

Круглый стол

Цифровое производство: технологическая основа и методология внедрения

Наше издание в рамках Круглых столов на протяжении нескольких лет публикует мнения экспертов ведущих отечественных и западных компаний, как технологических, так и производственных, по большому кругу проблем, связанных с вхождением мировой и российской промышленности в эпоху Индустрии 4.0. Темой сегодняшнего обсуждения являются ключевые цифровые технологии, которые должны быть внедрены на предприятиях, ставших на путь цифрового развития, а также наиболее оптимальные способы их интеграции в производственные и бизнес-процессы.

В Круглом столе принимают участие:

Яков Бережной, руководитель направления жизненного цикла, департамент ГОЗ, АО "Объединенная судостроительная корпорация" (АО "ОСК");

Алексей Вильбой, системный консультант, компания Rittal;

Александр Дмитриев, архитектор по работе с бизнес-партнерами, компания IBM в России, Центральной Азии и Азербайджане;

Петр Ежов, генеральный директор, компания "Си Тех";

Сергей Зубарев, менеджер по развитию основного бизнеса (NX и Teamcenter), компания Siemens Digital Industries Software (Siemens DISW);

Дмитрий Медовщиков, архитектор ИТ-решений, департамент цифровых и инженерных систем, Группа компаний "Борлас";

Иван Смирнов, руководитель направления стоимостного инжиниринга и систем повышения эффективности и безопасности производства, компания Hexagon PPM;

Степан Сурнин, руководитель технического отдела, подразделение промышленной автоматизации, компания Mitsubishi Electric RUS;

Александр Тучков, технический директор, компания "Бюро ЕСГ";

Равиль Хисамутдинов, д.т.н., заместитель директора по развитию по роботизации, ПАО "КАМАЗ";

Ярослава Чекавинская, директор департамента по работе с системными интеграторами, компания Schneider Electric.

– Как должна формироваться стратегия создания цифрового производства в компании, из каких этапов она состоит? Существуют ли единые подходы, обеспечивающие эффективную цифровую трансформацию на промышленном предприятии? Требуется ли такая трансформация кардинальных преобразований в ведении бизнеса? С внедрением каких технологий предприятие может "считаться" цифровым?

Сергей Зубарев, компания Siemens DISW.

Стратегия цифровой трансформации должна формироваться на основе понимания текущей ситуации на предприятии и должна быть спрогнозирована как на краткосрочную, так и на долгосрочную перспективу. При этом такая стратегия должна быть реализуемой. Единой идеологии цифровой трансформации компаний не существует, поэтому они должны применять индивидуальный подход. Существует множество путей цифровой трансформации, по которым могут идти компании. Поэтому компаниям следует работать в своем собственном темпе, обеспечивая быстрые и предсказуемые цифровые преобразования, ведущие к оптимизации операционных показателей. Работа над созданием стратегии цифровой трансформации позволяет найти основные проблемы и соответствующие способы их решения. Чтобы решение этих проблем было продуктивным, нужно наладить диалог с теми, кого затронут будущие изменения, и сформулировать для них конкретные, понятные предложения по развитию, которые помогут им ощутить качественные изменения и преимущества цифровизации. Если компания действует подобным образом, можно считать, что она сделала первый шаг на пути к цифровизации.

Иван Смирнов, компания Hexagon PPM. Основой для формирования стратегии цифрового производства должна стать стратегия развития предприятия и бизнеса в целом. Только следуя стратегическим целям бизнеса, можно правильно разработать стратегию циф-

ровизации, чтобы она не была оторвана от реальности. Фундаментом для цифрового развития является ИТ-ландшафт, который даст понимание, какая ИТ-система и где закрывает потребности тех или иных функций и бизнес-процессов. Для каждого типа бизнеса и производства необходимы свои дополнительные ИТ-сервисы, ведь те технологии, которые применяются на предприятиях дискретного типа, не всегда подойдут для непрерывного производства, аналогичная ситуация в машиностроении и судостроительной отрасли. При внедрении цифровых технологий стоит понимать, что здесь существуют только два пути – либо надо менять и перестраивать программные решения под существующие процессы, либо процессы подстраивать под готовые программные решения. Опыт успешных зарубежных интеграций показывает, что правильнее идти по пути перестройки процессов (на основе best practices и многолетнего опыта внедрений в различных отраслях) и небольшой корректировки программных средств. Максимальный экономический эффект от внедрения цифровых технологий достигается на протяжении нескольких лет, но если на первых этапах внедрения цифровых решений компания начинает получать ответы на вопрос “что, если?”, то уже появляется возможность прогнозирования и разработки средств для сокращения рисков.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric.

При цифровом преобразовании существующих производств, а также при создании новых цифровых заводов, фабрик и промышленных корпораций важно определить главные цели оцифровки и анализа, а также направления развития этих процессов.

Говоря о стратегии и подходах, нужно понимать, что часто компании рассматривают их как постепенную интеграцию различных производственных процессов в систему управления верхнего уровня всего предприятия или бизнеса. Такой подход можно кратко охарактеризовать как движение “сверху-вниз”, то есть от ИТ-систем к полевому уровню производственных цехов. У этого пути есть свои плюсы, например понятность и удобство преобразований для руководства. Как правило, в этом случае сразу выстраиваются приемлемые для руководителей предприятия формы отчетности и требования к предоставляемым данным. Однако у такого подхода есть и серьезные минусы, как например, зачастую нешуточное сопротивление обслуживающего персонала включению технологического оборудования в ИТ-системы предприятия, поскольку при этом не учитываются их интересы, а также иногда создаются дополнительные сложности для привычных циклов производства.

В Японии эксперты по цифровой трансформации считают важным идти от нижнего уровня производства в обратном направлении, то есть “снизу-вверх”. Это означает, что в приоритете при внедрении цифрового производства находится решение проблем и устранение болевых точек непосредственно производственного цеха путем автоматизации. А вслед за этим расширять систему управления сначала на ближайшие, а затем и на отдаленные процессы. Другими словами, ядром создания цифрового производства является прежде всего само производство, цифровые инициативы должны помочь

ему, а не быть самоцелью, иногда даже имеющей на него негативное влияние. В итоге это дает всему предприятию либо бизнесу новые возможности по оптимизации потоков ресурсов и продукции с целью увеличения производительности и сокращения затрат.

Процесс создания цифрового производства можно условно разделить на следующие этапы: формулирование технического задания, моделирование технологических процессов и определение задач системы управления, проектирование, реализация. Далее, в систему управления производством постепенно и планомерно включаются все ближайшие бизнес-процессы: склад и система поддержания климата в цехе, система слежения за продукцией, анализ информации и оптимизация документооборота. Таким образом, через определенное время вся компания находится в единой системе управления. В Mitsubishi Electric концепцию такой объединенной системы управления бизнесом называют e-F@ctory, или “интеллектуальное производство”.

Когда на предприятии или в группе компаний внедрена такая объединенная многоуровневая система управления с постоянными сбором и анализом данных, поступающих от производственных линий и от всех участников бизнес-процессов, такое предприятие можно назвать “цифровым”.

Александр Дмитриев, компания IBM.

При реализации этой цели весьма важна организационная составляющая, то есть то, в какой последовательности, как и какие инструменты и технологии внедрять, чтобы перейти к цифровому предприятию. Одним из важнейших моментов здесь является сбалансированное развитие предприятия с “цифровой” точки зрения. Имеется в виду, что внедрение одного и даже нескольких самых передовых инструментов, например создание Цифрового двойника, использование чатботов и т.д., есть лишь частная задача. Цифровое предприятие предполагает сбалансированное развитие всех ИТ-доменов инфраструктуры, включая оборудование (серверы, системы хранения, сети), ПО, управление данными, архитектурные изменения и не в последнюю очередь воспитание так называемого “цифрового пользователя” – создание цифровой культуры на предприятии.

В IBM методика сбалансированного развития цифрового предприятия отработывалась еще с середины 2000-х годов на основе реальных проектов по всему миру. Продукты и сервисы компании предоставляют возможность внедрять, в том числе с участием бизнес-партнеров, инновационные решения, например, позволяют решить вопрос о переходе к облачному размещению услуг клиента, обеспечить автоматизированное управление оборудованием и программным обеспечением, выбрать правильный баланс между системами, находящимися внутри контура конфиденциальности клиента и внешними системами. При этом первостепенное значение имеет обследование ситуации у клиента, четкое планирование работ на основе KPI и поставленных бизнес-задач, наличие широкого спектра оборудования, ПО и технологий: AI, чатботов, систем автоматизации финансов, высокопроизводительных серверов и систем хранения, мощных пакетов предсказательного анализа



Яков Бережной,
АО "ОСК"



Алексей Вильбой,
компания Rittal



Александр Дмитриев,
компания IBM в России



Петр Ежов,
компания "Си Тех"

и т.д. – в общем, всего того, что необходимо для сбалансированного развития цифрового предприятия.

