УДК 338.4

DOI: 10.18384/2310-6646-2020-1-74-81

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Сазонов А. А.¹, Васильева И. А.², Михайлова Л. В.¹

¹ *Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)*

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, Российская Федерация

² *Московский государственный областной университет*

141014, Московская обл, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24, Российская Федерация

Аннотация. Цель. Цель данной работы заключается в исследовании целесообразности применения цифровых технологий при реализации технологической концепции «Индустрия 4.0».

Процедура и методы исследования. Авторами проведён анализ развития цифровых технологий при реализации новой технологической концепции.

Результаты проведённого исследования. Определены перспективные технологии цифровизации и рассмотрены особенности и преимущества применения технологии цифрового двойника в концепции «Индустрия 4.0». Представлен перечень современных технологий, используемых в авиастроении в рамках данной концепции.

Теоретическая и практическая значимость. В статье сформулированы задачи применения современных технологий управления жизненным циклом изделий, которые заключаются в обеспечении достижения и контроля тактико-технических и эксплуатационно-технических характеристик и целевых критериев эффективности за счёт автоматизированной сквозной поддержки на всех этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: цифровые технологии, технологическая концепция «Индустрия 4.0», цифровая трансформация, жизненный цикл изделия, авиационная промышленность, цифровой двойник

THE STUDY OF MECHANISMS OF MANAGEMENT OF DOMESTIC INDUSTRIAL ENTERPRISES UNDER THE CONDITIONS OF THE NEW TECHNOLOGICAL CONCEPT

A. Sazonov¹, I. Vasilyeva², L. Mikhailova¹

¹ *Moscow Aviation Institute (National Research University)*

4, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation

² *Moscow Region State University*

24, Very Voloshinoy st., Mytishchi, 141014, Moscow Region, Russian Federation

Abstract. Aim. The aim of this article is to study the feasibility of using digital technologies in the implementation of “Industry 4.0” technological concept.

Methodology. The authors analyzed the development of digital technologies in the implementation of the new technological concept.

Results. Promising digital technologies are defined and the features and advantages of digital twin technology application in Industry 4.0 concept are considered. A list of modern technologies used in aircraft engineering within the framework of this concept is presented.

Theoretical and Practical Implications. The article outlines the objectives of application of modern technologies of product life cycle management, which consists in ensuring achievement and control of tactical, technical and operational characteristics and target performance criteria due to automated end-to-end support of all stages of life cycle.

Keywords: digital technology, “Industry 4.0” technological concept, digital transformation, product life cycle, aviation industry, digital twin.

Введение

Цифровая трансформация процесса создания авиационной техники является реальным изменением базовых подходов в авиастроении. Речь идёт о комплексном изменении всех взаимосвязанных решений по всем этапам жизненного цикла самолёта – от замысла и проведения первой осевой линии до разработки документации, испытаний, запуска в серийное производство и эксплуатации [1, с. 56].

Необходимо различать понятия *цифровизации* и *цифровой трансформации*. Если первое понятие – это решение существовавших ранее задач с применением средств автоматизации, то второе – перестройка самих задач, внедрение в процесс создания самолёта новых, ранее не существовавших технологий. Искусственный интеллект – первый помощник в накоплении, анализе и передаче данных в унифицированном формате. Объединённая авиастроительная корпорация отмечает, что 3D программы сокращают проектирование в 2 раза.

Все чертежи, оторвавшись от бумаги, быстро адаптируются и переносятся на специальные пятикоординатные станки. Единое информационное пространство обеспечивает полную прозрачность жизненного цикла продукции, состоящего из нескольких этапов: исследование новых направлений в развитии; разработка продукции; создание условий и запуск серийного производства; непрерывное сопровождение в использовании [4, с. 41]. В случае изменений в течение всего процесса корректировка в IT-сфере будет более быстрой и экономной. Виртуальные испытания проходит цифровой двойник до тех пор, пока не будет получен результат. Именно так спроектированы все новые самолёты, в т. ч. летательные аппараты пятого поколения: истребители Т-50 и Су-35С, учебно-боевой Як-130, пассажирские лайнеры (в т. ч. МС-21).

Теоретическая основа

Крепкая основа любого вида авиатехники – это его двигатель.

Двигателестроительная отрасль без своевременной цифровизации будет тормозить конкурентоспособность авиапродукции на мировом рынке. В этой отрасли успешно используются аддитивные технологии, производятся композиционные материалы. Роботы выполняют лазерную сварку и перфорацию, наносят термобарьерные покрытия. Современный самолёт служит до 50 лет. Его покупка составляет 40 %, а дальнейший сервис – 60 % всех затрат. И этот сервис предполагается сделать с помощью цифровых технологий шире и эффективнее. Самолётостроители, поставщики и авиакомпании будут в цифровом пространстве постоянно обмениваться информацией о характеристиках и особенностях эксплуатации [6, с. 32].

