном производственном участке и получить обратную связь от потребителей отчетной и аналитической информации
5. Подготовить проект расширения парка оборудования, контролируемого системой мониторинга, и перехода к оптимизированной схеме документооборота, отчетности и информирования о состоянии производства.



Авторы

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Игорь Гулянский,

руководитель направления AR ИНЛАЙН ГРУП,

Олег Сковородников

Генеральный директор DT Consulting

Глава 10

Индустриальная носимая электроника как фактор роста производительности труда

Сегодня в ходу уже много различных терминов, так или иначе определяющих значение дополненной реальности (augmented reality, AR). Какому бы из них вы не отдавали предпочтение, основная суть во всех случаях одна – нужные данные в нужный момент времени представлены прямо перед глазами в самом удобном виде, насколько это позволяет текущий уровень развития технологий, а также насколько этого требует выбранный сценарий применения.

По большому счету ничего нового, казалось бы, не произошло, «дополненная реальность» – это, по сути, другой способ преподнесения существующей информации, умные очки как элемент носимой электроники – просто новый способ отображения этой информации.

Но при этом история показывает, что, делая те же операции, но иным способом, можно добиться повышения эффективности процесса и производительности труда в несколько раз.

Технология дополненной реальности позволяет, находясь в реальном мире, с помощью дополнительных устройств, существенно не перекрывающих обзор, увидеть дополнительную информацию об окружающих объектах.

Рынок дополненной реальности сравнительно молодой, поэтому сейчас палитра решений, предлагаемых различными игроками,

растет день ото дня колоссальными темпами. Кто-то пытается технологиями так называемого машинного зрения распознавать камерой умных очков объекты в пространстве и дорисовывать активной графикой дополнительную информацию, удерживая при этом первоначальный объект в постоянном фокусе графики, независимо от перемещения самих очков в пространстве. Кто-то применяет AR в маркетинговых целях, когда, наводя на специальный маркер (например, листок бумаги на столе), человек видит как над маркером начинает появляться объемный мир, сцена, объект. А кто-то, как например, российская компания ИНЛАЙН ГРУП, старается использовать скорее вспомогательную реальность (assisted reality) для повышения производительности труда в промышленном корпоративном сегменте за счет отображения статичных графических материалов для работников производств при выполнении их ежедневных текущих операций. Такой подход, как считают в ИНЛАЙН ГРУП, может позволить при минимальных вложениях уже сейчас получать максимальный эффект от текущего уровня развития технологий и устройств AR.

Перечень областей применения AR ограничен только фантазией: здесь работа и мобильных бригад, и сервисных работни-



ков, и индустрии музеев и других видов развлечений, применение в логистике и сбыте.

Однако, оглядываясь по сторонам, и прежде всего на наших американских и европейских коллег и партнеров, мы видим, что при всем разнообразии предлагаемых на рынке решений ключевыми на данный момент областями применения устройств и технологий AR в корпоративном сегменте являются разного рода инспекции, выполнение операций по шагам, удаленный помощник и складские операции.

При выполнении инспекции/контроля качества решение с применением умных очков позволяет одновременно выполнять все шаги в определенной последовательности, имея перед глазами всю важную для каждого шага графически оформленную и интуитивно понятную информацию. А также с помощью интеграции с действующими ИТ системами заказчика получать данные из производственных систем о состоянии оборудования, при необходимости сразу на месте выполнять корректирующие мероприятия во избежание поломки/отказа.

При выполнении сборочных процедур решение дает возможность последователь-

но вести оператора через процесс сборки, не позволяя пропустить какую-либо операцию, сразу зафиксировать дефект комплектующих, оставить аудио-комментарий на определенном шаге, способствуя улучшению качества процесса. Аналитический компонент позволит анализировать и сопоставлять время типовых операций, находя узкие места и разбирая существенные отклонения по схожим операциям, выполняемым на разных площадках или участках работ.

При выполнении складских операций, полностью освободив руки работника, можно сразу получать задания по комплектации, размещению, внутрискладскому перемещению, инвентаризации, оптимизируя тем самым время текущих операций.

Во всех случаях активно применяется принцип удаленного помощника, когда оператор при выполнении операций в очках делает аудио- видеовызов эксперту, который может находиться в тысячах километров от места событий, но в ту же минуту видеть на экране монитора или планшета ту же картинку, которую видит сейчас оператор, работающий на производственной площадке. В режиме реального времени эксперт подска-

ПЛАТФОРМА XR – ОДНА ПЛАТФОРМА И МНОГО СЦЕНАРИЕВ ПРИМЕНЕНИЯ

СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УСТРОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

ИНСПЕКЦИЯ	ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ	УДАЛЕННЫЙ ПОМОЩНИК	СКЛАДСКИЕ ОПЕРАЦИИ
 <ul style="list-style-type: none"> Инспекционный контроль на соответствие заданных характеристик Визуальный обход на предмет соблюдения установленных требований Контроль состояния оборудования на предмет исправности, целевого использования, анализа параметров и индикаторов Создание цифрового контента знаний 	 <ul style="list-style-type: none"> Сборка изделий по инструкции Сервисное и техническое обслуживание устройства с отображением в онлайн показаний приборов Подключение узлов / агрегатов по инструкции Анализ времени выполнения операций Аналитика по разным участкам, включая классифицированную информацию о выполняемых операциях 	 <ul style="list-style-type: none"> Удаленное сопровождение в ходе выполнения работ Удаленный осмотр местности как независимый эксперт Прием / передача информации в ходе выполнения работ между удаленными участниками Удаленная выдача прав / полномочий на доступ к устройствам, помещениям и др. Удаленное получение новых заданий 	 <ul style="list-style-type: none"> Эффективное выполнение складских операций Минимизация ошибок в следствие человеческого фактора за счет графических инструкций Управление производственной нагрузкой и эффективностью работы операторов / сотрудников склада Повышение скорости выполнения операций

жет, что необходимо предпринять в сложной ситуации или как правильно выполнить тот или иной шаг, если инструкция, загруженная для оператора в умные очки, не покрывает того, с чем он столкнулся в реальном мире.

Работа с умными очками может выполняться полностью голосовыми командами на разных языках, включая русский, а может и кнопками, и жестами, и тачпадами. Производители девайсов стараются представить широкую палитру выбора для своих потребителей, делая устройства как можно менее заметными на голове, при этом сохраняя весь мощный функционал «железа», который важен для реализации самого широкого перечня решаемых задач.

Кто сегодня ключевые игроки на рынке пригодных для промышленности носимых на голове устройств? Это как глобальные игроки ИТ-рынка – Microsoft с очками Hololense, Google с их очками Google Glass Enterprise Edition, Epson с несколькими моделями, подходящими для разных сценариев применения, так и специализирующие только на выпуске умных очков компании Vuzix, RealWear, ODG, Daqri, Meta, Magic Leap и другие.

У одних производителей сделан акцент на качество графической картинке перед глазами на прозрачном экране, другие ориентированы на защиту от падения, пыли- и влагозащищенность, взрывобезопасность, третьи считают, что устройство на голове должно иметь минимум «железа» и «мозгов», и вкладывают в него только функции отображения информации, съемку камерой, а остальное отдают на откуп смартфону, который соединяется с очками по шнуру или по беспроводному доступу.

Пока нет, и, вероятнее всего, не будет каких-то одних очков, подходящих всем под все сценарии. Вероятнее всего, в ближайшие несколько лет другие ИТ гиганты покажут свои модели, рынок устройств поделят между собой 5 – 6 лидеров, которые займут свои ниши, будут ориентированы на определенные области применения. И впоследствии каждая из компаний, прочно занявшая позиции в одном сегменте, будет стараться выпустить модели и отобрать долю рынка у других игроков в смежных для себя сегментах. Кто мог представить, что Lamborghini – традиционный производитель спортивных купе – выпустит внедорожник?!



Какие бы модели очков ни выходили бы на рынок, их главная задача – решать реальные производственные, коммерческие, розничные или иные проблемы, существенно влияя на то, как мы выполняем процесс или создаем совершенно новый процесс, который без умных очков был бы невозможен.

Вот несколько примеров уже подтвержденного практического влияния систем носимой электроники/умных очков на производительность труда производственных компаний:

- Рост скорости сборки сложного оборудования – от 10 до 50%;

- Значительное уменьшение количества ошибок при сборке;

- Данные от оборудования, средств производства, технологических процессов сразу попадают в цифровую систему управления предприятием. Благодаря этому руководитель получает актуальную и качественную информацию, что очень важно сегодня для принятия верных решений;

- Уменьшение временных и финансовых затрат на коммуникации: сотрудник цеха – авторский надзор конструктора и технолога, сервис-инженер – инженеры в компании-производителе оборудования;

- Получение аналитики о скорости выполняемых шагов, сравнение с нормативами, определение bottle neck;

- Оптимизация участков производственной цепочки за счет объединения разных типов операций у одного оператора. Его уже не надо так тщательно и долго учить, система графически покажет и подскажет, что нужно сделать;

- Появляется гибкость в привлечении сотрудников с более низкой квалификацией, поскольку система сводит к минимуму фактор человеческой ошибки.

Существенное влияние такие решения оказывают и на промышленную безопасность: руки сотрудника свободны для операций, тактильные датчики в интеграции с очками постоянно измеряют положение его в пространстве и в случае падения немедленно сообщают на контрольный пульт. В случае перегрева или переохлаждения сотрудника система также может распространять

информацию об этом заинтересованным лицам. При этом при отсутствии покрытия wi-fi все данные могут сохраняться локально на устройстве и в дальнейшем быть проанализированы профильными специалистами. Предмет анализа в данном случае – то, в каких условиях трудились сотрудники, как это влияло на разных участках на их производительность, как это коррелируется с простыми оборудованностями, есть ли зависимость одного от другого и т.д.