Алексей Вильбой, компания Rittal. Выбор стратегии цифровой трансформации предприятия следует начинать с постановки конкретных целей, которые планируется достичь в процессе и по окончании преобразований. Это особенно важно, если процесс проходит в несколько этапов, разнесенных по времени и требующих значительных финансовых вложений. Внедрение каждого этапа должно давать немедленную отдачу для улучшения экономических показателей проекта, а также должно обеспечивать максимальный информационный обмен со смежными процессами по всей технологической цепочке для повторного использования накопленных в процессе производства данных. В конечном счете, именно работа с единым массивом данных на всех этапах производства и является основой цифрового предприятия.

Александр Тучков, компания "Бюро ЕСГ". Давайте попробуем говорить на более конкретном языке. Нужно четко разделять цифровизацию (или создание Цифрового двойника) производимого изделия (корабля, автомобиля, прибора и т.п.) и цифровизацию (или создание Цифрового двойника) самого производства. При этом для ряда отраслей (нефтепереработка, атомная и тепловая энергетика и другие производства с непрерывным технологическим циклом) создание Цифрового двойника производимого продукта (электрической энергии или бензина) требует совершенно отдельного подхода, если вообще сегодня реализуемо. Думаю, что даже достижение одной из этих целей (построение Цифрового двойника сложного изделия или сложного производства) можно считать огромным успехом, хотя они и связаны друг с другом очень крепко.

И весьма актуальным является вопрос, зачем нужна цифровизация. Выскажу свое мнение, что в разных сегментах промышленности цифровизация преследует совершенно разные цели. При проектировании объектов и изделий цель – радикальное сокращение сроков проектирования и существенное улучшение его качества, при строительстве же объектов и изготовлении изделий (особенно крупногабаритных) – радикальное сокращение сроков строительства и изготовления. А вот при эксплуатации объектов, особенно сложных технологических объектов, – сокращение сроков простоя дорогостоящего оборудования.

Петр Ежов, компания "Си Тех". В первую очередь необходимо иметь в виду, что любое цифровое производство является сложной организационно-технической системой, создающей либо систему целиком (самолет, корабль, станок), либо узлы/детали для производства системы более высокого уровня. Следовательно, к любым вопросам формирования стратегии цифровых производств следует подходить, используя инструментальный системный подход. Системный подход включает моделирование как собственно изделия, так и процессов его производства, обеспечивая непрерывный поток, первичную и вторичную обработку графических, геометрических, семантических и иных данных. Как при любом процессе создания сложной системы основными этапами здесь являются: постановка задачи, декомпозиция, проектирование, конструирование (программирование), закупка, монтаж, наладка, передача в производство, мониторинг (рефлексия).

Что касается необходимости кардинальной перестройки бизнес-модели, то она требуется в том случае, если ведение бизнеса в компании никогда не опиралось на системное мышление.

Цифровым же предприятие может считаться, когда осуществлена поддержка преобразования информации в цифровой форме от математического описания заготовки к симуляции процесса превращения ее в изделие.

Равиль Хисамутдинов, ПАО "КАМАЗ". Прежде всего компания должна провести обсуждение своих стратегических целей и задач. Цифровое производство, предполагающее перевод производственных процессов на новый технологический уклад, способное быстро перестраиваться и отвечающее всем современным технологическим требованиям, должно позволить компании выйти на глобальные рынки с конкурентоспособной продукцией.

Подходы в каждом конкретном случае индивидуальные – двух одинаковых компаний в промышленности не бывает, в каждом случае это "индпошив" – отдельная оригинальная стратегия. Главное – модернизация управления производственными процессами при цифровизации производства должна привести к значительному повышению производительности труда, другими словами, к высокой эффективности.



Сергей Зубарев,
компания *Siemens DISW*



Иван Смирнов,
компания *Hexagon PPM*



Степан Сурнин,
компания *Mitsubishi Electric RUS*



Александр Тучков,
компания *“Бюро ЕСГ”*

В зависимости от степени зрелости компании могут понадобиться либо незначительные, либо кардинальные преобразования в бизнесе. Чаще всего второе.

Технологий для предприятий, вступающих на путь цифрового развития, существует множество, под “цифровым производством” понимается прежде всего использование технологий цифрового моделирования и проектирования как самих продуктов и изделий, так и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла. Необходимым условием при этом является создание единого информационного пространства, с помощью которого все автоматизированные системы управления предприятием и промышленное оборудование могут оперативно и своевременно обмениваться информацией.

Яков Бережной, АО “ОСК”. Опыт совершенствования и развития высокотехнологичного промышленного производства, к которому в первую очередь относятся судостроительные предприятия, свидетельствует о необходимости разработки Программы создания цифрового производства, содержащей цели и задачи, основные мероприятия и их исполнителей, а также основные этапы. Такая Программа может быть типовой для высокотехнологичных предприятий и обеспечивать эффективность внедрения цифровых технологий. При этом следует различать “цифровизацию” и “цифровую трансформацию” производства.

Цифровизация производства (внедрение цифровых технологий), как правило, приводит к существенным изменениям в бизнес-процессах, в том числе и в процессах управления, которые требуют времени на их адаптацию. Предприятие может “считаться” цифровым (например, цифровая верфь), когда внедрены “сквозные” цифровые технологии, которые обеспечивают максимальный технико-экономический эффект производства (сокращение сроков, повышение качества, надежности и другие показатели). Для судостроения важнейшей особенностью является создание систем защищенной связи, обеспечивающей удаленный доступ участникам жизненного цикла к сведениям, составляющим государственную тайну.

Ярослава Чекавинская, компания Schneider Electric. Когда мы говорим о цифровой трансформации, не стоит сужать контекст цифровизации только до уровня производства. Все-таки производство – это один



Равиль Хисамутдинов,
ПАО “КАМАЗ”



Ярослава Чекавинская,
компания *Schneider Electric*

из видов деятельности, составляющих цепочку формирования ценности организации. Очень часто путают цифровую трансформацию и цифровую оптимизацию. Трансформация – это изменение бизнес-модели, и этот подход требует рассмотрения бизнеса в широком контексте. Поэтому важно понимать, что цифровые проекты должны вести к росту капитализации компании и улучшению финансовых показателей. Отсюда вытекает, что стратегия должна начинаться с правильной постановки бизнес-целей, которые дальше декомпозируются в целевые показатели производственной деятельности. Гнаться за внедрением цифровых технологий ради того, чтобы считаться цифровым предприятием, бессмысленно. Цифровизация не является панацеей, она не решит всех проблем и не обеспечит бесконечного роста бизнеса. А все потому, что существуют такие факторы, как разумность бизнес-модели компании вообще, качество и востребованность продукта, которые могут сильнее влиять на результаты деятельности компании и объем продаж, и цифровой трансформацией тут не поможешь.

Многие скептически относятся к цифровой трансформации именно потому, что в отношении этого процесса были необоснованные ожидания или неправильно поставленные цели и предпринятые подходы к внедрению, при этом корневые причины проблем не решались цифровыми технологиями. Нельзя рассчитывать на то, что цифровые инструменты можно просто купить и запустить, и предпри-

ятие сразу же станет цифровым со всеми вытекающими преимуществами. Это инвестиции не только в ПО, но и в изменение корпоративной культуры, бизнес-процессов, обучение сотрудников. То есть, для успешного внедрения цифровых проектов у компании должен быть соответствующий уровень зрелости руководителей, управленческих процессов, АСУ ТП и самого бизнеса. Только в этом случае компания четко видит свой конкурентный потенциал на основе ИТ, который действительно позволит цифровым проектам достаточно быстро окупаться.

На своем опыте выполнения проектов для создания цифрового производства мы выделили следующие важные факторы их успешной реализации: обязательно должна быть организована совместная работа подразделений, создана дорожная карта и разработан четкий план, основанный на долгосрочном видении, реализован поэтапный подход, связанность проектов, привлечены правильные эксперты с наличием соответствующих компетенций. Первый шаг, как правило, это создание единого информационного пространства – хранилища технологических данных, которое будет единым центром достоверной информации на основе собранных данных из различных систем. Это будет правильная информация, которая будет доставляться правильным людям в нужное время. В результате предприятие получает такой важный актив, как Unified Operations Center – объединенные инженерные, эксплуатационные, производственные и финансовые данные, помещенные в соответствующие контексты, что обеспечит полную прозрачность работы предприятия.

– Концепция цифрового производства подразумевает новую, как сейчас говорится, парадигму проектирования (Smart Design). Между тем в сфере промышленности под цифровым проектированием многими все еще подразумевается создание 3D-геометрической модели с инженерными расчетами. Чем новая модель цифрового проектирования и моделирования принципиально отличается от предыдущего подхода?

Сергей Зубарев, компания Siemens DISW.

