

М. И. Самогородская,
И. А. Бейнар,
Т. С. Наролина

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация: цифровая трансформация экономики России в условиях глобализации экономики и появления новых информационных технологий становится объективной необходимостью. Если в банковской сфере, ритейле и хайтек-индустрии цифровые технологии в настоящее время являются неотъемлемым инструментом бизнеса, то в промышленности цифровизация делает первые шаги. Низкая операционная эффективность, устаревшие бизнес-модели, недостаточная ориентация на рынок и потребителя — вот основные факторы, тормозящие цифровые процессы на предприятиях авиационно-космической отрасли.

Цифровая трансформация предприятий авиакосмической отрасли потребует кардинальной оптимизации всех внутренних бизнес-процессов, начиная от проектирования новой продукции и заканчивая маркетингом. Концепция цифровизации в авиастроении заключается в дополнении окружающего мира виртуальной средой. Основная задача - рассматривать летательный аппарат как «систему систем» и внедрять платформенный подход работы с цифровыми данными, который позволяет объединить все процессы, начиная от проектирования и заканчивая эксплуатацией аппарата. Требуется сломать все барьеры между различными циклами развития аппарата: от концепта до сервисной поддержки — созданию цифрового двойника изделия.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, цифровое предприятия, цифровая трансформация экономики, бизнес-процессы, BigData, промышленный интернет вещей, машинное обучение, аддитивные технологии, ERP, ECM, авиакосмическая отрасль

UDK 658.512

М. И. Samogorodskaya,
I. A. Beynar,
T. S. Narolina

FEATURES OF DIGITAL TRANSFORMATION ENTERPRISES OF AEROSPACE INDUSTRY

Adstract: Digital transformation of the Russian economy in the context of economic globalization and the emergence of new information technologies is becoming an objective necessity. While digital technologies are now an essential business tool in the banking, retail and high-tech industries, digitalization is taking its first steps in the industry. Low operational efficiency, outdated business models, and a lack of market and consumer orientation are the main factors that slow down digital processes in the aerospace industry.

The digital transformation of aerospace enterprises will require cardinally optimizing all internal business processes, from designing new products to marketing. The concept of digitalization in the aircraft industry consists in adding a virtual environment to the surrounding world. The main task is to consider the aircraft as a «system of systems» and implement a platform approach to working with digital data, which allows you to combine all processes, from design to operation of the device. It is necessary to break down all barriers between different cycles of development of the device: from concept to service support-to create a digital duplicate of the product.

Keywords: digitalization, digital technologies, digital enterprises, digital transformation of the economy, business processes, BigData, industrial Internet of things, machine learning, additive technologies, ERP, ECM, aerospace industry.

Введение

Приоритетной задачей, определяющей стратегическое развитие экономической системы России, является ее цифровая трансформация. Мировые тенденции глобализации экономики, появление новых информационных и телекоммуникационных технологий, относимых к четвертой промышленной революции не оставляют никаких шансов для отечественных производителей работать по старинке. В то время, как руководители российских предприятий только начинают осваивать терминологию цифровой экономики, их партнеры и конкуренты за рубежом активно применяют цифровые технологии в практике своей деятельности и получают от этого существенные дивиденды.

Проблема заключается в том, что многие российские менеджеры воспринимают цифровизацию скорее как модный тренд, а не как современный механизм повышения эффективности хозяйственной деятельности и усиления конкурентных позиций предприятия.

Наибольшее развитие цифровые технологии в настоящее время получили в банковской сфере, хайтек-индустрии и ритейле. Наименее успешными с точки зрения цифровой зрелости являются промышленные предприятия, производящие как товары народного потребления, так и средства производства, в том числе — предприятия авиационно-космической отрасли. К объективным причинам такой «нерасторопности» оборонно-промышленного комплекса специалисты относят «низкую операционную эффективность, устаревшие бизнес-модели, недостаточную ориентацию на рынок и потребителя» [4].

Материалы и методы

Основная проблема цифровой трансформации предприятия связана с тем, что она затрагивает не только технологические процессы и операции, но и все экономические, организационные и управленческие аспекты функционирования предприятия. Изменения носят глобальный характер. Но в результате осуществления цифровой трансформации реализуется комплекс стратегических задач, включая оптимизацию процессов проектирования и производства продукции, улучшения ее качества,

улучшения финансово-экономических показателей работы предприятия и роста конкурентоспособности предприятия.

К сожалению, времени для подготовки к участию в процессах цифровизации у предприятий авиационно-космической отрасли практически не осталось. Необходимо уже сегодня внедрять цифровые технологии во все сферы деятельности предприятия, чтобы завтра не оказаться среди аутсайдеров.