Дополнительным плюсом носимой электроники могут быть специальные предупреждения о рисках прямо перед глазами сотрудников. Это, например, может быть пожар на производстве, при котором умные очки показывают кратчайший безопасный путь выхода, а может быть информация перед входом в какое-то помещение об уровне его загазованности, или предупреждение о необходимости использовать СИЗ в этой зоне и т.д.

Уже сейчас российская компания ИНЛАЙН ГРУП предлагает базовые функции решений AR для сборочных производств, где ключевые моменты, указанные выше, решены.

Перед тем, как компания решит внедрять технологии и устройства AR, мы рекомендуем подумать о пяти ключевых компонентах:

Выбор сценария применения

- Он создает новый процесс?
- Он повышает эффективность процесса?
- Он повышает скорость процесса?
- Он повышает качество и достоверность данных процесса?
- Он повышает безопасность процесса?
- Он повышает вовлеченность и лояльность участников процесса?

Выбор подходящих устройств

- Температурные условия эксплуатации устройства
- Наличие необходимых сертификатов на устройства в России
- Время непрерывного ношения устройства

- Совместимость устройства с СИЗ Заказчика
- Наличие необходимых технических характеристик устройства

Определение готовности контента

- Наличие готового цифрового контента у Заказчика
- Готовность Заказчика разработать контент
- Совместимость контента с выбранными устройствами
- Гибкость и масштабируемость контента
- Наличие команды Заказчика по сопровождению и развитию контента

Определение готовности инфраструктуры

- Необходимость и наличие покрытия WI-FI
- Наличие серверных мощностей для развертывания решения и/или платформы
- Необходимость и наличие лицензий на программное обеспечение
- Необходимость и возможность доработки существующих ИТ систем Заказчика
- Обеспечение информационной безопасности данных и решения

Определение границ пилотного проекта

- Определение достижимых целей для пилотного проекта
- Определение функционального и организационного объема проекта

ВОЗМОЖНОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАБОТНИКА СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ XR

Возможности комплексного решения на базе платформы XR:

- Эффективное выполнение производственных операций по сценарию - систематизация каждого действия за счет строгого выполнения по инструкции в очках
- Регистрация неисправностей, дефектов, проблем на производстве во время выполнения своих непосредственных операций
- Коммуникация сборщика и диспетчера (или начальника бригады) во время выполнения операций посредством аудио и видео связи
- Обучение - инструктирование в реальном времени на реальном производственном объекте
- Интеграция с существующими системами (ERP, PLM, MES, АСУТП и др.)
- Учет результатов деятельности и формирование аналитических отчетов
- Управление производственной нагрузкой и эффективностью работы производственных сотрудников
- *Оценка состояния сотрудника - оценка состояния здоровья сотрудника
- *Голосовое управление роботизированными мощностями производства - голосовое и визуальное дистанционное управление оборудованием
- *Предиктивный анализ загрузки производства и потребности в ресурсах
- *Выявление паттернов и зависимостей в работе сотрудников



Комплексное решение предоставляет следующие преимущества:

Прямые:

- ✓ Систематизация деятельности сотрудников в оцифрованном виде
- ✓ Возможность выполнять оперативный мониторинг эффективного выполнения операций в ходе операционной деятельности
- ✓ Возможность анализировать время выполнения операций
- ✓ Минимизация ошибок в следствие человеческого фактора
- ✓ Повышение скорости выполнения операций
- ✓ Получение аналитики на разных участках, включая классифицированную информацию о выполняемых операциях
- ✓ Создание цифрового контента знаний (в том числе, графического) о деятельности по работе на производстве

Косвенные:

- ✓ Перевод инструкций по работе на производстве из бумажных версий в электронные, понятные, графические
- ✓ Создание предпосылок для поиска новых способов оптимизации деятельности
- ✓ Повышение лояльности сотрудников за счет предоставления инструмента сопровождения и совершенствования их деятельности

- Определение команды от Заказчика
- Поддержка со стороны Руководства
- Выделение бюджета

Пилотные проекты помогают ответить на приведенные выше вопросы и при необходимости скорректировать последующие проекты по тем или иным критериям.

Пробовать надо уже сейчас. Если отсиживаться и думать, что настанет день идеального готового решения для вас, этого не произойдет. Компании за счет таких проектов не только повышают эффективность на отдельных участках на внушительный процент, но и нарабатывают цифровой контент, наращивают инфраструктуру, так необходимую в рамках Цифровой экономики и Индустрии 4.0, корректируют и наращивают различные сценарии применения на своих предприятиях. Если ношение умных очков в целом (теоретически) может повысить эффективность какого-то процесса, например, на 30%, то даже если носить очки AR не весь день (поскольку сейчас еще не готовы очки или люди, или другие факторы препятствуют), а только треть рабочего дня, увеличение эффективности может составить 10%, что само по себе уже является внушительным результатом в масштабах крупного бизнеса.

Наш прогноз по ключевым трендам ближайшего времени следующий:

Производителей устройств станет больше, текущие игроки этого рынка сделают прорыв в плане совершенствования устройств к середине 2019 года.

Это произойдет на волне именно первого предположения о пилотных и полномасштабных проектах Заказчиков. В этот рынок просто начнут поступать еще более весомые инвестиции, такие технологии и проекты все больше будут входить в повседневную деловую жизнь.

Сама технология создания графических объектов дополненной реальности станет технически проще и привлечет еще большее количество разработчиков ближе к 2020 году.

Это произойдет неизбежно, поскольку те, кто будут инвестировать в этот рынок, как другие инвесторы, захотят быстрого эффекта, а значит, технология должна стать массовой, а значит, быть достаточно простой, гибкой, интуитивно понятной.



Автор

Щукин Владимир Николаевич
Директор по промышленному интернету
ПАО «Ростелеком» (2016-17 гг.), советник CEO MTX Connect

Глава 11

Индустриальный (промышленный) интернет вещей



«Типовой результат проекта IIoT – кратное повышение эффективности всех участников экосистемы IoT не только в сфере ИКТ и финансов, где продукт может быть создан и потреблен в полностью цифровом виде, но и в отраслях материального производства. Причем по мере роста масштаба этих экосистем их эффективность растет, а не снижается, в отличие от построенных по традиционному принципу кооперационных цепочек.

Следствием проектов IIoT является рост конкурентоспособности, когда претерпевающая трансформацию «традиционная» компания, достигая сравнимой с «технологическими» компаниями эффективности, начинает оцениваться инвесторами по коэффициентам облачных/технологических компаний, таких как Google и Amazon.

Именно динамика акционерной стоимости является основным финансовым результатом перехода на бизнес-модель, базирующуюся на принципах IIoT».

J'son & Partners Consulting

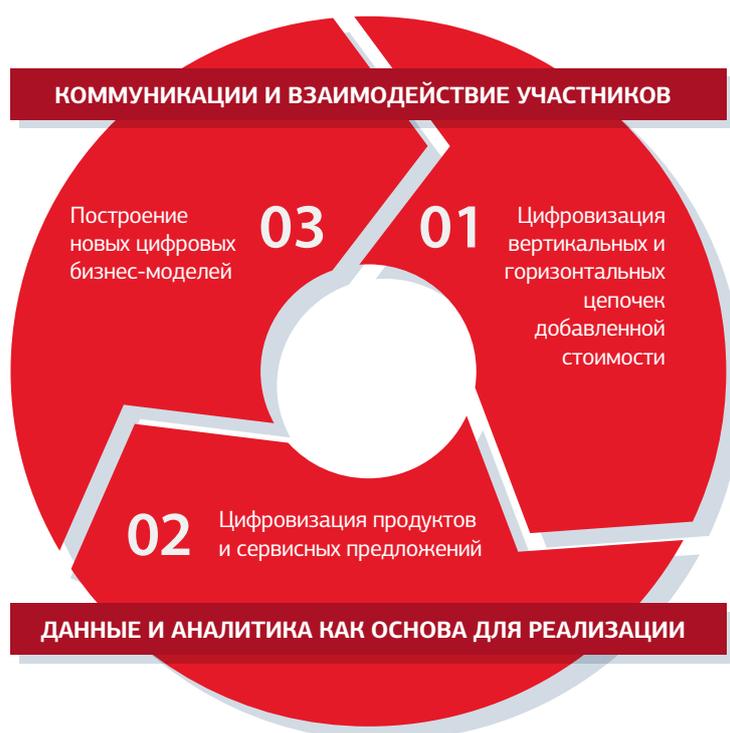
Резюме главы:

Системы индустриального интернета не заменяют все классы и типы существующих систем управления технологическими процессами, но, благодаря новым возможностям информационных и коммуникационных технологий, а также уверенному снижению стоимости датчиков, контроллеров и информационных «облачных» ресурсов, дополняют и развивают цифровой ландшафт предприятия, дают возможность использовать накопленные технологические данные в новом качестве.

Три аспекта для систем индустриального интернета: 1) цифровизация цепочек создания добавленной стоимости, 2) цифровизация продуктов и сервисов, 3) построение новых бизнес-моделей.

Применение «платформенного» подхода для создания новых бизнес-процессов позволяет активно развивать экосистему партнеров предприятия, выстраивать новые межотраслевые взаимодействия в цифровом виде и расширять спектр предлагаемых сервисов.