Простое создание 3D-моделей в ближайшее время будет уходить на второй план и станет вполне обычной вещью. Отмечу, что компания Siemens меняет парадигму процессов создания изделий и подходы к проектированию и предлагает единую платформу для проектирования, которая объединяет множество дисциплин – от управления требованиями до виртуальной пуско-наладки. Такой подход позволяет получить наиболее полный Цифровой двойник, с управляемой автоматикой, механикой и визуализацией, а не только 3D-модель с проведенным конечно-элементным анализом. Новая модель проектирования позволит сделать первые шаги на пути создания комплексного междисциплинарного решения, что будет способствовать переходу современных компаний с 3D на мехатронику так же, как когда-то был осуществлен переход с 2D на 3D.

Иван Смирнов, компания Hexagon PPM. Разработка проектной документации и проверка ее на коллизии в 3D велась еще в 80-х годах прошлого столетия, с внедрением средств трехмерного проектирования данные работы несколько упростились, стали более визуально понятными, но не все инженеринговые компании смогли перестроить свои процессы на методологию работы в среде 3D. Между тем рынок и заказчики уже требуют передачи на строительные объекты не только документации и спецификаций, но и “живых” средств для управления строительством и дальнейшей эксплуатацией производственного объекта. Поступающая в систему управления инженерными данными информация позволяет создать Цифрового двойника предприятия, получить новый уровень качества во время возведения новых и реконструкции существующих объектов, а также способствует выведению эксплуатации объекта на совершенно другой уровень.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric.

Для реализации концепции Smart Design компанией Mitsubishi Electric используется в частности программный комплекс 3D Simulator MELSOFT GEMINI, который позволяет не только представить 3D-модель цеха, но и также анимировать ее, то есть привести в реалистичное движение все процессы на производственной площадке. Наряду с проведением стандартных необходимых инженерных расчетов это позволяет также наглядно просчитать ожидаемую производительность линий, рассчитать количество необходимого персонала, просчитать различные варианты размещения оборудования, увидеть на графиках движение ресурсов и продукции, оценить нагрузку на систему управления, а также проанализировать предварительный поток данных от производственного цеха. На этом этапе привлекаются эксперты-технологи, специалисты по автоматизации и архитекторы IT-систем. Все это дает возможность увидеть и подобрать оптимальные варианты компоновки цеха, предусмотреть максимальное количество аспектов применения технологий, чтобы предельно корректно рассчитать необходимые затраты и по возможности оптимизировать их.

Александр Дмитриев, компания IBM.

Под Smart Design понимаем как собственно цифровое проектирование и моделирование на протяжении всего жизненного цикла изделия, так и другие технологии (например, так же называют метод автоматизированного сбора объявлений в Интернете для показа с использованием машинного обучения). Что касается отличительных особенностей новой парадигмы, то здесь все достаточно просто. Если раньше фокус был на внедрении именно производственного решения – создании цифровой модели объекта, при котором моделировались размеры, фактура, характеристики и т.д. для возможности работы с цифровым объектом как с реальным изделием, то теперь акцент сместился в сторону общей организации процесса, оптимизации получения результатов моделирования и их использования для практических целей.

Цифровое проектирование необходимо в первую очередь для того, чтобы ускорить цикл разработки изделий, повысить вариативность моделей (для тестирования реального объекта надо его физически создать и зача-

стю уничтожить во время тестирования – это дорого и долго, цифровой же объект можно изменять и тестировать быстро и необходимое количество раз) и снизить стоимость тестовых испытаний (их стоимость в условиях реального производства и в рамках работы вычислительного комплекса несопоставима).

Допустим, вы хотите, чтобы ваши тестировщики и разработчики не зависели от места (могли работать дистанционно), чтобы у них не было простоев из-за сбоев ИТ, чтобы сложнейшие модели обсчитывались очень быстро, была возможна совместная работа команд, одновременно можно было бы выполнять множество различных задач, а результаты одних приложений сразу могли использоваться другими. В этом случае Smart Design будет означать, например, перемещение работы вычислительных приложений в облако, где можно обеспечить все эти условия. С точки зрения IBM, Smart Design – это глобальная задача по созданию современного производственного цикла работы с цифровыми моделями (двойниками).

Алексей Вильбой, компания Rittal. Основное отличие Smart Design от работы с классической CAD состоит в объеме информации, представленной для каждого компонента проектируемого изделия. Помимо графического изображения объекта, это могут быть данные о тепловыделении, типах клемм для физического подключения проводов, видах и параметрах управляющих сигналов и так далее. При разработке изделия в соответствующей программной оболочке такие данные позволяют значительно облегчить процесс проектирования и уменьшить количество ошибок, обусловленных человеческим фактором. Система в реальном времени отслеживает действия пользователя и сигнализирует о выявленных коллизиях, к примеру, для силовых цепей не позволит применить провод меньшего сечения, чем необходимо, предупредит о переполнении кабельного канала, выявит локальные точки перегрева в изделии и предложит варианты местного охлаждения. Важным преимуществом является также автоматическая генерация документов, необходимых для дальнейшего производства и эксплуатации изделия (ведомостей материалов, спецификаций, кабельных журналов и т.д.) – в CAD все эти документы разрабатываются отдельно, что отнимает много времени и повышает себестоимость изделия.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”. Создание цифровой модели объекта или изделия предполагает кроме 3D-геометрической модели сохранение огромного количества атрибутивной информации и документов в самых разных форматах, зачастую никогда не требующихся при проектировании, но необходимых при изготовлении, строительстве, пуско-наладке и эксплуатации и тесно “перевязанных” друг с другом. Часть из них, например схемы потоков и технологические схемы непрерывных процессов в нефтехимии, можно называть логическими моделями технологических установок.

Петр Ежов, компания “Си Тех”. Модель цифрового проектирования и моделирования отличается от предыдущего подхода тем, что математические мо-

дели описывают не только преобразование изделия, но и процессы, осуществляющие это преобразование, с учетом расчетов всех видов требуемых ресурсов – финансовых, материальных, вычислительных и т.п.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Новая модель цифрового проектирования, математического моделирования и управления жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design) включает технологии, обеспечивающие реализацию концепции цифрового “умного” проектирования. Драйвером этого процесса выступает технология разработки Цифрового двойника на основе создания и применения многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений, математических моделей разных классов, уровней сложности и адекватности (в самых общих случаях описываемых нестационарными нелинейными уравнениями в частных производных), а также проведения виртуальных испытаний, применения виртуальных стендов и виртуальных полигонов.

Яков Бережной, АО “ОСК”. В последнее время в судостроении в связи с внедрением цифровых технологий происходят значительные структурные изменения – смещение центра тяжести НИОКР на этап проектирования. Традиционные подходы и технологии, предполагающие и основанные, как правило, на доводке ТТХ корабля путем дорогостоящих и длительных по времени натурных (морских) испытаний, достигли потолка в своем развитии. В связи с этим применение цифровых технологий, в том числе 3D-моделей, в период проектирования корабля выходит на первый план. В этом и состоит концепция цифрового проектирования (Smart Design).

Но сегодня, учитывая уровень разработки цифровых технологий, этого явно недостаточно. Требуется не только цифровое проектирование, но и цифровое производство (Smart Manufacturing), которое обеспечивает, во-первых, применение цифровой конструкторской документации при строительстве кораблей без бумажных носителей, в том числе и 3D-модели, а во-вторых, и это самое главное, применение Цифровых двойников корабля на этапах испытаний. Объем и продолжительность натурных испытаний при применении Цифровых двойников существенно сокращается, при этом уменьшается стоимость и сроки создания перспективных кораблей, существенно повышается их качество. В этом и состоит новый подход в строительстве кораблей и образцов ВВТ.

– На сегодня все еще существуют разные подходы и к определению Цифрового двойника, являющегося одной из главных составляющих цифрового производства. Если ставить цель построения в ближайшей перспективе комплексной цифровой модели предприятия, включающей как полную информационную модель выпускаемой продукции, так и моделирование всех бизнес- и технологических процессов и описывающей поведение реального объекта на всех этапах его жизненного цик-

ла, как следует подходить к реализации такой задачи? Существуют ли на настоящий момент решения, позволяющие ее осуществить?

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric.

К такой задаче следует подходить как к сложному, комплексному и длительному проекту, который даже после его полного внедрения потребует внимания и труда специалистов на всех уровнях для поддержания, оптимизации и адаптации к меняющимся производственным процессам. К сожалению, сейчас не существует и не может существовать готовых решений “из коробки” для “цифровых предприятий”. Это каждый раз непростая интеграция различных технологий, решений и методов преобразования/обработки информации.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”.

Существует очень много альтернативных, иногда разрозненных, иногда островных решений этой задачи. Именно сейчас предпринимаются попытки интеграции этих решений и создания единой информационной среды. Думаю, что результаты появятся в конкретных отраслях в течение нескольких лет, в первую очередь в нефтехимии, атомной отрасли и в крупном машиностроении.

