Издаётся с 1924 года
РАДИО®
2•2018
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,
К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),
Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.01.2018 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2018. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,
143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 18-01-00149.

Dr.WEB
Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».
www.drweb.com
Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»
RINET
Internet Service Provider
Телефон: (495) 981-4571
Факс: (495) 783-9181
E-mail: info@rinet.ru
Сайт: http://www.rinet.net

Цифровое предприятие

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Из опыта больших дел я вынес, что пытаться уладить всё сразу часто является ошибкой".

Уинстон Черчилль

Нетрудно заметить, что термин "цифровой" используется сегодня налево и направо в любых интересах и по любому поводу. Поскольку в этой части уже успели отметиться даже "цифровая экономика" с "цифровой политикой", то не избежали этой участи и так называемые "цифровые предприятия", в которые обещают в скором времени превратиться любые производители чего-либо. Впервые термин "цифровое предприятие" был изложен в книге Being Digital директора MIT Media Lab Николаса Негропонте, которая вышла ещё в 1996 г. Правда, подойти к практической реализации идеи цифрового предприятия удалось только сейчас. Но если вам скажут, что цифровое предприятие является логическим завершением процесса автоматизации всего и вся — не верьте.

Во-первых, цифровое предприятие является порождением Индустрии 4.0, о которой уже говорилось на страницах журнала и которая означает не просто революцию, а именно промышленную революцию под номером четыре, "освящённую" как промышленным Интернетом вещей (IIoT — Industrial Internet of Things), так и цифровым предприятием. Уже сейчас на реализацию концепции Индустрия 4.0 выделяются большие средства, а производители промышленных товаров из различных стран мира планируют до 2020 г. вкладывать в это направление немногим менее 1 трлн долл. США в год. Главным образом, инвестиции будут направлены на цифровые технологии, такие как датчики и устройства связи, а также на программы и приложения, такие как системы управления производством (MES). Кроме того, компании выделяют деньги на обучение своих сотрудников и реализацию организационных преобразований. Более половины респондентов считают, что их инвестиции в концепцию Индустрия 4.0 начнут приносить доход через два года или даже раньше с учётом того, что объём инвестиций в этих компаниях составляет 5 % от их годовой выручки.

Во-вторых, естественно, развитие автоматизации существующих производств и бизнес-процессов позволяет добиться некоторого роста эффективности, в целом оставаясь в рамках традиционной бизнес-модели, продолжая выпускать традиционные для данного предприятия продукты и оказывать традиционные для данного предприятия услуги. Сегодня, как отмечают многие отраслевые эксперты, ситуация иная — технологии стирают привычные границы между рынками и определяют новые бизнес-модели. Мир вступает в эпоху цифрового бизнеса, которая характеризуется беспрецедентным уровнем конвергенции технологий, бизнес-процессов, коммуникаций, искусственного интеллекта (ИИ) и различных "умных" вещей. А переход к цифровой форме бизнеса порождает волну прорывных (или подрывных) инноваций (Disruptive Innovations) во многих отраслях.

Индустрия 4.0 предусматривает цифровизацию и интеграцию процессов по вертикали в рамках всего предприятия, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием в процессе эксплуатации. В свою очередь, горизонтальная интеграция цифрового предприятия выходит за рамки внутренних операций и охватывает поставщиков, потребителей и всех ключевых партнёров по цепочке создания стоимости. Здесь используются различные технологии: от устройств слежения и контроля до комплексного планирования,

интегрированного с исполнением в режиме реального времени. Важно, что при этом все данные об операционных процессах, эффективности процессов, управлении качеством и операционном планировании доступны в режиме реального времени в интегральной сети цифрового предприятия. Ну а чтобы приблизиться к указанным революционным высотам, необходимо провести на традиционном предприятии так называемую цифровую трансформацию. Что же под этим понимают?

Международная исследовательская и консалтинговая компания IDC определяет цифровую трансформацию как процесс, который инициируется и происходит под действием внешних факторов, среди которых главным является положительный клиентский опыт. Партнёры и заказчики компании сегодня имеют высокий уровень ожиданий по доступу к информации о работе компании, её услугах и продуктах. Обеспечить такой уровень пользовательского опыта возможно только при использовании технологий, способных агрегировать и обрабатывать данные с их последующим предоставлением клиентам и партнёрам. Именно положительный клиентский опыт позволяет компаниям не только оставаться на рынке, но и увеличивать своё присутствие. Достижение таких результатов тесно связано с повышением операционной эффективности, которая достигается в процессе цифровой трансформации. Представьте, что вы директор вполне себе традиционного предприятия. И однажды вы услышали про предприятие цифровое и задали соответствующий вопрос консалтинговой компании. Потом получили ответ и...