Примером цифровой трансформации является создание «цифрового двойника» самолёта – виртуального объекта, на котором можно промоделировать поведение реального самолёта «в железе» или его отдельной системы, выявить первопричину отказа, проверить сценарий поведения в нештатной ситуации или сократить время обслуживания самолёта в аэропорту. Это – не применение компьютеров для оптимизации существующей технологии, а создание новой технологии. Или, например, внедрение промышленного интернета вещей, виртуальной и дополненной реальности в процессы эксплуатации – это новый, ранее не существовавший процесс, позволяющий не технику самолёта выявлять отказы и элементы конструкции, требующие его вмешательства, а самой конструкции самолёта информировать техника о необходимости выпол-

нить те или иные работы, указать ему зоны доступа и выдавать на удобные устройства отображения необходимые технологические сведения¹. Это новый процесс, которого раньше не было, который строится на стыке нескольких дисциплин. Или, к примеру, задачи топологической оптимизации элементов конструкции. Это новая ветвь конструирования, появившаяся, когда это стали позволять, с одной стороны, технологии материаловедения, с другой стороны – производственного оборудования, с третьей – цифровые технологии. В результате появилась возможность создавать детали и узлы самолёта значительно меньшей массы без уменьшения прочности и ресурса [3, с. 15].

Авиастроение является довольно консервативной областью, где подобные изменения внедряются постепенно и очень осторожно, при том что цифровая трансформация открывает массу новых возможностей и перспектив. Технические решения, применяемые в новых самолётах, всегда балансируют на стыке смелого полёта творческой инженерной мысли, новейших достижений науки, технологий и опыта, извлечённых уроков, в т. ч. из аварий и катастроф. В ПАО «ОАК» значительное внимание уделяется последовательному и всестороннему изучению новых технологических подходов, практик их применения в других отраслях, где возможные побочные эффекты применения технологии

¹ Цифровизация, промышленный интернет вещей и Индустрия 4.0. // Neftegaz.ru. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/management/142438-tsifrovizatsiya-promyshlennyy-internet-veshchey-i-industriya-4-0-kratko> (дата обращения: 06.12.2019).

не столь критичны, отработке их в плотных задачах. И только после уверенности в эффективности и безопасности технологии она выводится на промышленное внедрение. Сегодня для ПАО «ОАК» перспективными технологиями в цифровизации являются [9, с. 346]:

- технологии искусственного интеллекта;
- аналитика на основе Больших данных (*Big Data*), семантический поиск по большим объёмам информации;
- задачи проектирования, оптимизации, производства конструкций с использованием аддитивных технологий, композиционных материалов, создание изогридных конструкций;
- создание цифровых двойников самолёта для решения разных задач;
- применение дополненной и виртуальной реальности при проектировании, производстве и поддержке эксплуатации самолёта;
- промышленный интернет вещей;
- технологии прогнозной аналитики отказных состояний.

Отработка указанных «новых» технологий выполняется одновременно с развитием и совершенствованием «старых», много лет существующих цифровых технологий. Никогда нельзя сказать, что мы полностью овладели той или иной технологией и владеем ею в совершенстве [7, с. 360]. Такого состояния не бывает. Например, на российских предприятиях технология создания трёхмерного электронного макета существует с середины 90-х гг. прошлого века, в этой технологии разработан не один самолёт. При этом объём новых требований к программному обеспечению, методическим ре-

шениям, нормативной базе с каждым годом только растёт. И так по всем технологиям – требуется их непрерывное совершенствование.

Особенности применения цифровых технологий на предприятиях

Цель применения современных технологий управления жизненным циклом при разработке авиационной техники – обеспечение достижения и контроля тактико-технических и эксплуатационно-технических, целевых критериев эффективности, заданных в тактико-техническом задании на авиационный комплекс, повышение качества создаваемых изделий с сокращением сроков и затрат за счёт автоматизированной сквозной поддержки на всех стадиях жизненного цикла изделия всех процессов его разработки, изготовления и эксплуатации. Высокая эффективность применения цифровых технологий для решения этой задачи может быть достигнута только при разработке, производстве и эксплуатации самолётов по документации строго в электронном виде, с применением цифровых технологий, когда все данные об изделиях структурированно аккумулируются в системе управления жизненным циклом [8, с. 40].

Задача-минимум для достижения указанной цели – это реализовать процесс разработки, создания и эксплуатации изделия в электронном виде, с применением цифровых технологий, а именно на основе «цифрового прототипа», или полного электронного определения изделия в виде совокупности структурированной электронной технической документации различных

типов. «Цифровой прототип», в случае реализации его в виде электронного подлинника, даёт возможность трансформировать цифровые данные о выпускаемом или разрабатываемом изделии в один из главных бизнес-компонентов предприятия. Он также позволит реализовать процесс разработки и последующего сопровождения продукции, обладающей высоким показателем конкурентоспособности, существенным образом оптимизирует время её выхода на рынок, повысит общий показатель качества, минимизирует затраты на проектирование и техническую поддержку. «Цифровой прототип» должен также обеспечить замену или существенное сокращение дорогостоящих натурных стендов и лётных испытаний за счёт использования прецизионных и аттестованных расчётных физико-математических моделей [5, с. 1054].

Одним из главных аспектов эффективного и качественного использования технологии цифровых двойников является то, что процесс непосредственной разработки высокотехнологичных систем и устройств должен осуществляться только при учёте обозначенной концепции, что в конечном итоге и даст возможность ощутимым образом воздействовать на разработку текущих бизнес-процессов внутри предприятия, а также позволит, к примеру, спроектировать принципиально новые сервисы и услуги. Использование цифровых двойников наиболее целесообразно для продукции, обладающей следующими критериями [2, с. 98]:

- организация процедур непосредственного сопровождения продукции высококвалифицированным сервисом;

- производимая продукция обладает довольно продолжительным жизненным циклом (от 4 до 65 лет);

- на предприятие установлено довольно большое количество однотипного оборудования;

- продукция обладает различными условиями использования и имеет обширный диапазон применения;

- изделие установлено в труднодоступных местах, а, значит, процесс его технологического обслуживания может быть затруднён.

На предприятиях ПАО «ОАК» уже более 10 лет применяются методы математического моделирования, в т. ч. при разработке, испытаниях и обеспечении эксплуатации таких машин, как Су-57, Су-35, SSJ-100 и др. Разработаны сотни математических моделей и десятки методов подтверждения соответствия. При этом постоянно выявляется необходимость системного подхода к внедрению технологий цифровых испытаний на всех этапах жизненного цикла, обеспечивающего не только сокращение количества натурных испытаний за счёт вычислительного эксперимента, но также расчётное подтверждение достигаемых характеристик на ранних этапах разработки и расчётный контроль уровня этих характеристик в эксплуатации. При этом основную сложность представляет не столько разработка и даже не валидация (проверка сходимости) модели, сколько представление результатов моделирования в качестве доказательной документации при государственных испытаниях и сертификации в связи с несовершенством нормативной базы.

Выводы

В заключение можно отметить, что сфера авиастроения претерпевает цифровую трансформацию. Цифровые технологии позволяют более точно и эффективно решать широкий круг конструкторских, производственных и эксплуатационных задач, что позволит в ближайшем будущем создавать более безопасную авиатехнику. Перспективные направления авиастроения – это не только внедрение и централизация цифровых технологий. Авиапром активно использует нанотехнологии, всё больше

заменяет материалы для производства воздушных судов на композитные, самолёты становятся более электрифицированными. Задача увеличения объёма рынка отечественной высокотехнологичной продукции не может быть в полной мере реализована без искусственного интеллекта, и именно ИТ-сфера и стала основой для их возникновения, функционирования и постановки данных перспективных задач.

*Статья поступила
в редакцию 20.12.2019*

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева И. А., Колосова В. В., Сазонов А. А. Управление жизненным циклом продукции в условиях трансформации производства // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2019. № 3. С. 50–58.
2. Вертакова Ю. В., Толстых Т. О., Шкарупета Е. В., Дмитриева В. В. Трансформация управленческих систем под воздействием цифровизации экономики. Курск, 2017. 156 с.
3. Головина Т. А., Полянин А. В., Рудакова О. В. Развитие системы государственного стратегического управления предпринимательскими структурами на базе возможностей новой модели цифровой экономики // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2017. № 2. С. 13–18.
4. Джамай Е. В., Зинченко А. С., Юдин М. В. К вопросу о комплексной информационной поддержке научно-производственной деятельности предприятия // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2016. № 1. С. 41–46.
5. Желтенков А. В., Полосков С. С. Организационно-экономический механизм управления инновационным потенциалом высокотехнологичных наукоёмких предприятий // Экономика и предпринимательство. 2019. № 2 (103). С. 1051–1057.
6. Плотников В. А., Койда С. П. Информационная инфраструктура и её роль в обеспечении инновационного развития бизнеса // Экономика и управление. 2014. № 1 (99). С. 30–35.
7. Полосков С. С., Желтенков А. В., Сюзева О. В. Инновационная деятельность высокотехнологичных наукоёмких предприятия в цифровую эпоху // Устойчивое и инновационное развитие в цифровую эпоху. 2019. С. 358–366.
8. Сазонов А. А., Джамай Е. В., Ладоскин М. П. Исследование теоретических аспектов комплексной автоматизации научно-производственной деятельности на предприятиях наукоёмких отраслей // Насосы. Турбины. Системы. 2015. № 3 (16). С. 32–41.
9. Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы / под ред. А. В. Бабкина. СПб., 2018. 573 с.

REFERENCE

1. Vasileva I. A., Kolosova V. V., Sazonov A. A. [Lifecycle management of products under the conditions of production transformation]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics], 2019, no. 3, pp. 50–58.
2. Vertakova Yu. V., Tolstykh T. O., Shkarupeta E. V., Dmitrieva V. V. *Transformatsiya upravlencheskikh sistem pod vozdeistviem tsifrovizatsii ekonomiki* [Transformation of Management Systems under the Influence of Digitalization of the Economy]. Kursk, 2017. 156 p.
3. Golovina T. A., Polyanin A. V., Rudakova O. V. [Development of the system of state strategic management of business structures on the basis of new models for the digital economy]. In: *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and Governance], 2017, no. 2, pp. 13–18.
4. Dzhamai E. V., Zinchenko A. S., Yudin M. V. [To the issue of integrated information support of research-production activity]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics], 2016, no. 1, pp. 41–46.
5. Zheltenkov A. V., Poloskov S. S. [Organizational-economic mechanism of management of innovative potential for high-technology knowledge-intensive enterprises]. In: *Ekonomika i predprinimatelstvo* [Economics and Entrepreneurship], 2019, no. 2 (103), pp. 1051–1057.
6. Plotnikov V. A., Koida S. P. [Information infrastructure and its role in ensuring innovative development of business]. In: *Ekonomika i upravlenie* [Economy and Management], 2014, no. 1 (99), pp. 30–35.
7. Poloskov S. S., Zheltenkov A. V., Syuzeva O. V. [Innovation activity of hi-tech enterprise in the digital age]. In: *Ustoichivoe i innovatsionnoe razvitie v tsifrovuyu epokhu* [Sustainable and Innovative Development in the Digital Age], 2019, pp. 358–366.
8. Sazonov A. A., Dzhamai E. V., Ladoshkin M. P. [The study of the theoretical aspects of automation scientific and industrial activity at the enterprises of knowledge-intensive industries]. In: *Nasosy. Turbiny. Sistemy* [Pumps. Turbines. Systems], 2015, no. 3 (16), pp. 32–41.
9. Babkin A. V., ed. *Tsifrovaya ekonomika i Industriya 4.0: novye vyzovy* [The Digital Economy and Industry 4.0: New Challenges]. St. Petersburg, 2018. 573 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сазонов Андрей Александрович – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга высокотехнологичных отраслей промышленности Московского авиационного института (Национального исследовательского университета);
e-mail: Sazonovamati@yandex.ru

Васильева Ирина Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры антимонопольного регулирования Московского государственного областного университета;
e-mail: vasilieva68@mail.ru

Михайлова Любовь Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга высокотехнологичных отраслей промышленности Московского авиационного института (Национального исследовательского университета);
e-mail: lubov999999@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrey A. Sazonov – PhD in Economics, associate professor at the Department of Management and Marketing of High-Tech Industries, Moscow Aviation Institute (National Research University);

e-mail: Sazonovamati@yandex.ru

Irina A. Vasilyeva – PhD in Economic science, associate professor at the Department of Antimonopoly Regulation, Moscow Region State University;

e-mail: vasilieva68@mail.ru

Lubov V. Mikhailova – PhD in Economic science, associate professor at the Department of Management and Marketing of High-Tech Industries, Moscow Aviation Institute (National Research University);

e-mail: lubov999999@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Сазонов А. А., Васильева И. А., Михайлова Л. В. Исследование механизмов управления отечественными промышленными предприятиями в условиях новой технологической концепции // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2020. № 1. С. 74–81.

DOI: 10.18384/2310-6646-2020-1-74-81

FOR CITATION

Sazonov A. A., Vasilyeva I. A., Mikhailova L. V. The Study of Mechanisms of Management of Domestic Industrial Enterprises under the Conditions of the New Technological Concept. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics*, 2020, no. 1, pp. 74–81.

DOI: 10.18384/2310-6646-2020-1-74-81