Иван Смирнов, компания Hexagon RPM.

Практически каждый производственный или бизнес-процесс имеет свою информационную систему, которая изолированно от других выполняет возложенные на нее задачи. Объединение этих систем с помощью передачи данных из одной системы в другую – это базовое требование к ИТ-службам со стороны бизнеса. На предприятиях происходит постоянный процесс объединения и миграции данных, в итоге компании имеют собственноручно “скроенное” “лоскутное одеяло”, где часть данных учтена, часть “потерялась”, а где-то данные требуют двойного ввода. В итоге единой целостной картины не имеется.

Идея создания Цифрового двойника состоит в том, чтобы весь бизнес-процесс, от продаж до реализации, включая все стадии закупочной, производственной, логистической функций, объединить в единой информационной модели и получить возможность моделирования этого процесса в информационной среде. Безусловно, это требует изменения части уже использующихся информационных систем, выставления требований к качеству данных, получаемых от производственных систем, внесения дополнительных параметров от коммерческих систем и систем документооборота, но в итоге бизнес получает прозрачную картину своего предприятия в целом, а не отдельных участков и служб. Решения Hexagon RPM (в частности, решения для проектирования промышленных объектов, управления данными, управления закупками и поставками, управления стоимостью проектов, управления стройкой и эксплуатацией объектов) разрабатываются как единая экосистема, которая позволяет объединить в себе данные не только о самом производственном объекте, но и данные из систем учета, закупок, поставок, управления проектами, тем самым представляя бизнесу полную картину функционирования предприятия.

Александр Дмитриев, компания IBM. Термин Цифровой двойник предприятия подразумевает динамическое моделирование, симуляцию процессов, интеллектуальный процесс принятия решений для повышения качества и возможностей производства. Речь идет о создании в кибер-пространстве некоего объекта, отражающего физически существующий объект, причем реальный объект в материальном пространстве и его кибер-образ должны быть связаны в реальном времени для мониторинга, моделирования процессов, предсказания того, что произойдет, и управления им. Здесь есть ряд ключевых моментов. Во-первых, это вычислительная мощность обслуживающего предприятия комплекса (ЦОД или провайдера облачных услуг), которая должна быть достаточной, чтобы успевать обрабатывать огромное количество информации в режиме, близком к реальному времени. Именно поэтому IBM продолжает уделять много внимания разработке и производству высокопроизводительных серверных систем, в частности реализованных на недавно вышедшем процессоре Power10. Во-вторых, необходим серьезный аналитический инструментарий. Особенность аналитических систем состоит не только в том, что они должны уметь анализировать самые разнообразные данные в разных форматах и с огромной скоростью, важно, чтобы ими могли пользоваться специалисты в своих профильных областях. Иначе придется для любого процесса и объекта содержать специальных аналитиков, чтобы вводить данные, выбирать методы анализа, интерпретировать результаты и т.д. Это может свести на нет преимущества цифрового предприятия. Аналитический инструментарий не только позволяет в автоматическом режиме решать аналитические задачи, но и общаться на естественном языке с пользователем, не имеющим аналитической квалификации.

Третий важный момент, который часто упускают из виду, заключается в том, что цифровое предприятие образуют не только собственно производственные процессы (или процессы создания услуг, сервисов), но и вся среда предприятия, начиная с того, кто из сотрудников где сидит (рабочее пространство), как взаимодействует со своей и другими командами и заканчивая всеми теми вопросами, которые возникают у новичков, недавно начавших работу в компании. Раньше эта проблема была актуальна в основном на опасных производствах, где применялось дистанционное управление процессами, но в связи с пандемией она стала, по сути, всеобщей. Назначение разработанной IBM системы TRIRIGA и подобных продуктов – помочь в создании виртуального рабочего пространства, снабженного вспомогательным аналитическим инструментарием, которое также является важной частью цифрового предприятия.

Алексей Вильбой, компания Rittal. Одной из специализаций компаний Rittal и Eplan является комплексное оснащение корпусными изделиями предприятий-сборщиков шкафов управления и электrorаспределения. Для этого круга предприятий определение Цифрового двойника является давно устоявшимся и однозначным – это единая пространственно-ориентированная модель данных, имитирующая физическое и логическое взаимодей-

ствии входящих в ее состав компонентов, а также их реакцию на воздействия извне. Программная платформа Eplan включает подробное цифровое описание компонентов автоматизации большинства мировых производителей, а также набор согласованных САПР для разработки схемотехнических и компоновочных решений общепромышленных шкафов управления. Все следующие производственные этапы, включая закупку, сборку, коммутацию компонентов и тестирование изделия, происходят на основе единого массива данных Цифрового двойника, что гарантирует их 100%-ную согласованность. Прямая выгрузка программ обработки из Eplan ProPanel в обрабатывающие центры семейства Rittal Automation Systems исключает необходимость их программирования. Таким образом обеспечивается максимально точное соответствие реального продукта своему виртуальному прототипу, а данные его Цифрового двойника могут быть использованы в составе цифровой модели предприятия-эксплуатанта.

Петр Ежов, компания “Си Тех”. Решения, а точнее подход, позволяющий выстроить цифровую модель предприятия, существует. Это называется декомпозицией и поэтапным внедрением подсистем.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Сегодня мы работаем над разработкой цифровой платформы для создания Цифровых двойников, способной учитывать до 150 000 целевых показателей и ресурсных ограничений, использующей смежные сквозные цифровые технологии Искусственного интеллекта, Больших данных, распределенных реестров, обеспечивающей управление интеллектуальной собственностью, экспертное сопровождение и прохождение с первого раза физических и натурных испытаний. Задача эта суперсложная, поскольку все зависит от кадров. Однако компании, инвестирующие в развитие технологии Цифровых двойников, могут сократить временные издержки производственного цикла на 30%, и это является весьма действенным стимулом для них.

Яков Бережной, АО “ОСК”. В настоящее время вопросы применения Цифровых двойников приобретают особую актуальность. Да, существуют разные подходы к назначению, определению и применению Цифрового двойника. И утвержденный Росстандартом стандарт (ГОСТ Р 57700.37-2021) ясности в данный вопрос, к сожалению, не внес. По оценке ведущих экспертов в области создания высокотехнологичных образцов ВВТ, в том числе боевых кораблей, для упрощенного понимания роли ЦД следует учитывать следующие соображения. Необходимо различать ЦД предприятия (цифровое предприятие) и ЦД образца ВВТ. Для образца ВВТ применяется не только термин “цифровой двойник”, но и термин “цифровая модель”. Между ними существуют не только различия, но имеется и тесная организационно-функциональная связь. Цифровая модель образца, как правило, моделирует процессы проектирования и изготовления, а также технологические процессы образца. ЦД преимущественно моделирует поведение образца в реальных условиях эксплуатации, в связи с чем ЦД применяются (и это их главное предназначение) на этапах испытаний и особенно в период

эксплуатации. Именно в таком порядке и следует разрабатывать и применять цифровые технологии, в том числе и Цифровой двойник.

– Совершенно очевидно, что в недалеком будущем алгоритмы AI будут встроены во все производственные и бизнес-процессы промышленного предприятия. На сегодня в каких областях производственной деятельности уже внедрены решения на основе Искусственного интеллекта? Какие условия необходимы для успешной реализации проектов с применением Искусственного интеллекта?

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. Для реализации Искусственного интеллекта в проектах управления производством первое, что необходимо, это автоматизация самого производства. Кроме этого должны быть определены критерии успешного функционирования системы управления, то есть показатели, к которым она должна стремиться. Далее необходим достаточный объем актуальных данных с минимальной доступной дискретизацией по времени. Очень помогает накопленная база статистических данных для обучения AI и поиска связей между параметрами технологического процесса. Также совершенно необходимы квалифицированные специалисты, которые будут заниматься разработкой, внедрением и наблюдением за функционированием AI.

Примером успешного использования Искусственного интеллекта в производственной среде могут служить участки металлургических заводов, где AI выдает рекомендации операторам об уставках и вводимых в систему управления заданиях. Сейчас это носит рекомендательный характер, а в дальнейшем планируется, что участки будут функционировать сразу по уставкам и командам, поступаемым от Искусственного интеллекта, внедренного в АСУ ТП.

В качестве еще одного наглядного примера можно привести систему интеллектуального водоканала “Акватория”, разработанную на базе оборудования и ПО Mitsubishi Electric, которая анализирует данные со всех участков городского водоснабжения. В нее сводятся показания со всех датчиков давления с привязкой к местности в реальном времени, также в ней реализован мониторинг состояния всего оборудования. Встроенные в систему алгоритмы Искусственного интеллекта учитывают ежедневные, недельные, сезонные и проч. пики потребления воды. Благодаря гидравлическому моделированию и актуальным данным “Акватория” выполняет поиск оптимального распределения баланса добычи между водозаборами. Это позволяет экономить электроэнергию до 30% за отчетный период вследствие понижения давления на отдельных участках, превентивной диагностики и сокращения аварийных ситуаций.