Если вы ничего не поняли из изложенного выше — это не страшно. Вот что, к примеру, говорят про цифровую трансформацию другие консалтинговые компании (кто-то предусмотрительно собрал эту информацию на просторах Интернета).

Accenture говорит, что цифровое предприятие открывает возможность для новых операционных моделей и бизнес-процессов, платформ подключённых продуктов, аналитики и коллективной работы для повышения продуктивности.

PwC связывает термин "цифровое предприятие" с концепцией Индустрия 4.0, делая акцент, прежде всего, на изменении сферы промышленного производства. Компаниям, успешно реализовавшим концепцию Индустрия 4.0, больше не приходится выбирать между повышением валовой выручки и повышением прибыли, они могут улучшать оба показателя одновременно.

McKinsey считает наиболее трудной частью цифровой трансформации культурные изменения, которые должны произойти в компании, чтобы стать цифровым предприятием.

Несложно представить, что скажет, к примеру, прочитав всё это, директор традиционного предприятия, потому что представленная выше цифровая транформационная мозаика не складывается в какую-либо цельную картину. Как минимум он может подумать, что ему что-то недоговаривают. Но что именно?

Если же от директоров спуститься "в народ", то нетрудно убедиться, что там за цифровую трансформацию принимают вообще что угодно, вплоть до простого использования Интернета для продаж, маркетинга и обучения или же некоторой автоматизации в местах наибольшего скопления народных масс, вроде терминалов аэропортов и вокзалов. Причём нетрудно видеть, что порой про цифровую трансформацию и переход к Индустрии 4.0 пытаются говорить люди, находящиеся со своими производственными мощностями на этапе Индустрии 2.0. К примеру, в истории развития офисного ПО был длительный этап, когда оцифровывали работу обычного, лишённого компьютеров "бумажного" офиса: печатающую машинку, таблицу, календарь, планшет для презентаций и пр. И лишь 20 лет спустя догадались, что воспроизводить всё это в цифровом виде — лишняя трата ресурсов. Или нет никакого смысла оцифровывать кадастры, если изначально создать геоинформационную систему с соответствующими атрибутами для видимых со спутника земельных участков.

Разумеется, одной из проблем цифровой трансформации является то, что сегодня каждый из поставщиков продуктов или услуг ищет способы зацепиться за модный (и пока больше маркетинговый) термин и показать, почему именно этот поставщик и является ключевым элементом цифровой трансформации бизнеса.

На самом же деле цифровая трансформация — это использование всего пула современных технологий (от скоростных сетей связи и инновационных ИТ-приложений до Big Data, 3D и IoT с промышленным Интернетом) для кардинального повышения производительности и ценности предприятий. Быть может, лучше сказать это по-другому: кардинальное повышение производительности, конкурентоспособности и ценности предприятий сегодня возможно при параллельном проведении оцифровки бизнес-процессов и их фундаментального реинжиниринга (BPR, Business Process Reengineering). Однако и эти слова требуют осмысления и пояснения. Не секрет, что свойство ориентироваться в своём поведении на уже не существующее, но привычное, присуще и человеку (и животным). И не случайно первые автомобили по своей конструкции ничем не отличались от кареты, а творения многих писателей-фантастов (с железными дирижаблями и крутящимися ручками на телефонных аппаратах в далёком XXI веке) быстро стали попросту неинтересны из-за того, что психологи называют инерцией мышления. Вот процесс BRP и призван "перешагнуть" указанную инерцию.

Оцифровка бизнес-процессов — это ни что иное, как их автоматизация на базе широкого использования информационных технологий. Однако тотальное осуществление автоматизации весьма дорогое, а зачастую и бесполезное занятие. Ведь когда автоматизируется всё подряд, автоматизируют также и все существующие на предприятии проблемы, недочёты и "косяки". В результате подобная автоматизация не только не принесёт ожидаемого счастья, но и усугубит проблемы, предоставив к услугам менеджмента лишь очередную цифровую "палку-копалку". В этой части хорошо высказался кто-то из великих: "нельзя автоматизировать беспорядок". А что надо?