Под цифровым предприятием понимается хозяйствующий субъект, применяющий цифровые и телекоммуникационные технологии во всех плоскостях своей деятельности (исследованиях и разработках, производственных процессах, материально-техническом обеспечении и маркетинге и др.), в результате чего достигает «конкурентного преимущества высокого порядка» [10].

В ходе исследований, проведенных MIT Sloan School of Management и Capgemini Consulting в отношении более 400 субъектов хозяйствования различной отраслевой принадлежности, было установлено, что результаты финансово-хозяйственной деятельности напрямую определяются степенью активности применения новых технологий, механизмов и инструментов [9, 10]. Результаты анализа представлены в таблице.

Базой цифровой трансформации субъекта хозяйствования считается активное и регулярное использование SMAC (социальных, мобильных, аналитических и облачных) технологий. Однако это является только началом цифрового развития. В дальнейшем потребуются глобальная перестройка информационной инфраструктуры предприятия в контексте применения технологии BigData, роботизации производства, машинного обучения, промышленного интернета вещей и др.

Технологии BigData (бизнес-аналитики) в настоящее время повсеместно используются в процессе управленческой деятельности руководителей разных уровней на многих отечественных предприятиях. Под BigData — понимается комплекс разнообразных механизмов, методов и инструментов обработки большого объема как структурированной, так и неструктурированной информации для решения конкретных задач. Наиболее известными тех-

никами и приемами анализа, применимыми к BigData можно считать краудсорсинг, машинное обучение, искусственные нейронные сети, распознавание образов, прогнозную аналитику, имитационное моделирование и др. Цифровая трансформация предприятия сопровождается увеличением

объемов базы данных в разы по причине того, что в систему менеджмента попадает информация как из внешних структур и социальных сетей, так и от разнообразных датчиков технологических процессов на предприятии, которые в свою очередь также постепенно переходят в цифровую сферу.

Т а б л и ц а

Зависимость доходности работы предприятия от использования новых технологий

Степень использования новых технологий	Финансовый результат
Предприятия, активно применяющие как новые технологии, так и новые методы управления	Доходность предприятия на 26 % выше, чем у конкурентов
Предприятия, активно инвестирующие средства в цифровые технологии, но игнорирующие необходимость изменения системы управления	Доходность предприятия на 15 % выше, чем у конкурентов
Предприятия, активно применяющие новые методы и инструменты управления	Доходность предприятия на 9 % выше, чем у конкурентов (но при использовании цифровых технологий потенциальная прибыль увеличилась бы в 3 раза)
Предприятия, не применяющие новые технологии и методы управления	Доходность предприятия на 24 % ниже, чем у конкурентов

В основе концепции Интернета вещей (IoT) заложен принцип межмашинного общения без вмешательства человека. Ключевое преимущество такого метода коммуникаций заключается в возможности объединения различного рода систем между собой с целью осуществления постоянного и безошибочного сбора необходимой информации, исключая лишние звенья (посредников) из бизнес-модели. Промышленный интернет вещей (IIoT) в свою очередь синтезирует в комплексе «концепцию межмашинного общения, использование BigData и проверенные технологии автоматизации производства» [12]. Применение IIoT в на предприятиях авиакосмической отрасли позволит значительно сократить потери, связанные с перерасходом сырьевых ресурсов, простоями и ремонтами технологического оборудования. Проблемы недостаточного качества выпускаемой продукции также будут решены в результате повышения надежности поставок материальных ресурсов, оптимизации системы контроля качества, практической реализации концепции бережливого производства. По мнению экспертов, использование в производстве технологий бережливого производства способ-

ствует существенному сокращению затрат на изготовление продукции, оптимизации логистических процессов, росту производительности труда на 30—70 % [3, 6].

Особую значимость Промышленный интернет вещей имеет для предприятий, предполагающих переход на «контракты жизненного цикла», регламентируемые ФЗ № 44. В этом случае ответственность производителя выходит за рамки реализации и продукции и распространяется на последующее ее техническое обслуживание, ремонт и утилизацию. Благодаря функциям IIoT можно оптимизировать эти работы, за счет чего значительно повышается качество сервиса, и как следствие — эффективность хозяйственной деятельности предприятия в целом. Специальный алгоритм позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния оборудования, ранее проданного клиентам, выявлять потенциальные проблемы в его работе и анализировать причины их возникновения.