Александр Дмитриев, компания IBM. ИИ уже сейчас встроено в большое количество операционных и бизнес-процессов у многих наших клиентов. В первую очередь, конечно, это такие направления, как

автоматизация (роботизация) и обеспечение информационной безопасности с применением ИИ. Также это, конечно же, виртуальные помощники, ассистенты, чат-боты для работы с внутренними и внешними клиентами.

В настоящее время системы Искусственного интеллекта внедряются в основном в тех областях, где человек может сохранять контроль за их работой. Они подготавливают данные, факты и аналитику для помощи в принятии решений. Везде, где это целесообразно с экономической точки зрения, такая автоматизация будет продолжаться. Следующий же этап, когда ИИ будет сам принимать решения, обучаться в зависимости от изменяющейся ситуации и действовать не как помощник человека, а как активный участник процесса, потребует проработки целого ряда достаточно интересных и глубоких вопросов, в том числе этических, юридических и даже философских. Насколько близко такое будущее, пока трудно сказать.

Для успешной реализации проектов с ИИ нужен ряд несложных условий: твердое и четкое управление со стороны руководства предприятия (потому что это обычно комплексные проекты, требующие хорошей организации работ), следование лучшим методикам (а они есть у профильных компаний, которые этим занимаются), глубокая проработка модели и алгоритмов (для понимания механизмов их работы – здесь обычно требуются итерации) и системный подход к внедрению, опять-таки зачастую с обратными итерациями и перенастройкой моделей.

Алексей Вильбой, компания Rittal. Вопреки расхожему мнению, сформированному мировой киноиндустрией, Искусственный интеллект пока рано рассматривать как некий компьютерный разум, способный к самостоятельному мышлению. На текущий момент алгоритмы AI способны решать исключительно оперативные задачи, требующие обработки гигантских объемов информации за короткое время. Пожалуй, самым наглядным примером внедрения подобных алгоритмов является машинное зрение: машина в режиме реального времени получает картинку в высоком разрешении, мгновенно сличает ее с эталоном, определяет, находится ли “увиденное” в пределах заданных допусков и принимает решение о необходимости корректирующих действий. В последнее время такие алгоритмы находят широкое применение в системах неразрушающего контроля, пример – проверка качества сварного шва, который выполнил робот на предыдущем этапе производства. Серьезным вызовом в данном случае становятся объемы обрабатываемой информации: к примеру, на цифровом заводе Rittal в г. Хайгер около 250 машин, объединенных в сеть, генерируют до 18 терабайт данных в день. Если передавать этот трафик для централизованной обработки, нагрузка на корпоративную сеть предприятия превысит все разумные пределы. Решением может стать перенос оперативных вычислений непосредственно к машине (edge computing), например, на базе ONCITE – первого полностью готового к эксплуатации защищенного облачного центра обработки данных, соответствующего концепции Индустрии 4.0.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”. К сожалению, мне неизвестно о примерах сколько-то серьезного использования Искусственного интеллекта в

промышленности. Возможно, это просто моя неосведомленность. Но хочется привести цитату с семинара в ВШЭ “Угрозы, которых мы не ожидали от Искусственного интеллекта”: “Плохо обученный Искусственный интеллект опаснее восстания машин”.

Петр Ежов, компания “Си Тех”. На сегодняшний день, я считаю, наиболее самодостаточные решения на основе Искусственного интеллекта внедрены в области автономного судовождения.

Для успешной реализации проектов с применением Искусственного интеллекта необходимы в первую очередь высокий уровень интеллекта разработчиков проекта и достаточность финансирования.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Искусственный интеллект открывает перед бизнесом широкие перспективы, но не у всех организаций есть возможность реализовать задуманное. Сегодня менеджеры всех уровней признают, что Искусственный интеллект способен принести пользу бизнесу, однако, чтобы это стало реальностью, нужно правильно применять инновации в этой области. Например, в случае нашего предприятия управление всей группой роботов в компании – это уже задача Искусственного интеллекта второго поколения, которого еще нет. Мы только в начале пути, который будет долгим и обещает быть суперинтересным.

Яков Бережной, АО “ОСК”. Вопросы внедрения Искусственного интеллекта относятся ко второму этапу интеграции цифровых технологий в производство. Для успешной реализации проектов с применением ИИ необходима реализация проекта “цифровое предприятие”, о чем говорилось выше. И в первую очередь, необходимо внедрение важнейшей подсистемы цифрового предприятия – системы управления производством MES. Именно эта система самая важная и значимая в рамках цифрового предприятия.

– Единая информационная среда цифрового промышленного предприятия подразумевает максимальную свободу взаимодействия всех программных и аппаратных компонентов, в том числе многочисленных систем (SCADA, АСУ ТП, АСУ ГПС, др.), обрабатывающих информацию от огромного количества всевозможных датчиков и контроллеров технологического оборудования и осуществляющих связь с вышестоящими системами управления предприятием (например, MES, ERP, BI). Требуется ли концепция цифрового предприятия особого интегрирующего ПО, которое способно увязать между собой многообразные программно-технические средства различных производителей для работы в едином цифровом пространстве?

Ярослава Чекавинская, компания Schneider Electric. Да, требует, и мы для такой задачи предоставляем ПО System Platform – “система систем”. Это платформа для управления операциями диспетчерского контроля, SCADA и IIoT в режиме реального времени.

Данная система обеспечивает интеграцию мультивендорных систем и оборудования в единой среде, управление операциями для гибридного, дискретного и непрерывного производства, стандартизацию на всех объектах и заводах корпорации. В данном ПО реализована адаптивная среда визуализации, в нем обрабатываются собранные за один год архивные данные менее чем за секунду, предоставляя мгновенный доступ к трендам. Интеллектуальная система оповещения повышает производительность труда операторов. Система упрощает доставку приложений и снижает нагрузку на средства администрирования ИТ благодаря использованию подхода, не требующего установки клиентов, а также снижает риск простоя приложений.

Петр Ежов, компания “Си Тех”. Да, несомненно, таким ПО в первую очередь является центральное хранилище данных всех типов, обладающее всеми необходимыми интерфейсами как по приему, так и выдаче данных.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. К сожалению, на этот вопрос нет простого ответа. Это зависит от количества систем, задач производства, объема поступающих данных, бюджета проекта и планов на дальнейшее развитие. В самом-самом минимальном случае, в условиях ограниченных ресурсов, часто в качестве первого шага достаточно соединить АСУ ТП с АСУ уровня предприятия с помощью стандартных сетевых технологий. Далее “прикрутить” к поступающим данным алгоритмы аналитики и разработать форматы отчетов. После этого необходимо формализовать процессы принятия решений по этой аналитике. Если же есть такая необходимость и позволяют ресурсы, то вполне можно реализовать единую среду, которая будет аккумулировать обработанные данные из всех систем и сервисов, развернутых на предприятии, для формирования актуальной общей картины производства для руководства.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Безусловно, цифровая трансформация производства подразумевает такое ПО. Если ранее оптимизация производственной деятельности применялась лишь в отношении отдельных фаз или этапов, то сегодня в рамках создания цифрового предприятия выстраивается сквозной процесс, включающий не только чисто производственные этапы, от идеи, разработки, проектирования, закупок до изготовления продукции, но и сопутствующую финансовую деятельность, работу кадров, логистику, этап эксплуатации, поддержку работы партнерской сети, субподрядчиков и проч. и проч. Ведь главные цели цифрового производства – это повышение скорости принятия решений, увеличение вариативности процессов в зависимости от потребностей и особенностей бизнеса клиентов, снижение количества вовлеченных в процесс сотрудников (то есть цепочек принятия решений и создания стоимости).

Александр Дмитриев, компания IBM. Существует методика построения Data Fabric (своего рода соединительной ткани с данными), которая представляет собой цельную концептуальную архитектуру управления информацией с полным и гибким доступом

для работы с ней. Главная особенность Data Fabric заключается в интенсивном использовании подходов и инструментария Big Data и ИИ, а также машинного обучения для организации оптимальных алгоритмов управления данными. Построение Data Fabric требует системного подхода к созданию облачного решения, и здесь требуется специализированный инструментарий. Решение IBM Cloud Pak for Data позволяет автоматизировать сбор, обработку и анализ информации, а также использовать элементы ИИ, что является самым главным при создании Data Fabric. То есть, построение гибридного облачного решения с возможностью интеграции работы разнородных приложений за счет правильной оркестрации данных – подход весьма перспективный.