Прежде всего, необходимо провести широкий аудит производственной деятельности, чтобы постараться понять, в чём можно было бы получить дополнительные конкурентные преимущества: в снижении себестоимости, в экономии ресурсов, в повышении качества, оперативности и надёжности, в развитии обратной связи с клиентом, в переходе на другие продукты и, наконец, в смене бизнес-модели. Но разве, спросите вы, любой директор предприятия всегда не занимался тем же самым? Конечно, занимался, просто сегодня к его услугам появилось много новых возможностей, порождённых стремительным развитием ИКТ со всеми сверхскоростными сетями передачи данных, широкополосным доступом, мобильной связью, "облаками" и прогрессирующей роботизацией всего и вся. Всеми этими возможностями надо суметь грамотно воспользоваться.

К примеру, вместо автоматизации работы сотрудников, ответственных за работу с клиентами, нужно создавать системы самообслуживания, минимизируя количество посредников между клиентом и конечным сервисом или продуктом. В этой части серьёзные процессы протекают сегодня в банковской сфере, когда выяснилось, что чуть ли не 80 % стандартных банковских процедур может осуществлять не сотрудник-операционист, а программа-робот. А быстро развивающийся мобильный банкинг, не требующий ни зданий, ни сотрудников (а лишь наличия грамотной ИТ-службы), тоже лишний раз иллюстрирует, что же такое цифровая трансформация.

Что касается клиентов предприятий (от обычных граждан до других предприятий и организаций), то сегодня они также вооружены плодами развития ИКТ в части информативности, достоверности, прозрачности и оперативности, что заставляет их поднимать планку своих ожиданий от любых производителей. Более всего растут ожидания клиентов по поводу скорости и качества предоставления услуг. Особенно это касается молодого поколения потребителей. Высокий уровень сервиса становится требованием по умолчанию. Запрос на получение кредита, активация услуги, заказ товаров, доступ к информации о расходах, получение консультации — клиенты хотят выполнять все эти операции здесь и сейчас с помощью устройств, которые у них под рукой. Современные потребители всё больше ценят своё время, им нужна мгновенная обратная связь, а также понятный и удобный интерфейс для удовлетворения их потребностей. Хороший дизайн информационных ресурсов (к примеру, наличие онлайн-чатов, индивидуальный подход) — это

мир, к которому клиенты уже успели привыкнуть, потому что многие из них уже живут в этом мире. Не стоит думать, что всё сказанное более касается сферы услуг, и любой потребитель промышленной продукции как минимум заинтересован в её грамотном сопровождении поставщиком во время эксплуатации и своевременной реакцией на возникающие проблемы и недоработки.

Поэтому-то для того, чтобы соответствовать новым повышенным ожиданиям клиентов, поставщики должны не просто ускорить оцифровку своих бизнес-процессов, а зачастую и попросту изобрести их заново (иначе — провести реинжиниринг), переоценив в новых условиях собственные силы и потенциал. Необходимо также помнить, что, согласно определению, реинжиниринг — это фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование деловых процессов для достижения резких, скачкообразных улучшений в решающих, современных показателях деятельности компании: стоимость, сервис и темпы. Посему главные цели цифровой трансформации — это повышение скорости принятия решений, увеличение вариативности процессов в зависимости от потребностей и особенностей клиента, снижение числа вовлечённых в процесс сотрудников (то есть цепочек принятия решений и создания стоимости). В целом социальность, мобильность, аналитика и "облака" являются фундаментом, на котором строится цифровое предприятие. Но просто сам факт использования технологий не делает предприятие цифровым. Организациям предстоит перестроить свою информационную инфраструктуру, чтобы соответствовать требованиям цифрового мира.

Сегодня среди передовиков цифрового производства находятся хайтек-индустрия, банки и ритейл — именно они сейчас получают наибольшие выгоды от цифровой трансформации. Телекому и гостиничному бизнесу нужно задуматься о смене бизнес-моделей и добавлении новых методов в управлении. В рядах консерваторов оказались страховые компании, которые заботятся о сокращении рисков, что мешает им заниматься инновациями. В сферах энергетики и ЖКХ тянет назад унаследованная инфраструктура. Замыкают рейтинг цифровой зрелости фармацевтика, промышленное производство и производство товаров народного потребления, им ещё предстоит выстроить модель цифровой трансформации.