Цифровая трансформация предприятия обязана затронуть сферу экономики, управления и финансов. Основным цифровым инструментом в этой сфере является система ERP (Enterprise Resource Planning), позво-

ляющая осуществлять стратегическое планирование ресурсов субъектов хозяйствования. ERP — это «организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности» [5]. Использование данного программного продукта позволяет сделать производственную систему более гибкой и адаптивной по отношению к потребителям. Реакция производителя на запросы потребителей существенно ускоряется, и новая продукция выводится на рынок значительно быстрее.

Система документооборота предприятия в условиях цифровизации также претерпевает существенные изменения. ECM (Enterprise content management) — единая платформа для хранения, обработки и управления документацией предприятия. Это техническое решение, позволяющее перевести внутренний и внешний документооборот с бумажных носителей на цифровой формат. Применение безбумажных технологий в практике работы предприятия — еще один резерв повышения эффективности его функционирования.

Применение отдельных цифровых технологий в различных сферах деятельности предприятия еще не делает его цифровым. Изменения должны осуществляться комплексно и системно. Большое значение на результаты цифровизации оказывает отношение сотрудников к происходящим преобразованиям. В большинстве случаев потребуется изменение менталитета работников и корпоративной культуры в целом. Приоритетным фактором успеха цифровой трансформации является коллектив людей с их знаниями, умениями, навыками, целеустремленностью и пр. Функционирующие повсеместно в настоящее время традиционные системы управления кадрами должны трансформироваться в прогрессивные системы управления талантами, обучения и развития сотрудников [7, 9]. Современной тенденцией в контексте повышения квалификации сотрудников является «машинное

обучение» (machine learning, ML) — «класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач» [5]. Это современный метод обработки статистической информации и ее последующего анализа, применяемый, как правило, для сложных, динамических процессов, включающих большое количество параметров, которые к тому же являются малоизученными.

Результаты и обсуждения

В настоящее время в целях оптимизации ресурсов в отрасли самолетостроения выделены следующие перспективные направления развития и объекты производства: региональный реактивный SSJ-100, серийный выпуск ближне- и среднемагистрального MC-21; развитие российско-китайского проекта — дальнемагистрального CR-929; легкие бизнес-джеты, воздушные суда для специальных работ — пожарные, санитарные, спасательные, транспортные; ближнемагистральные самолеты с невысокими требованиями к условиям базирования (в том числе с вертикальным взлетом и посадкой); электрические самолеты; перспективные тяжелые вертолеты; скоростные вертолеты; беспилотники; самолеты-амфибии; экранопланы.

Кроме того, по мнению специалистов необходимо «развивать выпуск различных авиадвигателей, современной авионики и автоматизированных систем управления и навигации. Не стоит забывать о создании новых материалов, в том числе для аддитивных технологий» [1].

Цифровая трансформация предприятий авиакосмической отрасли потребует кардинальной оптимизации всех внутренних бизнес-процессов, начиная от проектирования новой продукции и заканчивая маркетингом. При проектировании новых изделий целесообразно использовать механизм «цифрового представления изделия по жизненному циклу (проектирование, производство, испытания, эксплуатация, предиктивный ремонт)». От постепенного развития технологий компьютерного моделирования к разработке виртуальных прототипов, а далее — к более высокому уровню — созданию цифрового двойника изде-

лия (ЦДИ) — таковы современные мировые тенденции в этой сфере [3, 6]. Применение данной технологии с одной стороны — позволяет существенно сократить издержки на проектирование новых изделий, с другой стороны — дает возможность прогнозировать процесс эксплуатации изделия, так как цифровой двойник содержит точную информацию о проектируемом аппарате.

Концепция цифровизации в авиастроении строится на дополнении реальных объектов виртуальной средой. Основная задача — рассматривать летательный аппарат как «систему систем» и внедрять платформенный принцип использования цифровой информации, в основе которого лежит объединение всех процессов, начиная от проектирования и заканчивая эксплуатацией аппарата. Требуется устранить все препятствия, возникающие между различными этапами развития летательного аппарата: от возникновения идею до организации сервисного обслуживания. Благодаря цифровым технологиям появляется возможность создания полноценной 3D-модели аппарата, к которой будут применены все данные о его фактическом использовании [1].

Сформированная таким образом база данных позволит производителям и авиакомпаниям отслеживать состояние отдельных компонентов, а своевременное применение полученной информации обеспечит возможность выявления и устранения причин отказов, а также оперативно оптимизировать конструкцию аппарата. Цикл «разработка-эксплуатация-информация-разработка» открывает перспективу постоянного совершенствования разрабатываемых проектов с меньшими рисками и оптимальными затратами. Отсутствие внеплановых простоев оборудования и персонала, точно прогнозируемое техническое обслуживание аппаратов — очевидные преимущества работы по принципу «система систем».

Высокая стоимость продукции авиакосмической промышленности в России во многом связана с существенной трудоемкостью и материалоемкостью производства. В этой связи вытеснение ручного труда и повсеместная автоматизация и роботизация технологических процессов — единственно возможный путь развития предприятий этой отрасли в условиях цифровизации. От отдельно взятых автоматизированных

участков за относительно короткий период времени необходимо перейти к полностью автоматизированному производству. Для моделирования технологических процессов при подготовке автоматизации и роботизации производства в мировой практике используются специальные средства CAPE (Computer Aided Process Engineering), построенные на принципах имитационного моделирования и дополненной реальности в производственном процессе. Эти средства обеспечивают проверку проектируемого процесса на предмет подбора соответствующего оборудования, приспособлений и инструментов, отсутствия встречных материальных потоков, соответствия длительности производственного цикла установленным нормативам и др. еще до начала монтажных работ [8].

Для решения проблемы сокращения материалоемкости производства необходимо заменять традиционные для авиастроения виды сырья и материалов на новые, обладающие лучшими механическими, оптическими, тепловыми, электрическими и прочими характеристиками, значительно расширяющие возможности будущих разработок. По мнению специалистов, применение полимерных конструкционных материалов (ПКМ) в конструкции самолетов (в частности ИЛ-112) способствует уменьшению их массы на 20—30 % и сокращению числа применяемых деталей. В результате производственный цикл изготовления самолета также значительно сокращается, что в конечном итоге влияет на уменьшение стоимости самолета [1].

Оптимизировать производственные процессы на предприятиях авиакосмической отрасли в условиях цифровизации позволяют аддитивные технологии, представляющие собой послойное наращивание и синтез объектов с помощью компьютерных 3D технологий. В результате применения инструментов 3D-печати и сканирования объектов на опытных участках в ОАО «Пермский моторный завод «Сатурн», ПАО «Кузнецов», АО «ОДК — Авиадвигатель», АО «Климов» затраты на изготовление отдельных деталей (в том числе и серийных) сократились в два раза, в то же время трудоемкость производства уменьшилась в пять раз. Увеличение количества деталей, производимых с помощью аддитивных технологий, в буду-

щем позволит получить более значительные экономические выгоды.

Существенную долю затрат на изготовление продукции авиакосмической отрасли составляют логистические издержки. Оптимизировать логистические процессы субъектов хозяйствования в условиях цифровизации позволяют различного рода системы автоматизированных транспортных средств и дронов, комплексы датчиков и сенсоров, с помощью которых осуществляется оперативный мониторинг движения товаров и услуг. Максимально возможная автоматизация управления складскими запасами, применение цифровых систем отбора материальных запасов, оснащенных световой индикацией («умные» полки, *pick-by-light*) обеспечивают значительное сокращение логистических издержек и дают возможность повышения производительности труда в несколько раз. Наиболее перспективным инструментом цифрового управления логистикой в настоящее время является система радиочастотной идентификации (RFID), позволяющая контролировать передвижения материальных потоков.

Значительной проблемой, тормозящей процессы цифровизации в авиастроении, является недостаток квалифицированных кадров. На отечественных предприятиях наблюдается существенная нехватка не только высококвалифицированных рабочих и ИТР, но и специалистов в области управления инновациями и интеллектуальной собственностью, в сфере проектного управления и системного инжиниринга, маркетинга, экономики, права [9].

Необходимо понимать, что построение эффективного менеджмента на предприятии должно предшествовать его цифровизации. Изначально требуется оптимизировать систему управления, повысить качество кадрового потенциала, а уже после этого внедрять стандарты цифрового управления. Если этого не сделать, есть высокая вероятность того, что неверно выбранный тип организационной структуры, несовершенные системы мотивации и др. обеспечат субъекту хозяйствующему субъекту управленческую отсталость в долгосрочной перспективе [7, 9].

Помимо прочего, существенно тормозит цифровой прогресс в авиастроении существующая на данный момент система НИ-

ОКР. Темы исследований зачастую дублируются; довольно часто задачи ставятся исходя из возможностей конкретного ОКБ, а не потребностей отрасли; цифровые технологии далеко не всегда применяются; финансовые ресурсы, выделяемые государством, являются довольно ограниченными, да еще и распыляются. В итоге вложенные многомиллионные инвестиции являются неэффективными, а результаты НИОКР так и остаются невостребованными [1].

В качестве перспективной задачи для снижения затрат на производство летательных аппаратов специалисты выделяют развитие серийного производства в отрасли. Несомненно, себестоимость серийного производства на порядок ниже единичного. Но в современных условиях не представляется возможным поставить аппарат на конвейер и производить его в первоначальном виде несколько лет. Перспектива получения больших однотипных заказов достаточно сомнительна. Как вариант — должна быть предусмотрена возможность модификации серийного летательного аппарата, доведения конструкции под конкретный заказ.

Заключение

Таким образом, цифровая трансформация предприятия — это глобальная стратегическая задача, предполагающая значительные инвестиционные вложения и кардинальные изменения в его инфраструктуре и бизнес-процессах. Уровень доходности предприятий авиакосмической отрасли России не позволяет им осуществлять эти изменения самостоятельно. Необходима существенная поддержка государства в контексте создания цифрового кластера, позволяющего использовать единые ИТ-решения и технологии для всех предприятий отрасли. Решение насущных проблем авиастроителей в плане поддержки процессов разработки, производства и эксплуатации летательных аппаратов в перспективе позволит обеспечить более глобальные преимущества коллаборации на основе платформенного подхода. «Такая модель взаимодействия позволяет развивать сложные кросс-дисциплинарные решения не только на основе инженерии, но и естественнонаучных дисциплин, энергетики и любых других сфер знаний. Эти возможности дают преимущества в решении задач,

требующих колоссальных коллективных усилий, например, при освоении космоса. В этом контексте цифровизация переступает границы коммерческих и экономических отношений и становится силой, объединяющей специалистов ради создания прорывных инноваций» [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиапром: тотальная цифровизации, консолидация отраслевой науки и селективная конкурентоспособность. — URL: <https://www.aviaport.ru/digest/2017/10/16/489049.html>.

2. *Аренков И. А.* Трансформация системы управления предприятием при переходе к цифровой экономике / И. А. Аренков, С. А. Смирнов, Д. Р. Шарафутдинов, Д. В. Ябурова // Российское предпринимательство. — 2018. — Т. 19. № 5. — С. 1711—1722.

3. *Бабкин А. В.* Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития / А. В. Бабкин, Д. Д. Буркальцева, Д. Г. Костень, Ю. Н. Воробьев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — 2017. — Т. 10. № 3. — С. 9—25.

4. *Бельзер М.* Цифровизация промышленности: модный тренд или необходимое условие для сохранения конкурентоспособности? / М. Бельзер. — URL: <https://promdevelop.ru/tsifrovizatsiya-promyshlennosti-modnyj-trend-ili-neobhodimoe-uslovie-dlya-sohraneniya-konkurentosposobnosti/>

5. Википедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ERP>.

6. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0». — URL: http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry2016_rus.pdf.

7. *Самогородская М. И.* Необходимые условия для обеспечения эффективности цифровой трансформации экономики / М. И. Самогородская // Организационно-экономические и управленческие аспекты функционирования и развития социально-экономических систем в условиях инновационной экономики : сб. науч. тр. по материалам 3-ей всероссийской науч.-практ. конф. — Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019. — С. 55—60.

8. *Самогородская М. И.* Проблемы инвестирования в условиях цифровой трансформации экономики / М. И. Самогородская // Управление инновационно-инвестиционной деятельностью : сборник материалов Всероссийской юбилейной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». — Саратов: Научная книга, 2019. — С. 140—144.

9. *Самогородская М. И.* Тенденции изменения системы менеджмента субъекта хозяйствования под влиянием цифровой трансформации экономики / М. И. Самогородская // Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития : сборник научных статей Межрегиональной научно-практической конференции. — Курск, 2019. — С. 336—340.

10. *Трофимов О. В.* Функционирование промышленных предприятий в условиях цифровой экономики / О. В. Трофимов, А. Г. Саакян // Фундаментальные исследования. — 2018. — № 8. — С. 122—126.

11. Цифровая платформа в аэрокосмической отрасли как способ повышения эффективности работы предприятия. — URL: <https://avtprom.ru/news/2019/10/03/v-ramkakh-evraziiskogo-a>

12. Что такое Интернет вещей: существующие технологии. — URL: <https://strij.tech/publications/tehnologiya/chto-takoe-internet-veschey.html>.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

Самогородская М. И., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической безопасности

*E-mail: marta17@yandex.ru
89036504307*

Бейнар И. А., кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности

*E-mail: beinar@mail.ru
89038551884*

Наролина Т. С., кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности

*E-mail: narolina@inbox.ru
89102865405*