– Какие принципиально новые функции выполняет в концепции цифрового производства Промышленный Интернет вещей в отличие от систем промышленной автоматизации, которые еще несколько десятилетий назад умели связывать между собой тысячи устройств, управлять ими, собирать и обрабатывать полученные от них данные? Какие платформы для построения Промышленного IoT предоставляет рынок (их возможности, преимущества по сравнению с аналогами, область применения)?

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Хотя системы промышленной автоматизации еще полвека назад и умели все это делать, сегодня требуется изменение концепции анализа данных. Нельзя, как известно, автоматизировать хаос, не говоря уже обо всех “косяках” устаревших бизнес-процессов или обслуживающих их информационных систем, что объективно встречается повсеместно. Во-первых, цифровое производство является порождением очередной промышленной революции, а не эволюции автоматизации на базе ИТ. Мир вступил в эпоху цифрового бизнеса, которая характеризуется беспрецедентным уровнем конвергенции технологий, бизнес-процессов, коммуникаций, Искусственного интеллекта и различных “умных” вещей. Промышленный IoT будет одной из ключевых составляющих цифрового производства.

Иван Смирнов, компания Hexagon PPM. Собранные наукой и производством за десятилетия данные, каталогизированные и правильно структурированные, уже сейчас позволяют строить динамически изменяемые компьютерные тренажеры, частично моделировать химию протекающих процессов.

Вообще проблемой моделирования химических процессов производства озабочены еще с восьмидесятих годов, но только сейчас появились инструменты, накопились данные, которые позволяют работать в режимах “что, если”, и задачи научной деятельности в данной области будут переключаться с физического создания опытных установок на их моделирование в информационной среде. Это касается не только самих производств, но и бизнеса в целом, ведь снижение ко-

личества неиспользуемых активов и балансировка производственных циклов — это те задачи, которые стоят в приоритете у менеджмента любой организации.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. Промышленный Интернет вещей позволяет соединить между собой устройства, предприятия и элементы оборудования на большом расстоянии, при этом сохранять связь при их перемещении. Это дает возможность удаленного мониторинга и управления, а также предоставляет огромный выбор различных сервисов.

Прежде чем внедрить технологии Промышленного Интернета вещей, необходимо, чтобы все элементы производства были в так называемом “интранете” вещей, другими словами, необходимо, чтобы оборудование было в сети. Этой цели служит разработанная Mitsubishi Electric концепция e-F@ctory.

Важным преимуществом платформы e-F@ctory является возможность распределенной обработки данных, или периферийных вычислений (edge computing), когда расчеты математических моделей технологических процессов и первичная обработка “сырых данных” (raw data) осуществляются прямо на объекте. Это реализуется с помощью специализированных Си-Контроллеров (C-Controller) либо промышленных ПК (например, MELPC), которые устанавливаются в виде дополнительного модуля к общепромышленному ПЛК. Их плюс в том, что они не требуют дополнительного пространства для размещения, в отличие от сервера, но при этом Си-Контроллер уже способен производить серьезные расчеты по программе, написанной на языках программирования Си и C++, находясь вблизи объекта управления. Это позволяет разгрузить каналы связи между уровнями АСУ, передавая наверх результаты первичных вычислений и обработки данных, что существенно разгружает сервер “верхнего уровня”, снимая с него вычислительную нагрузку. Это особенно актуально при расчетах сложных технологических процессов по их математическим моделям.

Алексей Вильбой, компания Rittal. Концепция Industry 4.0 подразумевает принципиально иное отношение к оперативным производственным данным, пересмотр их ценности и возможностей, которые дает их анализ. Классический контроллер опрашивает подключенные датчики и на их основе вырабатывает управляющие воздействия в соответствии с заложенной программой, основная масса измеренных параметров используется однократно и отбрасывается. В то же время построение трендов этих показаний может иметь определенную ценность для анализа, например оставшегося ресурса тех или иных узлов, планирования ТОиР, предсказания возможных неисправностей. Однако организация отдельной сети сбора данных для этих целей не всегда технологически оправдана в классических системах управления. В системах же, построенных на принципах IIoT, указанные данные имеются по умолчанию — каждый датчик транслирует свои показания в сеть. Остается только бережно собрать информацию и использовать для дальнейшего анализа. Типовые протоколы сетевого взаимодействия при этом открывают возможности для более широкого взгляда на потенциал оптимизации. К примеру, IoT-интерфейс холодильного агрегата или

чиллера Blue e+ позволяет рассматривать его как часть технологического процесса и гибко регулировать производительность под текущие потребности линии, повышая энергоэффективность производства.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”. Использование Промышленного Интернета вещей, с одной стороны, позволяет поднять уровень контроля и управления производством на совершенно другую ступень, с другой стороны, требует от каждого предприятия наличия средств обработки Больших данных. Если умный датчик выдает хотя бы раз в секунду одну цифру (значение давления, температуры и т.п.), а таких датчиков на предприятии десятки тысяч, то объем обрабатываемой информации становится невообразимым. Сегодня большинство промышленных предприятий к этому просто не готовы. Но задач, которые при этом можно будет решать, окажется на порядок больше, чем в современных системах управления технологическими процессами.

Яков Бережной, АО “ОСК”. Вопросы применения и функционирования Промышленного Интернета вещей относятся к уровню разработки и внедрения цифровых технологий в производство. Цепочка “промышленная автоматизация – цифровизация – цифровая трансформация” и характеризует степень (уровень) цифровизации производства. В этой цепочке Промышленный Интернет вещей появляется на этапе цифровой трансформации производства, и его применение позволяет выполнять, в том числе используя ИИ, такие функции, как системный анализ, предиктивная аналитика, прогнозирование с минимальным участием человека-оператора.

– Возможно ли построение Цифрового производства без промышленной роботизации? Как оценить целесообразность внедрения роботов на производстве и необходимую степень роботизации техпроцессов?

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. Это зависит от специфики производства. Бывает, что робот в технологическом процессе просто не нужен, когда, например, на участке нужно принимать решения, с которыми не справится ни он, ни какая-либо программа. Иногда роботу необходимо очень часто менять захваты, что оказывается дорого, долго и неудобно. Бывает наоборот, робота можно установить в самых неожиданных местах, и это будет не только технически, но и экономически оправдано.

Степень нужной роботизации и оптимальное место установки каждого робота помогает определить моделирование работы цеха в программном пакете Mitsubishi Electric 3D Simulator MELSOFT GEMINI.

В качестве примера хотелось бы привести применение робота Mitsubishi Electric на крупнейшем металлургическом производстве в процессе оцинковки листов металла, где он собирает окалину из ванны. Поскольку это происходит в очень суровых и вредных условиях, применение робота сохраняет здоровье сотрудников завода.

Александр Дмитриев, компания IBM. Роботизация нужна везде, где машина оказывается эффек-

тивнее, чем ручной труд. Есть целый ряд областей, где роботизация пока невозможна, и тут мы вступаем в область рассуждений о “сильном” и “слабом” ИИ, об этике и множестве других, пока спорных тем. Можно привести простой пример из, может быть, экзотической области – роботизация в сельской, отдаленной или малонаселенной местности. Компания Local Motors совместно с IBM создала небольшой автобус, изготовленный с помощью 3D-печати (что решает вопрос производства таких автобусов для удаленных и малонаселенных регионов), который управляется Искусственным интеллектом IBM Watson. Ездит такой автобус по внутренним дорогам с небольшой скоростью, собирает пассажиров по дороге, доставляет куда надо – и все это без водителя. Казалось бы, этот пример далек от проблематики цифрового производства. Однако, по сути, он демонстрирует преимущества полностью автоматизированного транспортного предприятия, где продукция тоже является роботом.

Алексей Вильбой, компания Rittal. Решение о роботизации или автоматизации отдельных операций техпроцесса принимается индивидуально для каждого предприятия, общий знаменатель здесь подобрать сложно. Как правило, за основу берутся параметры схожего техпроцесса, оценивается вероятность и степень влияния человеческого фактора на ритмичность работы конкретной производственной линии, после чего производится экономическая оценка целесообразности роботизации. Может ли производство быть цифровым без роботов? Мое мнение – да. В том случае, если возможно обеспечить рабочего оперативной информацией в доступной форме и получать от него обратную связь. На этом принципе работает, к примеру, решение Eplan Smart Wiring – цифровой ассистент электромонтажника для последовательной коммутации элементов шкафа управления, в том числе с применением технологий дополненной реальности.

Петр Ежов, компания “Си Тех”. На мой взгляд, построение Цифрового производства без промышленной роботизации невозможно. А достоверно определить целесообразность и требуемую степень роботизации производственных процессов можно с помощью корректно разработанного бизнес-плана.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Цифровые технологии изменяют саму концепцию производства, делая его дешевле, точнее, быстрее и удобней. Недалек тот день, когда созданный инженерами проект, представленный в цифровом виде, будет полностью воплощаться в жизнь промышленными роботами, без прямого участия человека. Глобальная роботизация начинается как раз с автомобилестроения, и армия роботов, пока не без помощи людей, уже осуществляет сборку автомобилей на заводах. Именно роботизированные технологии будут определять конкурентоспособность предприятий в будущем. Робототехника оказывает влияние на конкуренцию в международном масштабе, повышая уровень производства в тех компаниях, которые вкладывают значительные капиталы в новую технологию, соответственно ослабляя в долгосрочном плане позиции тех, кто не способен идти по тому же пути. Движущие силы

того глобального процесса, который разворачивается под флагом Индустрии 4.0, это автоматизация, роботизация плюс Искусственный интеллект, а их взаимодействие назвали Интернетом вещей. Совершенно очевидно, что достаточно скоро роботы будут доминировать во всех сферах жизни общества.

– Насколько является актуальной на настоящем этапе развития промышленных аддитивных технологий задача их включения в общий производственный процесс цифрового предприятия?

Иван Смирнов, компания Hexagon PPM. Развитие аддитивных технологий затрагивает не только производственные процессы в плане изменения самих производственных циклов, но и изменение подходов к обучению конструкторов, внедрению новых расчетных программных комплексов для проектирования с учетом аддитивных технологий. Драйвером развития аддитивных технологий является необходимость снижения объемов используемых материалов на производствах и строительных площадках, что в свою очередь ведет к прямой экономии и сокращению стоимости на создание производства.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. Эти технологии развиваются с огромной скоростью. Они не только актуальны, но и очень перспективны. Многие детали дешевле и быстрее изготовить с приемлемым качеством с помощью аддитивных технологий путем послойного нанесения. Например, сейчас на базе оборудования Mitsubishi Electric создают 3D-принтеры, с помощью которых изготавливают дома. В подобных установках используются сервоприводы серии MR-J4 и G-CODE Motion, контроллеры серии iQ-R. Интегрируются они в общий процесс предприятия посредством стандартных сетевых технологий на базе Ethernet для управления, мониторинга, а также работы CAD/CAM-систем.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”. Думаю, что это просто новая технология производства изделий, а может быть и строительства объектов, которая рано или поздно займет свое место в производстве. Получаемые сегодня результаты производят огромное впечатление, но лет через 10-15 станут абсолютно привычными.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”. Несмотря на инновационные риски и трудности, связанные с формированием новой рыночной среды и изменением потребительских предпочтений, широкое внедрение аддитивных технологий является неизбежным и перспективным. Аддитивные технологии являются поистине революционными, в корне меняющими структуру производства и рынка как в мировой, так и российской экономике. В настоящее время эти технологии в основном используются для производства промышленных изделий, однако намечается тенденция их более широкого применения. Сдерживающим фактором на сегодня является лишь стоимость материалов, используемых в аддитивном производстве.

– Какие функции в рамках создаваемого цифрового производственного предприятия лежат на корпоративной системе управления проектами?

Иван Смирнов, компания Hexagon PPM. В управлении проектами используется множество информационных систем для их качественного ведения и контроля. Это в первую очередь такие системы, как, например, Primavera/MS Project, базовый фокус которых направлен на календарно-сетевое планирование, базирующееся на модели расчета расписания по методу критического пути. Также используются: сметные системы для оценки стоимости, в части ERP – закупочные системы, системы документооборота, системы управления договорами, системы сбора оперативной фактической информации о выполнении проекта. На основе данных, собираемых в вышеописанных системах, создается некая информационная модель управления и контроля проектов в режимах план-фактного анализа, прогнозирования, оценки состояния по методикам освоенного объема. Все это позволяет организовать качественное управление проектами. Для информационного моделирования проектной деятельности компания HEXAGON PPM предлагает в системе EcoSys путь “от заказчика”, а именно от управления всеми ключевыми проектными структурами, к которым относятся: Work-Breakdown Structure (WBS) – для управления реализацией, Product Breakdown Structure (PBS) – для получения результата и отнесения результата к активу, Cost Breakdown Structure (CBS) – как элемент структурирования затрат и их разнесения по проекту.

Создание единого поля управления проектами и получение данных из систем, задействованных в управлении проектом, дает возможность выйти на новое качество управления проектом, позволяя сократить риски, прогнозировать затраты и контролировать изменения. Агрегируя данные из различных систем управления проектами, компании получают возможность реально оценивать стоимость проекта и напрямую управлять относящимися к нему затратами.

Требования к системе должны включать в себя прямой сбор и передачу данных во все задействованные в проектном управлении системы.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. Главная цель создания такой системы – это достижение выполнения проектов в соответствии с планом, выделенными ресурсами и в заданные сроки.

Из этой цели вытекают и ее основные функции:

- ▶ информирование всех участников проекта и руководства о ходе выполнения проектов в реальном времени;
- ▶ формирование регулярных отчетов о ходе выполнении проектов;
- ▶ учет задействованных ресурсов;
- ▶ предоставление понятной и прозрачной платформы для принятия решений, их согласования, обсуждения, доработки и составления итоговых протоколов;
- ▶ просчет и аналитика ключевых показателей выполненных и текущих проектов.

Александр Дмитриев, компания IBM. Создание цифрового предприятия – это крупномасштабный и долгосрочный проект, требующий тщательного планирования и очень четкого управления. Компания IBM в России еще в 2000-х годах проводила в этой области обследования на крупных предприятиях, одновременно реализуя проекты по их цифровой трансформации. Одним из важных выводов, сделанных на базе более чем 50 проведенных обследований и десятков проектов, был вывод о том, что важнейшим условием для успешной реализации такой задачи является взаимопонимание между бизнесом и ИТ. Оказалось, что информационные технологии, выбранные платформы, решения имеют второстепенное значение по сравнению с четко поставленными целями, продуманным планированием, хорошей оценкой текущей ситуации и детально проработанной моделью будущего предприятия. Так называемый домен управления требует выделенной команды архитекторов, которые будут взаимодействовать и с бизнесом, и с ИТ-подразделением, переводя корпоративные задачи с бизнес-языка на язык ИТ и обратно, устанавливая взаимопонимание между ними и управляя построением решения в комплексе.

Яков Бережной, АО “ОСК”. Вопросы корпоративного управления проектами по созданию образцов ВВТ – важнейшая составляющая эффективности управленческой деятельности. Основная (и главная) функция здесь – концентрация и координация в цифровом формате информации обо всех (финансовых, трудовых, материальных, организационных и других) ресурсах, что обеспечивает выполнение проектов в установленные сроки с заданным уровнем качества. Это важнейшая функция интегрированных структур (управляющих компаний) в процессах создания образцов ВВТ на всех этапах их жизненного цикла.

– Насколько широк потенциал у технологий цифрового “расширения реальности” – VR, AR, MR (смешанной реальности), XR (расширенной реальности) в области интеграции в производственные процессы цифрового предприятия? В каких направлениях может идти этот процесс?

Сергей Зубарев, компания Siemens DISW. Несомненно, применение технологии дополненной реальности является преимуществом для множества компаний. Сложные изделия зачастую затруднительны для восприятия, поэтому одного представления об изделии бывает недостаточно для передачи необходимой информации внутри или за пределы организации. Но с помощью технологии дополненной реальности можно “войти” прямо во внутреннюю структуру изделия, чтобы получить наиболее точное и полное представление о нем. Помимо этого с использованием технологии дополненной реальности может быть воссоздана обстановка реальных рабочих мест и производственных локаций, симулирующая сценарии работы на оборудовании, что позволяет оператору проходить быстрее процесс обучения и адаптации на рабочем месте. Также применение среды дополненной реальности AR в производственном процессе

дает возможность оператору быстрее адаптироваться к постоянно меняющимся характеристикам сложных промышленных изделий при мелкосерийном и штучном производстве за счет использования цифровой копии, отображаемой в поле зрения работы оператора. Поэтому использование технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности может дать новый толчок в развитии компании.

Иван Смирнов, компания Hexagon PPM.

Уже сейчас многие учебные центры на предприятиях используют технологии расширенной и дополненной реальности для проведения обучения специалистов, но без качественно подготовленных данных об эксплуатируемом объекте такое обучение превращается практически в игру. Основой для создания качественного тренажерного комплекса в любом случае должен быть актуальный Цифровой двойник производства, использующий данные из систем проектирования, ТОИР и других, данные лазерного сканирования. Подключение к актуальному Цифровому двойнику технологии дополненной реальности предоставляет возможность не только обучения персонала, но и существенную помощь при проведении ремонтов и замен.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric.

Эти технологии имеют огромный потенциал именно в плане обучения персонала для отработки различных ситуаций на производстве, информирования и помощи при принятии решений. AR существенно увеличивает возможности обслуживающего персонала, когда с помощью AR-очков инженер видит актуальные данные оборудования и справочную информацию. Ожидается, что эти технологии станут в будущем доступнее и проще в реализации, и мы сможем увидеть их массовое применение на цифровых производственных предприятиях.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”.

Думаю, что в проектировании и строительстве будет максимально востребована смешанная реальность (MR), в эксплуатации – дополненная реальность (AR). Виртуальная реальность – это пока еще область игр.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”.

В сфере промышленной индустрии дополненная реальность позволяет повысить производительность прежде всего за счет снижения влияния человеческого фактора, а также дает конкурентное преимущество благодаря повышению эффективности работы. Технология смешанной реальности способна упростить производственные процессы, предоставив работникам на определенном этапе эффективную помощь. Снижение влияния человеческого фактора благодаря использованию голографических инструкций и практически исключение связанных с ним ошибок существенно улучшают качество производства, особенно в сфере технического обслуживания или выполнения ремонтных работ в отраслях, требующих большой точности операций и опыта персонала.

Дмитрий Медовщиков, Группа компаний “Борлас”.

Фактически, технологии VR, AR, MR, XR – это просто частные случаи технологии виртуальной реальности, с нюансами по взаимодействию пользователя с реальными и виртуальными объектами. Все

технологии виртуальной реальности нацелены на выполнение трех основных функций – поддержка принятия решений, обучение и контроль состояния. Все эти задачи крайне востребованы в рамках цифрового предприятия в областях, в которых задействован персонал различной квалификации. В качестве примеров частных случаев применения данных систем могут служить AR-ассистенты сборочных процессов, AR-интерфейсы операторов (сложные посты управления и операторные на предприятиях энергетики, химии, нефтехимии, нефтепереработки), MR-учебные полигоны для специалистов, обслуживающих агрегаты нефтедобычи, VR-тренажеры по ПЛАС/ПМЛА (план локализации и ликвидации аварийных ситуаций / план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий), VR-системы психодиагностики.

В сущности, технологии виртуальной реальности, являясь по сути интерфейсами с расширенной обратной связью, открывают новое измерение для взаимодействия человека с системами цифрового предприятия на всех уровнях, что однозначно будет востребовано в условиях увеличения информационной нагрузки на конкретного сотрудника.

– Это факт, что многие отечественные компании заинтересованы только в максимально выгодных проектах, которые смогут принести ощутимый доход уже в краткосрочной перспективе. Можно ли достоверно смоделировать экономический эффект от внедрения отдельных либо комплекса цифровых производственных технологий?

Алексей Вильбой, компания Rittal.

Да, безусловно! И такая оценка может быть весьма точной, если она основана на опыте ранее реализованных подобных решений, в том числе зарубежных, в конце концов, и само понятие Industry 4.0 родилось не в России. В этом смысле многолетний опыт Rittal International и его российского представительства ООО “Риттал” сложно переоценить.

Равиль Хисамутдинов, ПАО “КАМАЗ”.

Безусловно можно, так как при разработке проекта ключевым критерием для защиты его перед инвесторами является быстрая окупаемость. Развитие цифровых производств связано с созданием новых наукоемких продуктов, спрос на которые не всегда возможно точно спрогнозировать, а потому применение цифровых технологий, особенно на первых этапах запуска производства, может снизить целевые показатели модели – “копейка в копейку” ни в одном проекте не сходится. Инвесторы обычно принимают отклонения до 10%, иначе не было бы желающих участвовать в разработке проектов.

Александр Дмитриев, компания IBM.

Стратегия ориентации на краткосрочный выигрыш не оправдывает себя в долгосрочной перспективе. Компания IBM всегда занималась новаторскими разработками, вкладывала немалые ресурсы в перспективные технологии. Искусственный интеллект, облач-

ные платформы, работа с распознаванием и синтезом естественного языка – все эти темы на ранних этапах не приносили большой прибыли, но требовали больших вложений. Но такие долгосрочные разработки окупаются впоследствии, потому что у компании появляются сильные конкурентные преимущества, в том числе в части интеллектуальной собственности. И сегодня, например, в гибридных облачных системах, такие решения, как Cloud Pak, в сочетании с выстроенной экосистемой бизнес-партнеров (развитие которой тоже требует немалых затрат и усилий), приносят заслуженные плоды и нам, и нашим промышленным заказчикам.

Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”. Думаю, что можно смоделировать экономический эффект только от внедрения отдельных цифровых производственных технологий, поскольку комплексное внедрение по-прежнему находится на стадии экспериментов. Но время быстро расставит все по своим местам.

Именно внедрением целого ряда цифровых производственных технологий и занимается Группа Компаний “САПР-Петербург”. Это и разработка, и внедрение Систем Управления Инженерными Данными (СУИД) в самых разных отраслях промышленности (в первую очередь в нефтехимии). Это и разработка информационных моделей объектов промышленного и гражданского строительства, включая модели сложных технологических установок и интеллектуальные технологические схемы, в том числе и с целью занесения в СУИД. Это также и отработка технологий работы с результатами трехмерного сканирования (работа с облаками точек объемом в терабайты). Это в том числе целый ряд традиционных работ по внедрению систем автоматизации проектирования и электронных архивов и документооборота инженерной документации.

Яков Бережной, АО “ОСК”. Опыт внедрения и применения отдельных цифровых производственных технологий свидетельствует об их низкой эффективности, так как другие производственные процессы нивелируют полученный локальный результат. Моделировать локальный (промежуточный) результат возможно, но на конечном этапе эффект от внедрения таких технологий нулевой. Еще раз – только комплексное внедрение и применение цифровых технологий обеспечивает максимальный технико-экономический эффект от бизнес-процессов на всех этапах жизненного цикла высокотехнологичных образцов ВВТ.

Дмитрий Медовщиков, Группа компаний “Борлас”. Как правило, внедрение цифровых технологий на производственных предприятиях – процесс не простой и трудоемкий, который требует от команды не только знания технологий, но и наличия отраслевой экспертизы и понимания особенностей производства клиентов.

На предприятиях, начинающих цифровизацию с нуля, экономический эффект достигается эффектом низкой базы, то есть при внедрении небольших цифровых технологий или MVP (Minimum Viable Product, минимально жизнеспособный продукт) будущего большого проекта при небольших усилиях достигается самолетный эффект (сокращение времени на производственные

операции и выпуск готовой продукции, снижение брака, повышение эффективности в принятии управленческих решений, ускоренная адаптация сотрудников предприятия к производственным задачам), что позволяет уже на этапе внедрения оценить экономический эффект.

Но если не продолжать улучшения и не развивать цифровое решение на другие участки, участвующие в бизнес-процессе, экономический эффект останется на прежнем уровне (все яблоки, висящие снизу, будут уже собраны). Для достижения большей экономической отдачи необходимо от цифровизации переходить к цифровой трансформации. Между этими понятиями есть существенная разница.

Цифровизация означает применение цифровых технологий в рамках уже существующей производственной модели, создание Цифровых двойников и математических моделей отдельных процессов производства, внедрение технологий M2M, BLE, TOIP, машинного зрения, цифровых помощников и др. В этом случае в основном затрагиваются отдельные производственные процессы внутри компании, и экономический эффект достигается путем оптимизации бизнес-процессов, лежащих на поверхности. Срок реализации таких проектов – от полугода до года.

Цифровая трансформация подразумевает не только цифровизацию отдельных производственных процессов внутри производственного предприятия, но и изменение организационных принципов ее работы и совершенствование бизнес-культуры с использованием цифровых и организационных инструментов, применение Lean-практик (SMED, TPM, 5S, карты создания потока ценности и др., вовлечение промышленного персонала в бизнес-процессы), а также оптимизацию производственных мощностей. В этом случае можно более точно рассчитать экономический эффект для компании на несколько лет вперед. С другой стороны, срок реализации таких проектов может достигать до 3-4 лет, тем самым увеличивая срок возврата инвестиций, а также риски прекращения проекта из-за внутренних и внешних факторов.

Степан Сурнин, компания Mitsubishi Electric. Цифровые производственные технологии – всего лишь инструмент, и очень многое зависит от того, насколько его использование соответствует задачам и целям проекта. Несмотря на необходимость инвестирования в освоение новых цифровых производственных технологий, при разумном подходе переход на новый уровень автоматизации открывает возможности для сокращения производственных затрат, снижения потребления энергоресурсов, сокращения брака продукции, предоставляет возможность постоянного отслеживания состояния оборудования и превентивной диагностики. Проанализировав эти параметры, можно приблизительно посчитать, насколько это экономически выгодно как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Благодарим спикеров, принявших участие в обсуждении.

Круглый стол провел Павел Коломягин

4-7 ОКТЯБРЯ 2022



**ХІ ПЕТЕРБУРГСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ГАЗОВЫЙ
ФОРУМ**

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

+7 (812) 240 40 40 (ДОБ. 2166, 2122)
GF@EXPOFORUM.RU

18+

GAS-FORUM.RU