Лучшие компании, так называемая цифроэлита (Digirati), сочетают активность в сфере цифровых технологий и сильное руководство, совершая переход от просто использования ИТ к трансформации бизнеса. Это то, что называют "цифровой зрелостью". Компании по этому признаку существенно различаются, и те, которые являются более зрелыми с точки зрения цифровых технологий, превосходят своих конкурентов в бизнесе.

Capgemini Consulting и MIT Sloan School of Management проанализировали более 400 крупных компаний из разных отраслей, чтобы понять, что для них значит цифровой бизнес. Результаты исследования показали, что от применения новых технологий и методик управления зависят финансовые показатели компаний:

— компании, активно использующие технологии и новые методы управления, в среднем на 26 % прибыльнее своих конкурентов;

— организации, которые много инвестируют в цифровые технологии, но при этом уделяют мало внимания управлению, имеют финансовые показатели на 11 % ниже;

— более консервативные компании, которые улучшают только менеджмент, получают плюс 9 % к прибыли, но потенциально могут приобрести с помощью цифровых технологий втрое больше;

— те, кто ещё не выбрал стратегию развития, имеют негативные финансовые показатели в сравнении с другими игроками рынка — минус 24 %.

Теперь перейдём непосредственно к продукции цифровых предприятий. Цифровизация товаров включает в себя дополнение имеющихся продуктов, например, интеллектуальными датчиками или устройствами связи, совместимыми с инструментами аналитики данных, а также создание новых цифровых продуктов, предназначенных для предоставления комплексных решений. Как минимум это означает работу с IoT и IIoT, чтобы держать руку на пульсе при производстве продуктов и их дальнейшем сопровождении. Благодаря внедрению новых методов сбора и анализа данных (для этого стоит овладеть технологиями Big Data и BI — бизнес аналитики) у компаний появляется возможность получать данные об использовании продуктов и быстро их дорабатывать в соответствии с новыми требованиями конечных пользователей.

В качестве примера можно привести смену бизнес-модели производства и реализации авиадвигателей. Если каждый авиадвигатель оборудован набором датчиков, контролирующих все его ключевые функциональные возможности и эксплуатационные показатели, то регулярный сбор поступающей с них информации (а в случае наличия IoT это так и есть) позволяет производителю постоянно анализировать работоспособность изделия, где бы оно ни находилось. В частности, производитель может заранее понимать, что конкретному двигателю пора сделать внеплановую профилактику, а то и оперативно отправить его в ремонт, заменив другим, во избежание, так сказать, крупных неприятностей. Помимо повышения безопасности полётов (профилактика обычно проводится по графику или в зависимости от рабочего ресурса, что не может предотвратить внезапных отказов и различных возможных проблем с техникой, а то и с заправкой некачественным топливом или же с пресловутым человеческим фактором), это позволяет изменить бизнес-модель авиазавода с продажи непосредственно двигателей на продажу их рабочего ресурса. Иначе говоря, вы платите только за время работающего двигателя в полёте, а все остальные хлопоты берёт на себя производитель. Так продажи заменяются арендой, а капитальные расходы (CAPEX) — операционными (OPEX). Не только эксплуатационные службы, но и грамотные финансисты быстро найдут во всём этом массу преимуществ как для поставщика, так и для потребителя. Собственно, новые цифровые бизнес-модели зачастую и направлены на получение дополнительной выручки от цифровых решений, оптимизацию взаимодействия с клиентом и улучшение доступа клиентов.

Вполне закономерно ведущие отраслевые компании расширяют спектр предоставляемых ими услуг, предлагая клиентам революционные цифровые решения, включая комплексное персонифицированное обслуживание на основе сбора различных данных и интегрированных цифровых платформ. Под цифровой платформой понимается совокупность цифровых данных, моделей (логики, алгоритмов) и инструментов (методов, средств) информационно и технологически интегрированных в единую автоматизированную функциональную систему, предназначенную для квалифицированного управления целевой предметной областью с организацией взаимодействия заинтересованных субъектов. Короче говоря, это суть любого цифрового предприятия. Вокруг каждой цифровой платформы зарождается соответствующая экосистема цифрового предприятия, включающая в себя поставщиков ресурсов и комплектующих, потребителей, а также сервисные и эксплуатационные службы.