РИСУНОК 6.1. ТРИ АСПЕКТА ДЛЯ СИСТЕМ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА

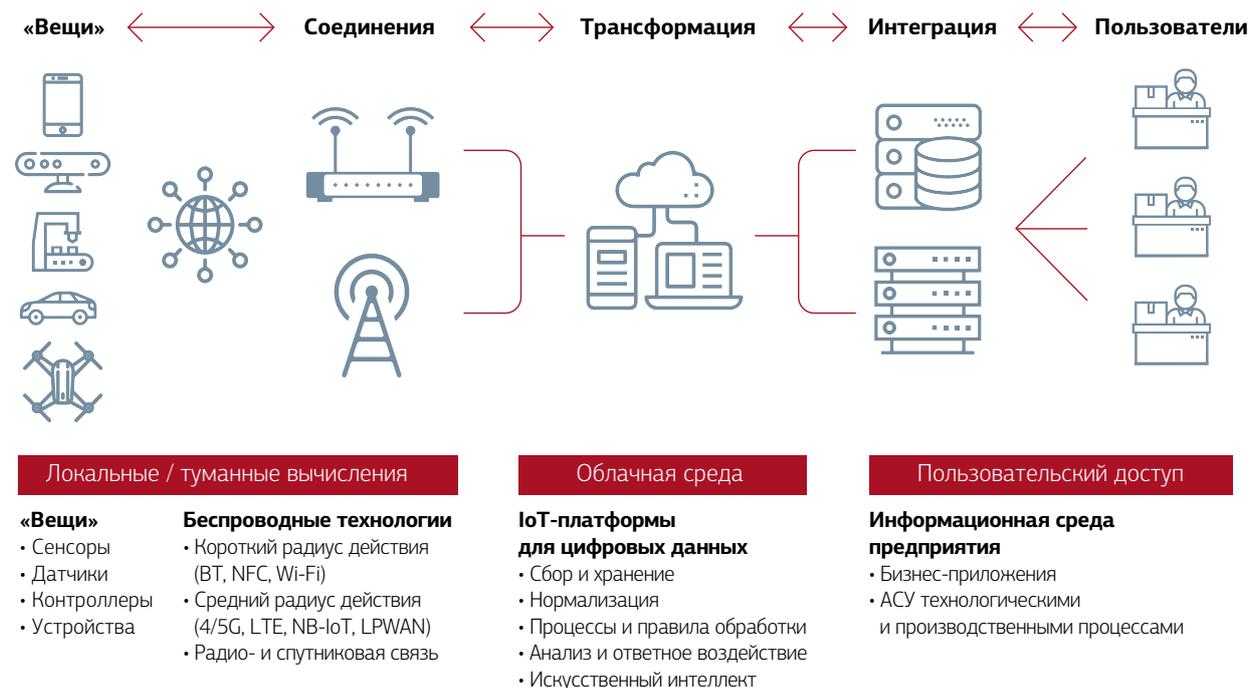


Индустриальный (промышленный) интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) является проекцией интернета вещей (IoT) на область корпоративного/отраслевого применения. В ближайшее десятилетие индустриальный интернет будет пониматься как интернет вещей, машин, компьютеров и людей, обеспечивающий интеллектуальную производственную деятельность с использованием аналитических данных для гибкой и быстрой адаптации продуктов и услуг, будет представлять собой сочетание производственной экосистемы, «облачной» вычислительной и коммуникационной инфраструктуры, средств автоматизации производства на различных уровнях с максимально возможным охватом средствами измерения и сбора контрольных параметров.

Индустриальный интернет является эволюцией информационных систем на предприятии, но, благодаря новым информационным и коммуникационным технологиям (BigData, VR/AR, AI, Digital Twins, 4/5G, LPWAN), доступности ИТ-ресурсов, а также темпам снижения стоимости ИКТ-компонентов и промышленных датчиков, открывает революционно новые возможности.

На фоне того, что технологические системы и оборудование современного производства становятся интеллектуальными и объединенными, предприятия интегрируются в глобальные промышленные сети, связующая и интегрирующая роль промышленного интернета выходит на первый план. При этом задачей проектов в области IIoT является не просто подклю-

РИСУНОК 6.2. СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА



ние различных устройств (контроллеров промышленного оборудования, инженерных систем, транспортных средств) к сети связи, а объединение ИКТ-компонентов вдоль сквозных бизнес-процессов.

По мнению PwC [1], создание систем индустриального интернета охватывает три аспекта.

1) **Цифровизация и интеграция вертикальных** (внутри предприятия) **и горизонтальных** (от поставщиков компонентов до заказчиков) **цепочек создания стоимости.**

Данные, приведенные в исследовании, сигнализируют, что у компаний с высоким уровнем проникновения систем автоматизации степень цифровизации сквозных процессов на сегодняшний день не превышает в среднем 19%. Тенденция такова, что за ближайшие пять лет этот показатель вырастет примерно в четыре

раза и должен достигнуть, например, для производственных и инжиниринговых компаний значения в 85% (рисунок 6.3).

Ведущие промышленные компании оцифровывают и связывают функции по вертикальной цепочке создания стоимости – от процесса цифрового заказа, индивидуальной разработки продукта и автоматической передачи данных о продуктах в связанные системы планирования и производства и, далее, на интегрированное обслуживание клиентов. Например, компания Metso, Финляндия, одна из ведущих мировых промышленных компаний на рынке обслуживания для горнодобывающих, нефтяных, газовых, целлюлозно-бумажных и перерабатывающих предприятий, реализовала проект, в котором смогла перейти от планирования запасов материалов на 39 складах для 80 сервисных центров, расположенных в более чем 50 странах мира.

РИСУНОК 6.3. СТЕПЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЦЕПОЧЕК ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ ПО ОТРАСЛЯМ [1]



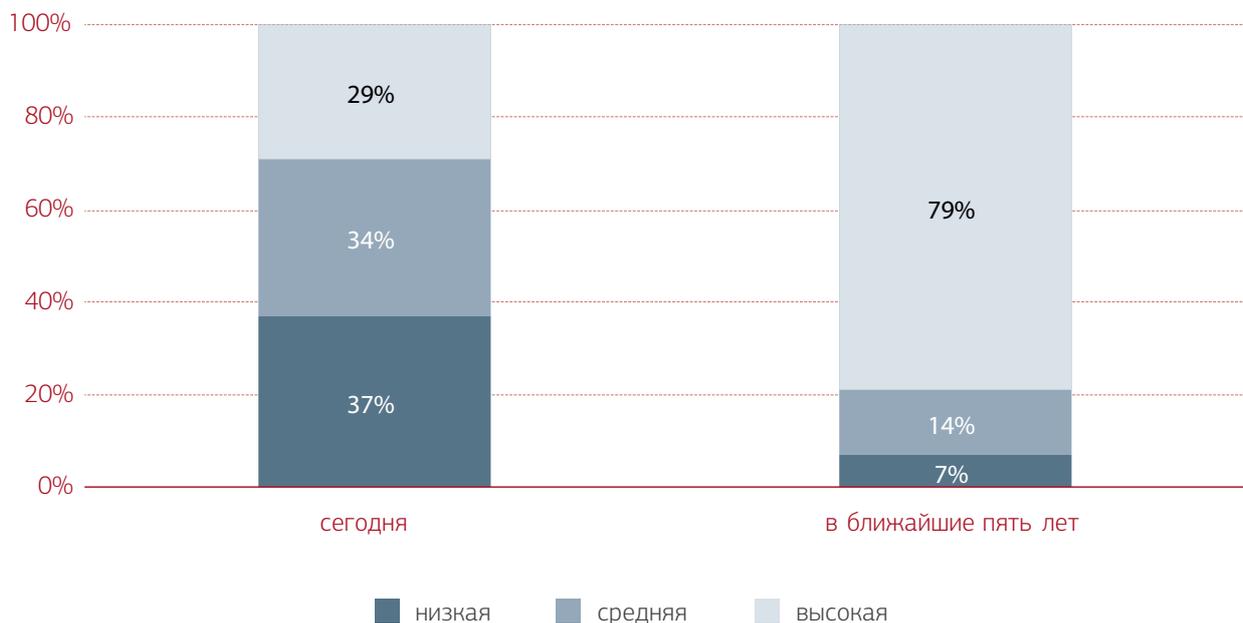
К 2016 г. сервисный бизнес компании достиг отметки 1,7 млрд долларов, что составило более 65% от общего оборота. Менеджмент компании решил, что уже не может рассматривать существующую цепочку поставок как сеть независимых локаций, такой подход перестал быть оптимальным для многочисленных клиентов компании. Задача состояла в том, чтобы запасные части были в нужном месте в нужное время, таким образом использовать спрос конечного потребителя исключительно для планирования запасов, чтобы цепочка поставок могла действительно реагировать на меняющиеся требования и конкуренцию на рынке. В дополнение к широкому спектру различных цепочек поставок Metso также пришлось управлять сложными потоками материалов, что затрудняло прогнозирование времени выполнения заказа.

Внедрение централизованной SPM, а также интеграция с несколькими суще-

ствующими системами ERP позволило уже на пилотной фазе сэкономить более 30 млн долларов. Бизнес-модель и бизнес-логика для управления планированием и пополнением запасов построены следующим образом: из системы SAP предоставляются основные и транзакционные данные, которые интегрируются в SPM, идет расчет показателей необходимости и достаточности материалов, затем SPM отправляет запросы на покупку обратно в SAP, запросы конвертируются в заказы. За короткий срок – 4 месяца – удалось пройти фазу проверки логики системы и после перераспределения части материалов по локациям выйти на плато эффективности.

2) **Цифровизация продуктов и сервисов.** Предприятия – «цифровые чемпионы» расширяют существующий ассортимент продуктов с полноценным цифровым описанием, а также оборудования,

РИСУНОК 6.4. ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОДУКТОВ И СЕРВИСОВ



оснащенного автономным или подключенным через «облако» интеллектуальным модулем. Портфель услуг компаний также постоянно расширяется основанными на промышленных данных сервисами.

По результатам исследования аналитиков PwC, тридцать процентов ведущих немецких компаний уже в значительной степени оцифровали свои продукты и расширили свой портфель предложений, включив подключенные или автоматизированные сервисы. Топ-менеджеры компаний высказывают мнение, что просто механически и функционально совершенного (mechanically perfect) продукта уже недостаточно для конкуренции в глобальном масштабе, и поэтому более 80% респондентов ожидают, что в ближайшие годы они достигнут высокой степени оцифровки своего портфеля продуктов и услуг (рисунок 6.4).

Например, в нефтегазовой отрасли технологии IIoT имеют огромный потенциал и позволят повысить эффективность и безопасность производственных процессов, прогнозировать необходимые мероприятия. Прежде всего, телематика применяется для управления и контроля за буровыми установками, для обслуживания скважин и трубопроводов. В частности, централизованный сбор и анализ таких данных с погружных установок электроцентробежных насосов позволяет удаленно следить за его состоянием, прогнозировать причины отказа оборудования, а также превентивно устранять поломки в будущем. Небольшой пилотный проект в «Газпромнефти» по сбору и анализу данных уже на первой стадии позволил выявить и устранить критическую ошибку в технологических настройках насосов на определенного вида скважинах. Расчетные сроки окупаемости таких проектов при внедрении систем на нескольких сотнях объектов составляют, с учетом капитальных и эксплуатационных затрат на систему, менее двух лет за счет повышения коэффициента эксплуатации сква-

жин, снижения удельных затрат на подъем жидкости, сокращения удельного расхода энергии, а также снижения нагрузки и повышения эффективности работы высококвалифицированных технологов.

Компания Woodside Petroleum, Австралия, для создания сквозной автоматизированной системы оптимизационного управления использует систему искусственного интеллекта IBM Watson и облачные сервисы Amazon. До начала проекта единая аналитическая платформа в компании отсутствовала, но уже через четыре месяца после старта проекта объем хранимых и обрабатываемых в облачной платформе данных превышал по размеру объем данных в Twitter. Более 400 сотрудников, большинство из которых инженеры, занимались «обучением» системы, но результат превзошел все ожидания: Watson теперь может отвечать на некоторые очень сложные вопросы. По словам вице-президента по стратегии, науке и технологиям, традиционно внедрение изменений Woodside, связанные с инженерными инициативами, занимало от 7 до 10 лет, но теперь технические идеи становятся реальностью через семь-десять месяцев, и в ближайшем будущем это может быть от семи до десяти недель.

Компании high tech сектора используют технологии IIoT для повышения своей эффективности не только в сфере сервисов, где продукт может быть создан и потреблен в полностью цифровом виде, но и в области материального производства. Например, Ericsson совместно с China Mobile на своей фабрике Ericsson Panda Communication Company (сайт по производству радиопродукции, дочерняя компания Ericsson) в Нанкине внедрила интересный кейс использования платформы промышленного интернета. Сборка телекоммуникационного оборудования требует определенных по усилию крепежных операций, поэтому рабочие места (более 1000) оснащены высокоточными электрическими отвертками. Все эти отвертки требуют рутин-

ных калибровок и смазок на основе объема использования, в противном случае из сборочного цеха начинают выходить бракованные изделия. Данные процедуры по контролю объема завинченных шурупов записывались вручную на бумаге, работа могла останавливаться, так как мастер-смазчик был занят на другом участке цеха. С помощью подключенных к платформе через специальную сеть NB-IoT и небольших мобильных модулей отверток завод смог заменить ручное отслеживание данных об использовании инструмента автоматическим решением, и, кроме того, интеллектуальный анализ собранных данных позволил оптимизировать обслуживание оборудования и планировать маршрут специалистов-наладчиков.

3) Построение новых бизнес-моделей. Одной из главных тенденций современной экономики и появления новых видов конкуренции является переход на сервисные модели предоставления и потребления продукции. Так, компания Rolls-Royce теперь не продает своим клиентам авиационные двигатели – она предлагает им услугу TotalCare, в рамках которой оплачиваются только часы эксплуатации каждого двигателя. Основные сервисы TotalCare включают мониторинг технического состояния, капитальный ремонт двигателя, работы по повышению надежности двигателя; в пакет дополнительных сервисов входят управление техническими данными, транспортировка двигателя, техническое обслуживание запасных двигателей и линия поддержки.

Постоянный мониторинг, сбор и анализ всех технологических данных позволяет контролировать режимы работы промышленного оборудования, управлять рутинными операциями, а также своевременно планировать его регламентное обслуживание или «обслуживание по состоянию», снижать расходы на хранение запасных частей и комплектовующих, повышать тем самым общее время готовности

и доступности высокотехнологичного и дорогостоящего оборудования.

В результате анализа данных о пользователе, его производственных объектах (машинах, зданиях, оборудовании) и характере потребления возникает дополнительный бонус в виде накопления и улучшения клиентского опыта, позволяет предлагать лучшие решения, сокращать текущие затраты клиента, что приводит к повышению удовлетворенности и лояльности, построению долгосрочных предсказуемых взаимоотношений партнеров.

В проектах реализации компонентов цифрового производства ключевую роль играет управление информационными потоками производственных и управленческих данных. Наиболее эффективным способом проектирования архитектуры, выбора способов и порядка внедрения решений, управления приоритетами и разрешения конфликтных ситуаций является методология построения систем промышленного интернета, описанная в материалах ИС (Industrial Internet Consortium) и других подобных организаций. В основу создания единого информационного пространства предприятия (EIM) рекомендуется закладывать платформу промышленного интернета – гибкого адаптивного инструмента для сбора, очистки и обогащения данных, интеграции бизнес-процессов, новых производственных или аналитических приложений. Платформенный подход позволяет в разы снизить сроки и затраты на интеграцию систем и компонентов от различных вендоров, а также дает возможность создавать новую экосистему партнеров, одновременно развивающих и свой бизнес, и бизнес предприятия.

Ярким примером, демонстрирующим эффективность такого подхода, служит проект Smart Port Logistics в Гамбурге. Изначально ставилась задача по разработке системы, которая оптимизирует и обеспечивает постоянный поток контейнеров в порт и из него за счет предварительного планирования и управления трафиком в ре-

жиме реального времени, что позволит увеличивать доходы и грузооборот порта без расширения площади.

На старте проекта данные о готовности к погрузке и доступности парковки в порту в режиме онлайн передавались компаниями-поставщиками и операторами парковки водителям на мобильные устройства. В результате время ожидания стало короче, компании-перевозчики смогли более эффективно планировать свои маршруты. Следующие шаги – постоянное расширение текущего круга источников данных и участников, агрегация на платформе информации о трафике на дорогах, месте расположения грузовых кораблей и контейнеров, интеграция с информационными системами других грузоперевозчиков и операторов контейнерных терминалов. Таким образом, «облачная» платформа позволяет подключать все новых и новых участников бизнес-цепочки, связанный цифровой процесс охватывает сотни предприятий. Прямой достигнутый эффект для порта – удвоение грузооборота без строительства новых терминалов, а для перевозчиков – снижение времени ожидания в среднем на 5–10 минут на один грузовик и маршрут, что означает около 5 000 часов в день при 40 000 перевозок.

Несмотря на описываемую в различных источниках привлекательность и перспективность индустриального интернета, существует большое количество препятствий, экономических, технологических и политических, для массового перехода в новый информационный ландшафт. Более того, системы индустриального интернета не заменят все классы и типы существующих систем управления технологическими процессами, только часть процессов управления можно будет перевести в «облако», доверие к платформам и национальные стандарты в обработке технологических данных только вырабатываются.

Тем не менее уже сегодня сформированы рыночные потребности в базовых сер-

висах М2М/IoT в энергетике, нефтяной и газовой отрасли, ЖКХ, агропромышленном комплексе, транспорте и машиностроении.

Существуют не только зарубежные, но и отечественные бизнес-кейсы реализации проектов, приносящие существенный экономический эффект. Продуктивный проект использования технологии интеллектуального анализа промышленных данных – система «Умный локомотив», которая реализуется в сервисной компании «ЛокоТех». Система анализирует параметры работы оборудования в режиме реального времени и сообщает об аномалиях группе диагностов в депо, модуль предиктивного анализа позволяет с высокой степенью вероятности предсказать, когда и какой узел в локомотиве откажет. В ближайшей перспективе компания сможет перейти к ремонту «по фактическому состоянию» и значительно повысить эффективность работы парка обслуживаемых локомотивов, что приведет к экономии ресурсов, денег и времени как основного заказчика, так и сервисной компании.

За последний год было сформировано несколько консорциумов для решения масштабных корпоративных и отраслевых задач, а созданные ассоциации (НАПИ, АИВ) способствуют распространению позитивного опыта, активному обмену информацией между всеми участниками процесса и трансферу технологий, и не только зарубежных к нам, но и отечественных разработок за рубеж. Так, компания Tibbo Systems – один из ведущих российских разработчиков программного обеспечения для систем управления и мониторинга – проектирует, адаптирует и внедряет решения на базе программно-аппаратных комплексов на собственной платформе Tibbo AggreGate. В партнерскую сеть Tibbo входят дистрибьюторы, OEM-производители и системные интеграторы из более чем 50 стран мира.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet. Published by PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft by Dr Reinhard Geissbauer (PwC), Stefan Schrauf (PwC), Volkmar Koch (Strategy&) and Simon Kuge (Strategy&), December 2014.
2. Индустриальный (промышленный) интернет вещей в мире и перспективы развития в России. http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-opyt-vnedreniya-proektov-v-sfere-industrialnogo-promyshlennogo-interneta-veschey-i-perspektivy-ih-realizatsii-v-rossii--20160919061924
3. Woodside expands IBM Watson artificial intelligence as tech takes centre stage. <http://www.afr.com/technology/enterprise-it/woodside-expands-ibm-watson-artificial-intelligence-as-tech-takes-centre-stage-20160422-gocq5i#ixzz51VcdSyrW>
4. Woodside Petroleum to roll out Siri-like virtual assistant «Willow». <http://www.woodside.com.au/Investors-Media/announcements/Documents/11.09.2017%20Woodside%20Petroleum%20to%20roll%20out%20Siri.pdf>
5. Ericsson and China Mobile jointly demo the 5G-enabled Smart Factory at MWC 2017. <https://www.ericsson.com/en/news/2017/2/ericsson-and-china-mobile-jointly-demo-the-5g-enabled-smart-factory-at-mwc-2017>
6. How Metso implemented Service Parts Management (SPM) in the Cloud to unearth value from its global supply chain. <https://www.ptc.com/en/case-studies/metso-spm-case-study>
7. Internet of Services. <http://www.saphanacentral.com/p/internet-of-services.html>
8. Simpler and Smarter Connections at Germany's Largest Seaport. <https://www.sap.com/about/customer-testimonials/public-sector/hamburg-port-authority.html>
9. Bsquare, Annual IIoT Maturity Survey, 2017.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ



Оцените процент ваших продуктов и сервисов, которые вы оцифровали к настоящему времени. Сравните с показателями по вашей отрасли, определите цели по оцифровке на ближайшие пять лет.



Оцените, какой процент от общего числа технологических данных используется не только для контроля производственных процессов, но и для задач планирования и управления предприятием.



Сформируйте перечень возможных внутренних (контроль, планирование, оптимизация процессов) и внешних (удаленный мониторинг, предиктивная аналитика состояния вашей продукции и систем, проактивное техническое обслуживание) сервисов на основе технологических данных от подключенных устройств.



Создайте платформенный механизм расширения числа ваших партнеров, поставщиков и заказчиков для оказания цифровых сервисов.



Определите перечень ваших продуктов, которые вы в принципе можете продавать как сервис, проведите предварительные переговоры с существующими клиентами, оцените целесообразность перехода к новой модели «продукт как сервис» для каждой группы заказчиков и продуктов.



Для успешного старта первых небольших проектов соберите проектный консорциум из заинтересованных партнеров и лояльных заказчиков.

Автор

Биленко Павел Николаевич

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Глава 12

Управление цифровым жизненным циклом продуктов: автономные производства в следующие 5 лет

Резюме главы:

Тренды, определяющие развитие предприятий, важны для анализа и последующей аппроксимации на следующие периоды.

Среди основных – активное развитие быстрых и гибких китайских компаний, выпускающих качественные продукты, высокий интерес предпринимателей к высокотехнологичному пассивному доходу и экспоненциальное ускорение диффузии технологий.

Принимая во внимание описанные тренды, управленческим командам компаний необходимо системно и последовательно оценивать зрелость компании в развитии цифровых технологий, учиться и управлять проектами изменений, следить за выполнением критических факторов результативности цифровой трансформации.

В последние годы проявилось несколько важных производственных трендов.

Первый носит имя «сяомизация»: китайские предприятия научились работать со скоростями стартапов, с производительностью и качеством продуктов крупных компаний. Быстрые уничтожают крупных. Развитие исследовательских работ и статей китайских ученых по направлениям цифрового производства [7], инвестиции правительства и крупнейших компаний (Foxconn) Китая в робототехнику и в аддитивное производство [40], площадки для беспилотной доставки беспилотными летательными аппаратами во дворах домов Шанхая, неготовность трудовых ресурсов других стран работать на производствах Китая – все это слагаемые экспоненциальной экспансии нового поколения китайской производственной системы. Исторически Восток и Запад отличается разницей подходов к понятию «труд»: китайская экономика построена на готовности нации сверхинтенсивно трудиться. Американцы – бизнесмены, ищущие пути максимизации дохода при минимизации затрат, в том числе трудовых. Но тех и других объединяет внутренний локус контроля. Занимая предпринимательскую позицию, лидеры компаний и предприниматели не ждут

активных действий от государства, создания единых стандартов, формирования условий и рынка спроса. Лидеры Востока и Запада концентрируют ресурсы и развивают инициативы.

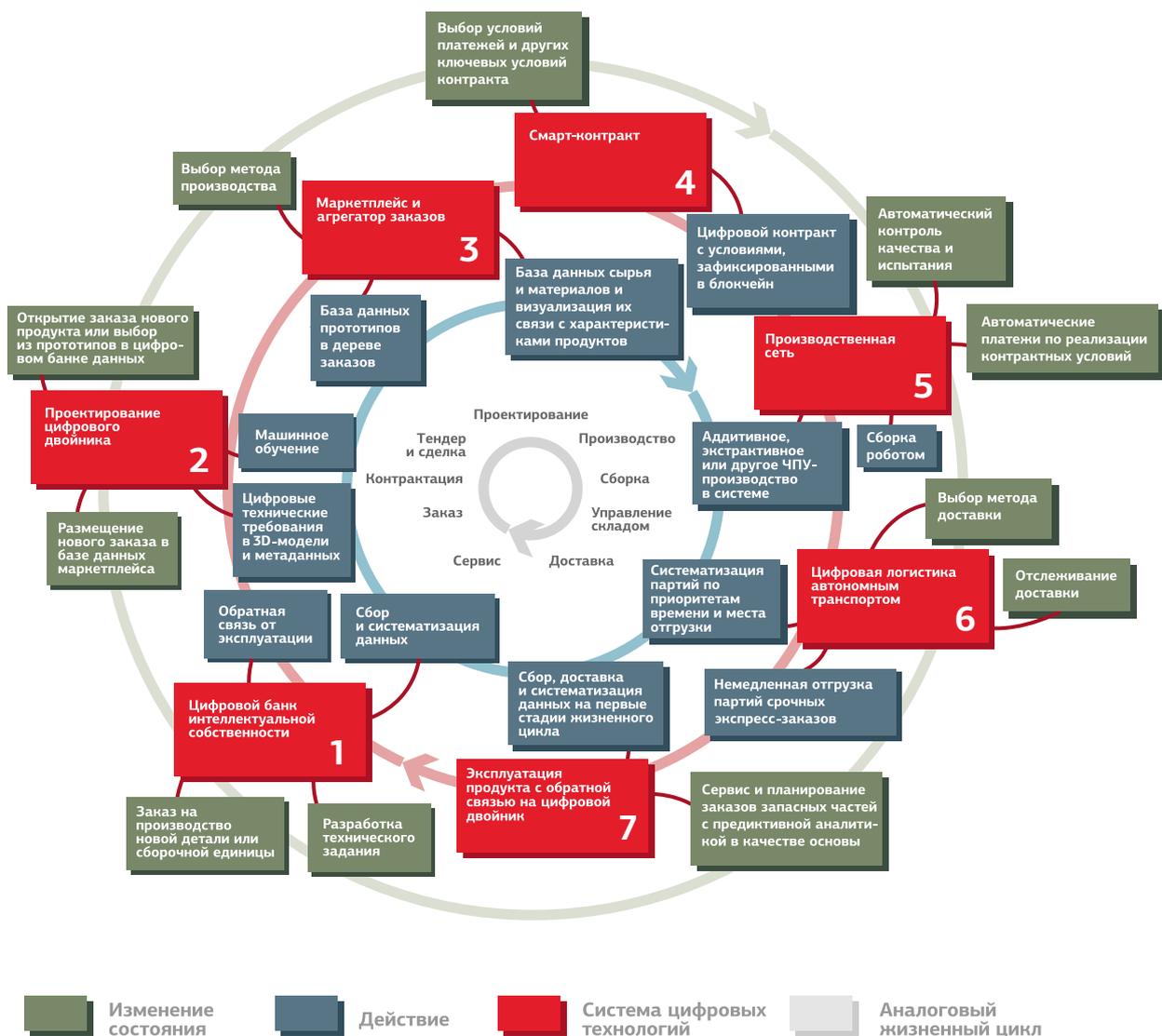
Второй тренд – высокий интерес к высокотехнологичному пассивному доходу, включая ажиотаж вокруг генерации криптовалют на криптофермах и связанный с этим дефицит аппаратного обеспечения. Оценив тренд в исторической перспективе, стоит отметить, что энтузиасты информационных технологий сегодня активно проектируют и уже прототипируют безлюдный, полностью автономный и автоматический бизнес.

Третий тренд: человечество все больше осмысливает себя и контекст во время действия универсального закона Мура – экспоненты диффузии технологий и близкого по скорости тренда падения их стоимости. Подробнее об этом тренде мы написали в части «Диффузия технологий» настоящего доклада. Как следствие, в сложившихся экспоненциальных условиях сложно строить долгосрочную стратегию производства конкретных продуктов. Глобальный контекст меняется намного быстрее, чем сроки создания производственных предприятий или выпуска новой продукции на существую-

щем производстве. Это, к примеру, сегодня происходит с солнечными батареями: к моменту запуска производства с конвейера будет выходить морально устаревший продукт, который потеряет свои конкурентные преимущества за время создания производственной линии. Поэтому в новую эпо-

ху основным активом производственной компании являются не реальные производственные цеха, а те самые 15 ключевых компонентов – виртуальное производство, модели и технологическая платформа, интеллектуальный капитал: система управления проектами, проектирования, R&D, модели

РИСУНОК 7.1. КОМПОНЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКТОВ: АВТОНОМНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА



процессов и продукции, система капитализации ноу-хау и защиты интеллектуальных прав. По мере развития этих компонентов компания формирует корпоративные своды знаний (corporate books of knowledge) по направлениям, накопленный компаниями опыт систематизируется в корпоративные банки знаний, лучших практик и извлеченных уроков. Компания формирует интеллектуальный капитал. Это, в свою очередь, позволяет быстро тиражировать производство в любую точку мира с учетом конъюнктуры текущего момента, краткосрочных прогнозов и эффективности финансовой модели.

Таким образом, сегодня развитые страны конкурируют «экономиками знаний», когда их основные доходы формируются за счет создания интеллектуального капитала, а материальное производство размещается в странах с дешевыми ресурсами (люди, сырье, энергия) для производства продукции. Произошел сдвиг ценности из реального пространства в виртуальное – цифровое. Физические же производственные площадки должны быть способны либо гибко и быстро адаптироваться под новые заказы, либо зарабатывать через реализацию проектов в кооперации с партнерами.

В этой связи наиболее интересным с точки зрения бизнес-перспективы сегодня оказываются компоненты жизненного цикла автономных производств (рисунок 7.1). Среди этих компонентов мы выделяем следующие ключевые:

1. Цифровые базы данных интеллектуальной собственности;
2. Цифровые двойники продуктов;
3. Маркетплейсы и интернет-площадки открытых контрактных производителей;
4. Смарт-контракты;
5. Автономные (lights out) производственные сети;
6. Цифровая логистика;
7. Эксплуатация продуктов с обратной связью;
8. Управление жизненным циклом из центра управления информационной архитектуры.

Принимая во внимание эти тренды, сформулируем возможные ответы на вопрос – какие шаги стоит предпринимать компаниям на основании краткосрочного прогноза развития цифрового производства?

1. Прогноз на первые рентабельные проекты с реализацией близкой к приведенной на рисунке 7.1 последовательности – автономное производство автомобильных запасных частей для ведущих автопроизводителей. Мы прогнозируем реализацию первых контрактов полного цикла от заказа компонентов электромобилей и запасных частей на маркетплейсе до доставки автономным транспортом уже в 2018 г. Поэтому моделирование и прототипирование таких полностью автономных производств – коммерчески обоснованная задача.

2. Как в 2017 г. майнинг криптовалют вызвал резкое увеличение спроса на аппаратное обеспечение для майнинг-ферм, в ближайшее время автономное цифровое производство вызовет увеличение спроса на средства производства с числовым программным управлением, производственной робототехники и других ключевых компонентов и систем.

3. Корпорациям, предпринимателям, малым и средним бизнесам сегодня имеет смысл концентрироваться на отработке модели автономных производств в прототипах: на разработке маркетплейсов как надстройки над PDM-системой и базой данных возможных конфигураций заказов, развитии производственной сети и связи парка ЧПУ-станков с единым центром управления, прототипировании работы смарт-контрактов. Рационально моделировать и отрабатывать цифровую цепочку поставок, оптимизировать жизненный цикл и финансовые модели автономного производства на прототипах.

4. Компания или группа компаний, первой реализовавшая автономное цифровое производство и добившаяся эффективности работы, имеет все шансы стать отраслевым лидером. Сегодня автономное и полностью

цифровое управление жизненным циклом продуктов уже реализовано на предприятиях Юго-Восточной Азии и США.

Опираясь на эти наиболее актуальные и яркие тренды, ответим на вопрос: что будет дальше? Чего сегодня производственной киберкомпании не хватает для дальнейшего роста эффективности? Впереди – несколько быстрых лет завершения цикла оцифровки бизнес- и технологических процессов и связанной с этим трансформации бизнес-моделей (рисунок 7.1). В связи с этим в ближайшие годы мы ожидаем развития следующих направлений.

1. Управление цифровыми требованиями заказчика и активизация использования маркетплейсов. Окончательно как системы инструментов сформируются и станут широко доступными электронные конфигураторы с функционалом цифровых требований заказчиков, технических заданий и опросных листов. Эти конфигураторы будут представлены на системно развивающихся маркетплейсах. Сегодня для быстрого старта разработки широкой доступности таких инструментов очень не хватает, хотя в международной практике активно используются, к примеру, конфигураторы для центробежных насосных агрегатов *SpaixdPumps* и т. д. При уже существующих технологиях электронно-цифрового удостоверения личности и развития технологии блокчейн, формирования требований к материалам в соответствующих CAD-модулях конечный потребитель машиностроительной продукции все еще не использует эффективно работающие инструменты формирования заказа со стороны потребителя ни в ERP при открытии заказа, ни в PLM перед стартом эскизного проекта. К сожалению, многие заказчики и участники бизнес-процессов, в том числе формирующие технические требования, до настоящего времени не понимают, чем занимаются и зачем созданы бюро САПР на заводе, но абсолютно убеждены в своей компетентности и всемогуществе. Этот поведенческий блок технологической надменности является одним из наиболее слож-

ных, узких мест на пути развития цифровых предприятий.

2. Разовьются и станут неотъемлемой частью цифрового производства общие простые, практичные, универсальные стандарты и банки данных нормативно-справочной информации.

3. Виртуальная реальность (VR) станет неотъемлемой частью разработки продукции. Уже сегодня Volvo с помощью виртуальной реальности тестирует поведение автомобилей на стадии разработки, отлаживая скоростные режимы, баланс машины, эргономику, работу электроники. Взаимодействие команд инженеров-конструкторов в иммерсионном центре с цифровым виртуальным прототипом из банка интеллектуальных активов компании станет эффективной операцией при разработке новых изделий.

4. Технологии дополненной (AR) и смешанной (MR) реальности будут эффективно использоваться в сборке, испытаниях и эксплуатации машин и агрегатов. Преимущество имеющихся программно-аппаратных решений дополненной реальности понятны: рабочие получают необходимую для сборки информацию – расположение деталей для сборки или их характеристики из спецификации – прямо перед глазами. Голосовое управление упрощает взаимодействие цеха и конструкторского бюро, авторский надзор, очки освобождают руки для сборочных операций. Камера в очках используется как сканер штрих-кодов, заменяя ручные сканеры и обеспечивая эффективность взаимодействия с MES.

5. Вендоры представят комплексные решения интегрированного цифрового производства со связующей ролью промышленного интернета для малых и средних производственных предприятий. Активное международное развитие фаблабов и других открытых платформ, фактически лабораторий прототипирования цифрового производства, уже сегодня предоставляет возможности многофункциональной, объединенной в единую сеть, глобальной платформы прототипирования для опыт-

ной эксплуатации таких комплексных решений интегрированного цифрового производства. На первый план выйдет связующая роль промышленного интернета вещей (IIoT) для основных систем цифрового предприятия: M2M CRM – данных от изделий с мест эксплуатации, ERP – анализа перспективного оборота ресурсов, поставок и планирования производства запасных частей и запасов сырья для этого, PLM – данных для конструкторов и технологов об эргономике и необходимости корректировки конструктива изделий. При этом основной результат для предприятий – использование больших объемов информации для развития и совершенствования бизнес-процессов на основе получения данных от подключенного оборудования. Основной результат для потребителя – новый функционал такого оборудования будет появляться по требованиям, но незаметно для потребителя, как это уже сегодня происходит с автомобилями. Спрос на улучшение продукта будет удовлетворяться без его вербализации, на основе комплексного анализа использования продукта.

6. Цифровой интерактивный двойник станет доступен для всех производственных партнеров на всем производственном и эксплуатационном цикле. Вывод информации о состоянии цифрового двойника в режиме реального времени будет отражаться в VI-модулях руководителей технологических процессов. Сбор, систематизация данных и предиктивная аналитика состояния промышленного изделия станут эффективной функциональной основой выпуска новых модификаций оборудования и взаимодействия конструкторских подразделений с трехмерной цифровой моделью.

7. Сервисное обслуживание оборудования больше не будет происходить во взаимодействии с механикой и исполнительными механизмами, но в предиктивной аналитике, настройке и обновлении программного обеспечения цифровых систем управления, использовании баз данных и анализе информации.

Для быстрого качественного перехода от аналоговых производств прошлого в киберкомпанию настоящего важно выполнение ключевых критических факторов результативности (CSF):

CSF 1. Команды производственных предприятий работают, опираясь на извлеченные уроки и лучшие мировые практики с анализом динамики результатов, открытостью к новым идеям и совместным обсуждением результатов и перспектив. Крупные корпорации выпускают продукты с гибкостью и скоростями стартапов, развивая инновационные исследовательские центры и «департаменты стартапов» (примеры – компании KSB, Siemens с hex47), в которых работают кросс-функциональные и кросс-возрастные команды, улавливающие тренды, быстро трансформирующие их в бизнес-планы и запускающие новые продуктовые программы.

CSF 2. Компания развивает корпоративную инновационную систему (глава 4 настоящего доклада), опираясь на принципы лучших практик создания и развития таких систем.

CSF 3. Со стороны отраслевых ассоциаций при государственной поддержке формируются и активно используются детальные дорожные карты развития цифрового производства. В Германии развитие определено стандартами Индустрии 4.0, в США – американским консорциумом промышленного интернета, в России – Национальной технологической инициативой и формированием цифровых, умных, виртуальных фабрик будущего.

Развитые экономики отвечают на ускоренную диффузию технологий нового технологического уклада активной работой независимых ассоциаций и консорциумов. Среди них: America Makes – National Additive Manufacturing Innovation Institute, MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) International, DMDII (Digital Manufacturing and Design Innovation Institute), CCAM (Commonwealth Center for Advanced Manufacturing), The Big M, New

Manufacturing Alliance, UI LABS, AMT, VDMA (Германия), NACFAM, AREA (The Augmented Reality for Enterprise Alliance).

Основные цели ассоциаций и консорциумов:

1. Бесплатный и открытый обмен лучшими практиками, извлеченными уроками, практиками адаптации технологий, технологическими ресурсами, которые помогают предприятиям внедрять и эффективно использовать технологии. Проведение семинаров, вебинаров, мастер-классов, конференций, форумов по цифровому производству и основным технологиям цифрового производства.

2. Продвижение промышленных технологий нового уклада для развития операционной эффективности предприятий и развития их долгосрочных выгод.

3. Разработка и поддержка использования отраслевых руководящих документов, в том числе функциональных требований от потребителей технологий для производителей технологий.

К примеру, цель консорциума AREA – поддержка диффузии и оптимальной интеграции в производственные процессы технологий индустриальной дополненной реальности. Последние годы развитие этой технологии происходит по экспоненте, так как ее влияние на качественные и временные метрики производства существенно. Ее интеграции в производственные процессы внутри ассоциации помогают вендоры аппаратных и программных решений, эксплуатирующие предприятия, университеты, бизнес-школы, государственные структуры. Руководители производственных предприятий буквально записывают за рабочими, использующими технологию, систематизируя эту обратную связь в форматы требований для производителей технологических решений. Коммуникация происходит очень быстро, никто не ждет, что кто-то кого-то «пригласит» или обратится официальным письмом для проведения встреч проектных команд. Результат встреч проектных команд. Результат их совместной работы – согласованные ру-

ководящие отраслевые и/или технологические документы.

CSF 4. В качестве базового инструмента предприятие выбирает хорошо интегрируемую, гибкую, быстро развивающуюся, эффективно локально поддерживаемую платформу.

CSF 5. Внедрены и работают общие для заказчика, производителя, потребителя стандарты предприятия жизненного цикла промышленной продукции.

CSF 6. Команды заказчика и эксплуатирующих компаний готовы эффективно внедрять и использовать инструменты интегрированного цифрового производства. Производители готовы гибко изменять организационную структуру компаний, расширять состав специалистов различных направлений в составах конструкторских и технологических бюро.

CSF 7. Активно развиваются образовательные инициативы и популяризируется идеология цифрового предприятия в ЦМИТах, фаблабах, школьных центрах инженерно-технического творчества. Компания работает в партнерстве с исследовательскими центрами, независимыми образовательными платформами и школами управления.

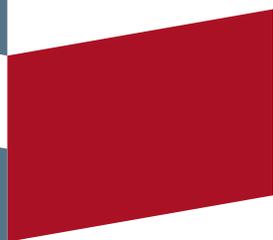
Развитие цифрового, автономного производства будет происходить гораздо быстрее наших прогнозов. В частности, потому, что мечта и интересы человека, который хоть раз в жизни сам собирал и настраивал работу компьютера, команд людей, которые создали индустрию информационных технологий, – бизнес, работающий так же точно, быстро, автономно и эффективно, как компьютер. И цифровое производство делает эту мечту реальной.

ЧЕК-ЛИСТ ДЕЙСТВИЙ

- Понять интересы в системе управления цифровым жизненным циклом продуктов автономных производств (рисунок 7.1).
- Запланировать действия и план развития компании для достижения целей и задач проекта цифровой трансформации.
- Обеспечить выполнение критических факторов результативности (CSF) цифровой трансформации.
- Поддерживать оценку зрелости компании по направлениям развития ключевых производственных систем и технологий.



Список ИСТОЧНИКОВ



1. Mauricio Armellini and Tim Pike, Bank Underground – блог сотрудников Банка Англии (Bank of England).
2. Everett M. Rogers. Diffusion of Innovations. 5th Edition, 2003.
3. Foxconn заменит всех сборщиков на своих фабриках роботами. https://hightech.fm/2017/01/04/foxconn_automation
4. Google Glass Didn't Disappear. You Can Find It On The Factory Floor. <https://goo.gl/FS13P2>
5. Five Trends for Manufacturing's Fourth Wave. <https://goo.gl/yE7X8w>
6. Federico Rotini, Yuri Borgianni, Gaetano Cascini. Re-engineering of Products and Processes: How to Achieve Global Success in the Changing Marketplace. Springer-Verlag London, 2012.
7. Zude Zhou, Shane (Shengquan) Xie, Dejun Chen. Fundamentals of Digital Manufacturing Science. Springer-Verlag London, 2012.
8. Reinventing production at Tesla. Manufacturing Leadership Journal, October 2016.
9. Vinesh Raja, Kiran J. Fernandes. Reverse Engineering – An Industrial Perspective, 2008.
10. Federico Rotini, Yuri Borgianni, Gaetano Cascini. Re-engineering of Products and Processes: How to Achieve Global Success in the Changing Marketplace. Springer-Verlag London, 2012.
11. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. М., 2016.
12. Бхуптани М., Морадпур Ш. RFID-технологии на службе вашего бизнеса. М., 2007.
13. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М., 2016.
14. Портер М., Хеппельман Дж. Революция в конкуренции. Harvard Business Review, ноябрь 2014.
15. Решение YDF внедрено в опытно-промышленную эксплуатацию на ММК. <https://goo.gl/arrcXF>
16. От ТехУспеха к национальным чемпионам. Национальный рейтинг быстроразвивающихся высокотехнологичных компаний «ТЕХУСПЕХ-2016». – Москва, 2016. – URL: <http://www.ratingtechup.ru/images/catalog2016.pdf> (дата обращения: 19.02.2018).
17. Krouse J.K. What Every Engineer Should Know About Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing: The CAD/CAM Revolution. – New York; Basel: Marcel Dekker, 1982.
18. Павлевич А.Л., Староверов Н.Н., Хитрых Д.П. Эффективная платформа прикладных исследований и всестороннего численного моделирования на основе решений ANSYS // CADFEM Review. – 2017. – № 04.
19. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов. – Киев: Наукова думка, 1976.
20. Design with Confidence: CIMdata Commentary. January 29, 2015. – URL: <https://www.cimdata.com/en/resources/complimentary-reports-research/commentaries/item/3345-design-with-confidence-commentary> (дата обращения: 08.10.2017).
21. Компьютерный инжиниринг / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, А.А. Михайлов, А.С. Немов, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.
22. Бионический дизайн / А.И. Боровков, В.М. Марусева, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92 с.
23. Department of Energy High-End Computing Revitalization Act of 2004. – URL: https://www.nsf.gov/mps/ast/aaac/p_1_108-423_doe_high-end_computing_revitalization_act_of_2004.pdf (дата обращения: 08.10.2017).
24. Curns T. Improving ISV Applications to Advance HPC. June 17, 2005. – URL: https://www.hpcwire.com/2005/06/17/improving_isv_applications_to_advance_hpc-1/ (дата обращения: 17.02.2018).

25. U.S. Manufacturing—Global Leadership Through Modeling and Simulation. – URL: <http://www.compete.org/storage/images/uploads/File/PDF%20Files/HPC%20Global%20Leadership%20030509.pdf> (дата обращения: 08.10.2017).
26. Executive Order – Creating a National Strategic Computing Initiative. – URL: <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/07/29/executive-order-creating-national-strategic-computing-initiative> (дата обращения: 08.10.2017).
27. A National Advanced Manufacturing Portal. – URL: <http://www.manufacturing.gov/> (дата обращения: 08.10.2017).
28. Materials Genome Initiative for Global Competitiveness / National Science and Technology Council. – URL: https://www.mgi.gov/sites/default/files/documents/materials_genome_initiative-final.pdf (дата обращения: 08.10.2017).
29. Gartner’s 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage. – URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017> (дата обращения: 18.09.2017).
30. Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017. – URL: <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/> (дата обращения: 18.09.2017).
31. Stackpole B. Digital Twins Land a Role In Product Design. – URL: <http://www.deskeng.com/de/digital-twins-land-a-role-in-product-design/> (дата обращения: 18.09.2017).
32. Выписка из Протокола расширенного заседания наблюдательного совета АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» от 21 июля 2016 года № 1.
33. Современное инженерное образование / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.
34. Инженерное образование: мировой опыт подготовки интеллектуальной элиты / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов, К.Н. Киселева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 216 с.
35. Organizational Project Management Maturity Model (OPM3®), Knowledge Foundation (3rd Edition), 2013.
36. BIM framework. <http://www.bimframework.info/>
37. GBM. <http://www.toyota-engineering.co.jp/english/>
38. Gregor M. et al. Digital factory. Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems. 2009. V. 3. P. 123–132.
39. Böhler P., Dittmann J., Michaelis D., Middendorf P. Lightweight Design, 2016. Springer Process Simulation as Part of Industry 4.0.
40. Интервью с заместителем председателя правления УК «Роснано» Юрием Удальцовым. «Нужно вырастить когорту технопредпринимателей».
41. Stephan M., Kerber W. «Ambidexterity»: Keeping the Balance between Resource Exploration and Exploitation.
42. Биленко П. Н. Жизнь в форме J: риски и возможности ускорения диффузии технологий. <https://goo.gl/Pg3uar>
43. Китайские госкомпании вложат 150 млрд юаней в новые технологии. <https://hightech.fm/2017/05/17/china-investment>
44. Биленко П. Н., Гандралян С. Ж., Шевченко А. П. Выбор и внедрение средств автоматизированного проектирования (САПР) на предприятиях группы ГМС. Насосы и оборудование. 4-5/2011.
45. FastStorageBW II : Fraunhofer IPA startet Kleinserienproduktion von Powercaps. <https://goo.gl/vrrMWE>
46. Бирбраер Р. А., Альтшуллер И. Г. Основы инженерного консалтинга. Технология, экономика, организация. Третье издание.

47. Гюнтер Шу, Рейнер Андерл, Юрген Гауземайер, Михаель тен Хомпель, Вольфганг Вальсетр. Индекс зрелости Индустрии 4.0, исследование Asatech. Управление цифровым преобразованием компаний.
48. Лысенко Л. В., Биленко П. Н., Лысенко С. Л., Шаталов В. К., Челенко А. В. Индикатор нематериальных активов в оценке научно-технического уровня предприятия. М., 2017.
49. Биленко П. Н., Лысенко С. Л., Завалеев И. С., Лысенко Л. В. Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда. М., 2017.
50. П.Г.Щедровицкий, Д.А.Ковалевич «Конвейер инноваций», 2012
51. Пётр Щедровицкий, Грани производительности, Интервью в газете Коммерсант от 07.06.2019
52. Пётр Щедровицкий, Три индустриализации России, 2018
53. Пётр Щедровицкий, Д.А. Ковалевич Возвращение предпринимателя, 2017

Фотографии на обложке:

Фотографии из цеха завода: АО "Транснефть Нефтяные Насосы", pumps.transneft.ru

Фотография работы с помощью гарнитуры дополненной реальности: производственные участки компании AGCO, www.agcocorp.com

Приложение 1

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ ДИАГНОСТИКИ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ КОМПАНИИ

Редакция 20.09.2017

Содержание:

Раздел 1. Проектирование и технологическая подготовка производства

- Сегмент 1. Единое информационное пространство
- Сегмент 2. Цифровое моделирование и оптимизация процессов и продуктов, включая FEA/CFD/CAE
- Сегмент 3. Конвергенция цифрового и физического в продуктах и информационная модель выпускаемого продукта - цифровой двойник
- Сегмент 4. Корпоративная инновационная система и акселератор
- Сегмент 5. Интеллектуальная собственность предприятия

Раздел 2. Производство

- Сегмент 6. Цифровой реверс-инжиниринг
- Сегмент 7. Аддитивное производство и быстрое прототипирование
- Сегмент 8. Энергоэффективность
- Сегмент 9. Автоматизированные рабочие места в цехах
- Сегмент 10. Производственные системы

Раздел 3. Управление и материально-техническое снабжение

- Сегмент 11. Цифровое управление логистикой
- Сегмент 12. Трансфер технологий
- Сегмент 13. Кросс-отраслевая кооперация
- Сегмент 14. Партнерство с образовательными платформами
- Сегмент 15. Управление проектами

Раздел 1. Проектирование и технологическая подготовка производства
Сегмент 1. Единое информационное пространство

1. Кросс-функциональное подразделение САПР на предприятии

А.	Сформировано более двух лет назад. Обеспечило внедрение и сопровождение работы CAD, CAM, CAE, PDM, ERP, MES и других модулей единого информационного пространства предприятия	4
Б.	Сформировано более двух лет назад. Обеспечило внедрение и сопровождение работы CAD, CAM, CAE	3
В.	Сформировано в течение последнего года	2
Г.	Работа ведется без формирования отдельного подразделения	1
Д.	Нет	0

2. Конфигуратор заказов, онлайн прием заказов через веб опросные листы

А.	От 60% заказов принято через онлайн-конфигуратор	4
Б.	От 20% заказов принято через онлайн-конфигуратор	3
В.	В опытной эксплуатации	2
Г.	На стадии внедрения, есть результаты первых этапов	1
Д.	Нет	0

3. Автоматизированное проектирование, CAD

А.	Вся документация (модели и чертежи) на все продукты компании выполнена в трехмерном CAD, система работает более одного года с уверенным и эффективным использованием конструкторскими подразделениями	4
Б.	Трехмерный CAD с параметризацией, оформлением чертежей в той же системе	3
В.	Трехмерный CAD, оформление чертежей в другом CAD	2
Г.	Двумерный CAD	1
Д.	Нет	0

4. Автоматизированная технологическая подготовка, CAM

А.	Библиотека управляющих программ для всех средств производства и составов изделий производственной программы предприятия	4
Б.	В промышленной эксплуатации, для некоторых видов средств производства и изделий	3
В.	В опытной эксплуатации	2
Г.	На стадии внедрения, есть результаты первых этапов	1
Д.	Нет	0

5. Автоматизированное управление производственными процессами, MES

А.	Контроль, мониторинг, прогнозирование в режиме реального времени исполнения производственной программы полностью в MES	4
Б.	В промышленной эксплуатации (менее года), для некоторых видов изделий	3
В.	В опытной эксплуатации (менее квартала)	2
Г.	На стадии внедрения, есть результаты первых этапов	1
Д.	Нет	0

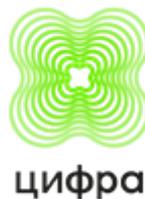
Полный опросный лист может быть направлен по запросу авторам:
Биленко Павлу, Лысенко Сергею, Лысенко Леониду, Завалееву Илье, Фокину Сергею

Авторы

1. **Боровков Алексей Иванович**
Проректор по перспективным проектам
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого,
лидер-соруководитель рабочей группы «Технет» НТИ,
лидер мегапроекта «Фабрики Будущего»
2. **Лысенко Леонид Васильевич**
Доктор технических наук, профессор КФ МГТУ им. Баумана
3. **Биленко Павел Николаевич**
Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО
4. **Верховский Николай Сергеевич**
Руководитель проектной работы, профессор практики
Московской школы управления СКОЛКОВО
5. **Фельдман Максим Олегович**
Директор департамента EMBA- и MBA-программ Московской школы управления СКОЛКОВО
6. **Лысенко Сергей Леонидович**
Генеральный директор ООО «Калуга-Инжиниринг», кандидат технических наук
7. **Завалеев Илья Сергеевич**
LEED AP BD+C, PMP, директор компании HPBS
8. **Фокин Сергей Николаевич**
Технический директор инженерного центра «ТЕКНЕР»
9. **Рябов Юрий Александрович**
Начальник отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра
«Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ, кандидат политических наук
10. **Марусева Валерия Михайловна**
Аналитик отдела технологического и промышленного форсайта
Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ
11. **Красинский Сергей Иванович**
Руководитель отдела сервиса
12. **Парыгин Андрей Викторович**
Сервис-инженер
13. **Демин Павел Викторович**
Сервис-инженер
14. **Третьяков Алексей Борисович**
Сервис-инженер

15. **Чуранов Василий Сергеевич**
Директор по развитию МДС-направления ГК «Цифра, создатель системы АИС «Диспетчер».
16. **Чуранов Сергей Александрович**
Технический директор МДС-направления ГК «Цифра», создатель системы АИС «Диспетчер».
17. **Туманов Анатолий Александрович**
Системный аналитик МДС-направления ГК «Цифра»

Авторы доклада выражают благодарность компаниям-партнерам, принявшим участие в проведении исследования и подготовке доклада.



Корпоративные программы **Московской школы управления СКОЛКОВО**

За **11 лет** мы помогли развить бизнес:

- Более **100 компаниям-клиентам**
- Путем обучения около **15 000 слушателей** корпоративных программ
- В таких отраслях, как нефтегазовая отрасль, банковский сектор, телекоммуникации, информационные технологии, химическая отрасль и другие
- Путем развития таких компетенций, как адаптивность к изменениям, способность принятия решений и ориентация на результат, креативность, стратегическое и бизнес-мышление, клиентоориентированность и другие

Развивая людей – развиваем компании!

За более подробной информацией,
пожалуйста, обращайтесь:



Павел Биленко

Академический лидер модулей Degree в Кремниевой долине
Московской школы управления СКОЛКОВО

Pavel_Bilenko@skolkovo.ru



Олеся Титова

Старший менеджер по работе с корпоративными клиентами
департамента корпоративного обучения
Московской школы управления СКОЛКОВО

Olesya_Titova@skolkovo.ru



Юлия Данчина

Менеджер корпоративных программ
департамента корпоративного обучения
Московской школы управления СКОЛКОВО

Julia_Danchina@skolkovo.ru

Общая информация по образовательным программам
департамента корпоративного обучения:
exedu@skolkovo.ru

Цифровая редакция доклада - skolkovo.ru/odm3