Собственно, подобные экосистемы и являются точками роста цифровой экономики. Ну а "дьявол", как всегда, кроется в деталях — если у каждого предприятия будет своя обособленная цифровая экосистема со своими стандартами, методиками и алгоритмами, то в целом по отрасли получится хоть и цифровое, но лоскутное одеяло с нестыкуемыми автоматизированными информационными системами (АИС) и даже просто с различной логикой их работы. Вероятно, стыковать их с помощью денег и интеллекта можно (и сделать это будет проще, чем при Индустрии 3.0), да, впрочем, и не всегда нужно, но в любом случае отсутствие какого-либо регулирующего усилия сверху позитивно лишь на этапе зарождения какого-либо государственного явления по инициативе снизу. Поэтому различным субъектам рынка ещё предстоит решить, создавать ли единую конвергентную экосистему, договорившись о каких-либо стандартах или спецификациях, или создавать много параллельных и во многом дублирующих друг друга обособленных цифровых экосистем.

Впрочем, и на этом потенциальные проблемы не заканчиваются. Согласно исследованию Digital IQ, проведённого PwC, вложение средств в нужные технологии имеет большое значение, однако в конечном итоге успешность трансформации будет зависеть не от специальных датчиков, алгоритмов или инструментов, а от более широкого набора факторов, связанных непосредственно с людьми. Промышленным

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

компаниям необходимо создавать условия для распространения цифровой культуры и обеспечивать прямую заинтересованность в успешной трансформации со стороны топ-менеджмента. Отраслевым предприятиям также нужно привлекать, удерживать и обучать специалистов из числа представителей "цифрового поколения" и других сотрудников, которые смогут не просто спокойно работать в динамичной цифровой экосистеме, а составлять с нею одно целое, оптимально дополняя друг друга как в текущей деятельности, так и в непрерывном развитии. Возможно, в этой части пора в очередной раз вспомнить американского экономиста и одного из самых влиятельных теоретиков менеджмента XX века Питера Друкера, который говорил: "До новейшей эпохи отношения между лидером и сотрудниками строились по модели мастер—ученик. Лидер был сильнее, умнее, опытнее. В современном мире сотрудники сплошь и рядом интеллектуальнее и эрудированнее своих руководителей. Они знают больше тебя, а значит, ты уже не можешь говорить им, что делать. И задача лидера теперь прямо противоположная: он должен уметь учиться у сотрудников. Управлять компанией, черпая знания у тех, кто его окружает".

Ещё одним важным элементом цифрового предприятия и, собственно, настоящего цифрового производства является создание цифровых двойников двух видов: непосредственно предприятия и непосредственно продукта.

Первый вид цифровых двойников позволяет упростить и ускорить вопросы мониторинга, управления, проектирования, технологических процессов и пр., а также, что самое главное, быстро переориентироваться на новые продукты, технологии и бизнес-модели. К примеру, сегодня быстро меняются процессы разработки, а в области производства перемены происходят за счёт применения аддитивного производства, современных робототехнических систем и интеллектуальных средств автоматизации. За всем этим надо успевать. В целом создание цифрового двойника для управления жизненным циклом всей системы производства позволяет предприятиям выйти на новый уровень инноваций. Сегодня всё более активно используются роботы, которые стали гораздо более гибкими, чем раньше.

Второй вид цифровых двойников позволяет создать эталон, в процессе сравнения реальной продукции с которым можно осуществлять мониторинг качества, надёжности, имеющегося ресурса, а также вести учёт и понимать последствия различных эксплуатационных моментов. К примеру, 3D-печать, которая ещё недавно считалась пригодной только для прототипирования, начинает широко применяться в реальном производстве путём "распечатки" цифрового двойника. Его использование позволяет интегрировать расчёты и натурные испытания, а также модели и данные. И это также позволяет устранить разрыв между проектированием и производством. К примеру, задача состоит в том, чтобы максимально использовать информацию, создаваемую на разных этапах проектирования и производства, чтобы коррелировать её между собой, но сейчас ещё существует ряд этапов, на которых инженерная информация производится изолировано. Вот эту задачу и можно решить с помощью цифрового двойника, анализируя продукт на самых ранних этапах посредством виртуальных испытаний, управляя этим двойником и повышая уровень его детализации и точности, чтобы на натурных испытаниях сосредоточиться именно на удовлетворении требований, а не на поиске решений.

Конечно, всё вышесказанное можно продолжать и продолжать, но как говорил У. Черчилль: "Умный человек не делает все ошибки сам — он даёт шанс и другим".

По материалам ***PCWeek, ComNews, pwc.ru, isicad.ru, itweek.ru, digenforum.ru, tops.ru, denreymer.com, ngmsys.com***

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru