

Цифровизация операционной деятельности авиастроительного предприятия

Аврамчиков Вячеслав Михайлович¹

Канд. экон. наук, доц. каф. цифровых технологий управления
ORCID: 0009-0005-6376-4133, e-mail: opk11@yandex.ru

Мусонов Владимир Михайлович²

Канд. техн. наук, проф. каф. технической эксплуатации авиационных электросистем
и пилотажно-навигационных комплексов
ORCID: 0009-0005-6920-1833, e-mail: musonov_vm@mail.ru

Баранов Михаил Евгеньевич²

Канд. биол. наук, доц. каф. технической эксплуатации авиационных электросистем
и пилотажно-навигационных комплексов
ORCID: 0000-0003-4486-8015, e-mail: me_baranov@mail.ru

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия

Аннотация

Определена необходимость выхода отечественного самолетостроения на новый виток развития информационных технологий с учетом особенностей цифровых технологических решений, которые необходимо учитывать для повышения конкурентоспособности гражданского авиастроения Российской Федерации на мировых глобальных рынках. При реализации проектов в авиаотрасли имеет место значительная государственная поддержка, так как она обеспечивает технологический суверенитет страны и позволяет генерировать импортозамещающие технологии. В российской авиационной отрасли имеется большой опыт внедрения цифровых технологических решений, обеспечивающих безопасность полетов. Так, с применением цифрового информационно-вычислительного комплекса сконструированы и разработаны главные гражданские лайнеры: Superjet 100 и MC-21. Систематизированы данные о странах, которые используют наиболее передовые технологии при проектировании и производстве реактивных и турбовинтовых летательных аппаратов. Раскрыта роль цифровизации как мирового глобального экономического тренда, определены и систематизированы основные цифровые технологии, используемые в операционной деятельности самолетостроения с применением отечественных программных продуктов. Проведенное исследование позволило сделать вывод о том, что самолетостроение является лидирующей отраслью как в Российской Федерации, так и в мире по внедрению цифровых технологических решений. Сделан вывод о значимости создания цифровых кластеров и комплексных цифровых платформ в авиастроении, позволяющих в рамках агрегирования процессов операционной деятельности по производству и эксплуатации летательных аппаратов объединить участников и бизнес-партнеров данных структур в целях повышения эффективности их деятельности.

Для цитирования: Аврамчиков В.М., Мусонов В.М., Баранов М.Е. Цифровизация операционной деятельности авиастроительного предприятия // Вестник университета. 2025. № 10. С. 5-15.

Ключевые слова

Операционная деятельность в самолетостроении, цифровые технологии видов операционной деятельности, конкурентоспособность предприятий отечественного авиастроения, новые технологические тренды, цифровые кластеры, цифровые платформы в авиастроении, отечественные программные продукты



Digitalization of operational activities in aircraft manufacturing company

Vyacheslav M. Avramchikov¹

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. at the Digital Management Technology Department
ORCID: 0009-0005-6367-4133, e-mail: opk11@yandex.ru

Vladimir M. Musonov²

Cand. Sci. (Engr.), Prof. at the Technical Operation of Aviation Electrical Systems and Flight Navigation Systems Department
ORCID: 0009-0005-6920-1833, e-mail: musonov_vm@mail.ru

Mikhail E. Baranov²

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof. at the Technical Operation of Aviation Electrical Systems and Flight Navigation Systems Department
ORCID: 0000-0003-4486-8015, e-mail: me_baranov@mail.ru

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

The need for the Russian aircraft industry to enter a new stage of information technology development, including the features of digital technological solutions that must be considered to increase the Russian civil aircraft industry competitiveness in global markets, has been defined. When implementing projects in the aviation industry, there is significant government support, as it ensures the technological sovereignty of the state and allows the import-substituting technologies generation. The Russian aviation industry has extensive experience in implementing digital technology solutions to ensure flight safety. Thus, the main Russian civilian airliners, such as Superjet 100 and MS-21, were designed and developed using a digital information and computing complex. The data on countries that use the most advanced technologies in designing and manufacturing jet and turboprop aircraft have been systematized. The role of digitalization as a global economic trend has been revealed, the main digital technologies used in the operational activities of the aircraft industry using Russian software products have been identified and systematized. The conducted research allowed concluding that aircraft construction is a leading industry both in Russia and globally in digital technological solutions implementation. The conclusion has been made about the importance of creating digital clusters and integrated digital platforms in the aircraft industry, which, as part of operational processes aggregation for producing and operating aircraft, bring together participants and business partners of these structures in order to increase the efficiency of their activities.

Keyword

Operational activities in the aircraft industry, digital technologies of operational activities types, business competitiveness in Russian aircraft industry, new technological trends, digital clusters, digital platforms in the aircraft industry, Russian software products

For citation: Avramchikov V.M., Musonov V.M., Baranov M.E. (2025) Digitalization of operational activities in aircraft manufacturing company. *Vestnik universiteta*, no. 10, pp. 5-15.

ВВЕДЕНИЕ

Авиационная отрасль Российской Федерации (далее – РФ, Россия) – одна из наиболее высокотехнологичных сфер промышленности с огромным количеством задействованных высококвалифицированных кадров, включающая не только авиастроение, которое является ведущим элементом, но и иные направления, такие как авиаперевозки, эксплуатация инфраструктурных объектов (аэропортов) и др. Необходимо отметить, что авиастроение, являясь наиболее технологичным направлением индустрии, считается одной из самых затратных отраслей машиностроения.

По данным Экспресс-информации Института статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики, доля затрат на инновационную деятельность в общем объеме издержек в высокотехнологичных отраслях экономики России в 2022 г. составила 7 %, что значительно выше среднеотраслевого значения в обрабатывающих отраслях промышленности, составляющего 2,1 %. Кроме того, необходимо отметить, что при производстве таких видов инновационных продуктов, как космические аппараты и беспилотные летательные аппараты, этот показатель возрос до 13 %¹.

Необходимость обеспечения в России технологического суверенитета и импортозамещения в области инноваций обуславливает проведение активной государственной поддержки высокотехнологичных отраслей. Так, в 2022 г. государственная финансовая поддержка высокотехнологичных отраслей составила 34,2 % от всех расходов на инновации, при этом значимая часть государственной поддержки направляется в производство космических и летательных аппаратов. Это позволяет России осуществлять полный цикл создания авиатехники, которым обладают всего несколько стран в мире¹.

Государственные инициативы в авиастроении более успешно реализуются при совместном использовании коммерческих и государственных цифровых платформ. Участники платформ объединяются в едином цифровом пространстве для совместных согласованных действий по использованию данных о конструкторских бюро, работе систем управления ресурсами, производству в сертификационных центрах, научно-исследовательских институтах и др. Объединение государственных и коммерческих цифровых платформ ускоряет взаимодействие покупателей и поставщиков, позволяет проводить мониторинг эксплуатируемых летательных аппаратов, вводить единые регламенты оформления документации, проектирования и разработки продукции авиаотрасли. Необходимо отметить, что применение возможностей цифровых и технических платформ и искусственного интеллекта на современном этапе в сложных внешнеэкономических условиях особенно важно для России [1].

Целью настоящего исследования является выявление особенностей цифровых технологических решений отечественного авиапрома в сфере самолетостроения, объединяющих в едином цифровом пространстве полный замкнутый цикл создания авиатехники.

Гипотезой исследования является представление авторов о приоритетах использования цифровых технологий в самолетостроении как одной из наиболее высокотехнологичных отраслей промышленности, позволяющих повысить ее конкурентоспособность на мировых рынках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследования авторы руководствовались изложенными в трудах отечественных и зарубежных ученых концептуальными основами процесса цифровой трансформации в авиаотрасли по тематике работы, информационными источниками интернет-ресурсов, открытыми данными официальных сайтов.

В качестве методологической основы исследования использованы общенаучные методы: методы системного, экспертного и сравнительного анализа, нормативно-правовые и программные документы РФ и профильных министерств в сфере цифровизации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАКОМПАНИЙ

Для повышения конкурентоспособности гражданского авиастроения РФ и перехода его к роли лидера на международных рынках необходима разработка новых прорывных цифровых технологий в сфере самолетостроения с применением отечественного программного обеспечения. Особенностью развития

¹Экспресс-информация ИСИЭЗ ВШЭ. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/expressinformation?ysclid=mi5tg7m0kl877637864> (дата обращения: 15.06.2025).

и функционирования авиаотрасли в стране является тот факт, что авиастроение поддерживается в основном за счет выпуска военной продукции, а также бюджетного финансирования крупных проектов в области гражданской авиации.

Одним из основных производителей авиационной техники в России является публичное акционерное общество «Объединенная авиастроительная корпорация» (далее – ПАО «ОАК») – корпорация, которая объединяет крупнейшие авиастроительные компании страны и является одной из самых больших в Европе. ПАО «ОАК» как ведущая самолетостроительная компания конструирует, производит и обслуживает авиатехнику как гражданского, так и военного назначения. Вместе с тем необходимо отметить, что выполнение оборонного заказа авиастроительными организациями, хотя и обеспечивает отрасли высокую динамику роста, в значительной степени ставит ее в зависимость от поставок импортных комплектующих, что повышает инвестиционные риски и риски применения международных санкций. Кроме того, наличие большой доли продукции военного назначения не позволяет повысить доходность производимой продукции, в связи с чем она является малопривлекательной для частных инвесторов. Государство активно инвестирует развитие авиаотрасли, но эти инвестиции дадут свой эффект через 15–20 лет².

В высокотехнологичном секторе экономики сложилась тенденция по наращиванию абсолютного объема затрат на инновационную деятельность (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели инновационной деятельности организаций высокотехнологичных отраслей в 2022 г.

Показатель	Высокотехнологические отрасли, всего	В том числе производство	
		электронных и оптических изделий и компьютеров	летательных аппаратов, включая космические
Уровень инновационной активности, %	42,7	48,4	51,1
Затраты на инновационную деятельность, млн руб.:	251 742,0	85 952,5	122 660,1
– затраты на продуктовые инновации, %;	79,2	83,9	90,7
– затраты на процессные инновации, %	20,8	16,1	9,3
Интенсивность затрат на инновационную деятельность (удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг), %	7,0	5,4	13,0
Объем инновационных товаров, работ, услуг, млн руб.	677 495,7	353 165,8	265 362,7
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	18,9	22,0	28,1

Составлено авторами по материалам источника³

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о динамичном развитии цифровизации авиаотрасли. При этом производство космических и летательных аппаратов как по удельному весу инновационных товаров в общем объеме продаж, так и по интенсивности затрат на инновационную деятельность по сравнению с другими видами инновационной деятельности развивается наиболее активно и составляет 28,1 и 13,0 % соответственно. В целом превышение уровня инновационной активности авиаотрасли по сравнению со среднеотраслевым высокотехнологичных отраслей составляет 8,4 пункта⁴.

² Стратегия развития авиационной промышленности РФ до 2030 года. Режим доступа: <https://strategy24.ru/rf/news/strategiya-razvitiya-aviatsionnoy-promyshlennosti-rf-do-2030-goda> (дата обращения: 15.06.2025).

³ Экспресс-информация ИСИЭЗ ВШЭ. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/expressinformation?ysclid=mi5tg7m0kl877637864> (дата обращения: 15.06.2025).

⁴ Там же.

В истории российской авиационной отрасли имеется большой опыт внедрения цифровых технологических решений. В отечественном самолетостроении на уровне мировых стандартов осуществлены цифровые решения по созданию гражданских авиалайнеров Superjet 100 и MC-21. Первым воздушным судном, полностью сконструированным в России в последние годы с использованием цифровых технологий, является гражданский самолет Superjet 100 (SJ-100). При создании данной модели стали ключевыми и были использованы впервые такие цифровые технологии, как перевод в цифровой вид технической документации и виртуальное проектирование. Ведущим производителем гражданских авиалайнеров в России является ПАО «Яковлев», где впервые в стране началось производство ближне- и среднемагистральных узкофюзеляжных самолетов [2]. Так, операционная деятельность полного производственного цикла магистрального самолета XXI в. – MC-21 – осуществляется с применением цифровых решений, что в наибольшей степени обеспечивает безопасность его эксплуатации.

Использование при создании MC-21 цифрового двойника (цифрового макета) дает возможность в цифровом аналоге повторить все системы и компоненты самолета, то есть создать его цифровую модель. Данная цифровая технология позволяет протестировать работу агрегатов самолета и его систем в виртуальном виде, существенно ускоряя при этом все процессы создания различных модификаций воздушного судна и обеспечивая постоянный доступ к необходимой информации о самолете всех участников процесса разработки. Разработка цифровой двойника необходима как для самих летательных аппаратов, так и для их двигателей. Одновременно с разработкой происходит тестирование, формируется техническая документация самолета. Сокращению сроков создания авиатехники в значительной степени способствует использование в процессе конструирования математических моделей [2].

Способ автоматизированного анализа прогнозных данных (предиктивная аналитика) позволяет осуществлять в цифровом пространстве конструирование лайнеров и испытания двигателей и иметь предварительные расчеты возможных технических проблем в ходе эксплуатации самолета. Впервые в отечественной авиации разработаны и получили практическое использование цифровые технологии предиктивного технического обслуживания авиатехники (компания S7 Airlines). Разработчиками программы Big Data предусмотрена возможность работы со всеми имеющимися в наличии авиакомпаниями единицами авиатехники. Данная программа анализирует и агрегирует информацию о состоянии компонентов летательного аппарата и ходе его технического обслуживания, на базе чего формируются прогнозные математические модели, дающие возможность оценивать вероятность дефектов и неисправностей сотрудникам авиакомпании, при этом, исходя из данных анализа, воздушное судно может подвергаться повторной диагностике. Снижение издержек при эксплуатации авиатехники и повышение безопасности полетов становятся более ощутимыми при активном использовании цифровой платформы, позволяющей сократить технические проблемы и вызванные ими задержки вылетов [3]. При помощи данного цифрового решения обрабатываются собранные за несколько лет эксплуатации самолета значительные объемы информации.

Лидерами отрасли в мире гражданского авиастроения являются Соединенные Штаты Америки (Boeing) и Европейский союз (Airbus), хотя в последние годы отечественные производители делают определенные успехи на этом поприще. Россия находится в тени двух мировых лидеров, но в то же время остается одной из немногих стран, способных производить узкофюзеляжные среднемагистральные самолеты наравне с Boeing, Airbus и COMAC: ARJ-21 (Китай).

На сегодняшний день Boeing является аэрокосмической компанией, которая в комплексе проектирует, производит и обслуживает авиатехнику в оборонном, космическом и гражданском секторах Соединенных Штатов Америки (далее – США) и потребителей свыше 150 стран. При этом как ведущий производитель мирового масштаба данная компания владеет данными о поставщиках и потребителях в секторе практически во всем мире, влияя на глобальные сообщества⁵.

На мировых рынках основными производителями реактивных и турбовинтовых летательных аппаратов в международных рейтингах отмечены 7 стран-производителей авиатехники (табл. 2)⁶.

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о том, что производство данных конкурентоспособных на мировых рынках видов авиатехники динамично возрастает. В России на сегодняшний день Superjet 100 и магистральный самолет XXI в. (MC-21) – самые главные проекты ПАО «ОАК» и ее филиала ПАО «Яковлев». В 2024 г. началась серийная сборка среднемагистрального узкофюзеляжного пассажирского

⁵ Инвест-Форсайт. Режим доступа: <https://www.if24.ru/tsifrovaya-transformatsiya-aviaotrasli-trendy-2021> (дата обращения: 15.06.2025).

⁶ Там же.

самолета МС-21, на который отечественный авиапром возлагает большие надежды. По сути, он должен прийти на смену самым популярным самолетам средней размерности на 150–180 пассажирских кресел. Сегодня самолеты такого класса выпускают только Boeing и Airbus, теперь и в России есть технологии и возможности реализовать такой проект [4].

Таблица 2

Рейтинг стран–производителей самолетов по поставкам авиатехники

Страна	Модели самолетов	Поставки (кол-во самолетов в год)		
		2020 г.	2021 г.	2022 г.
Страны Европы	Airbus: 258 A-320neo, 199 A-321neo, 55 A-350, 50 A-220, 22 A-321, 18 A-330, 2 A319, 5 A-380, 2 A-319-neo	566	611	661
США	Boeing: 245 B-773MAX, 24 B-777, 19 B-767, 14 B-787, 7 B-747	312	311	453
Бразилия	Embraer: 27 E-175, 2 E-190-E2, 19 E-195-E2	44	48	52
Китай	COMAS: ARJ-21	20	22	35
Франция – Италия	ATR: 5 ATR-42 и ATR-72	10	26	26
Россия	OAK: Superjet 100 (SJ-100), Иркут: МС-21 (в проекте)	12	27	14
Канада	DE Havilland Canada: DHC-8-400	11	8	6

Составлено авторами по материалам источника⁷

Приоритеты цифровой трансформации операционной деятельности в авиастроении наряду с диверсификацией и развитием экспортного потенциала находятся под особым контролем Правительства РФ и Президента РФ. При этом приоритетным становится достижение прежде всего бизнес-целей: сокращения операционного цикла при проектировании и строительстве новых, востребованных на рынке авиационной техники летательных аппаратов, повышения их жизненного цикла, качества обслуживания и инфраструктурного сопровождения.

Цифровизация операционной деятельности авиастроительного предприятия в сфере цифрового проектирования позволила существенно изменить процесс производства. Так, создана цифровая модель осуществления автоматической стыковки и бесстapelной сборки агрегатов, что позволяет осуществлять сборку фюзеляжа за считанные дни вместо многих месяцев. С применением цифровых технологий отечественной разработки по математическому моделированию достигнута существенная сокращение сроков операционной деятельности и снижение транзакционных издержек в конструировании и производстве авиатехники. Как свидетельствует практический опыт, по ряду компонентов применение средств топологической оптимизации позволило существенно снизить вес сложных деталей изделия, а использование цифровой технологии дополненной реальности, реализуемой на гражданских программах самолетостроения, существенно повышает качество работы и сокращает время операционных действий по сборке элементов и конструкций.

Цифровые технологии математического моделирования, а также цифровые испытания, проводимые на ранних стадиях жизненного цикла изделия, повышают аэродинамические и прочностные характеристики систем управления бортового оборудования, что подтверждается результатами проводимых испытаний. Эти и другие направления работы являются в условиях цифровизации операционной деятельности предприятий авиастроения важнейшими. Для создания продуктов с высоким экспортным потенциалом, конкурентоспособных на мировых рынках, данный опыт авиастроения и других высокотехнологичных отраслей необходимо распространить на всю индустрию.

Внедрение модели «открытых инноваций», предполагающей не только применение собственных инновационных разработок компании, но и привлечение внешних компетенций, применяемой в осуществлении операционной деятельности ПАО «ОАК», стало возможным при организации цифровой трансформации авиаотрасли в целом. Так, авиастроительные предприятия сотрудничают с ведущими

⁷ Международный промышленный портал. Режим доступа: <https://promvest.info/ru/obzoryi/aviastroenie-vedushchie-strany-i-lideryi-otrasli/> (дата обращения: 15.06.2025).

профильными вузами страны: Московским авиационным институтом, Московским физико-техническим институтом, Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого и др. В этих и других вузах активно привлекаются к сотрудничеству молодые инженеры и ученые. В авиаотрасли в рамках модели «открытых инноваций» с участием Российской венчурной компании (РВК) и Инновационного центра «Сколково» реализуются перспективные инновационные проекты, осуществляемые при поддержке индустриального венчурного фонда РФ⁸. Необходимо отметить, что в решение стратегических задач ПАО «ОАК» вовлекается малый и средний промышленный бизнес: формат апробации создан совместно с несколькими регионами России.

На цифровых решениях должны быть основаны все виды операционной деятельности авиастроительного предприятия, так как цифровые технологии обеспечивают сокращение всех циклов операционной деятельности на основных и вспомогательных производствах и продление жизненного цикла создаваемой авиатехники, что способствует повышению эффективности производства и позволяет сделать вывод о том, что развитие цифровой экономики является абсолютным приоритетом.

НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАПРЕДПРИЯТИЙ

Широкое проникновение цифровых технологий в бизнес-процессы обуславливает ускорение производства информации и знаний, что влечет за собой рост производительности в реальном секторе экономики, осуществляемый на базе информационных технологий. Процесс цифровизации прошел разные стадии становления, от создания компьютерной сети «Интернет» до цифровой трансформации экономики и социальной сферы [5]. Цифровая трансформация в авиаотрасли, как и в любой отрасли промышленности, предполагает использование цифровых технологий на всех стадиях операционной деятельности. При этом наиболее эффективным является формирование цифровых платформ, обеспечивающих совместное использование партнерами программных продуктов, способствующих сокращению как производственных, так и внепроизводственных затрат, что позволяет участникам цифровых платформ трансформироваться из конкурентов в бизнес-партнеров, имеющих общие цели. Создание единой цифровой платформы в авиаотрасли, объединяющей производителей авиатехники, авиакомпаний по пассажирским и грузовым авиаперевозкам и инфраструктурные комплексы аэропортов, позволяет применять универсальные отечественные программные продукты, что еще больше повышает эффективность сотрудничества и снижает издержки производства. Кроме того, в ходе использования цифровых платформ их участники имеют возможность при установлении деловых связей в дистанционном пространстве максимизировать прибыль за счет снижения издержек при использовании единых цифровых экосистем, обслуживающих цифровые платформы.

Операционная деятельность авиастроительного предприятия содержит ряд процессов:

- подготовку производства, включающую организационную и снабженческую деятельность;
- основное производство, в процессе которого изготавливаются детали планера и элементы бортовых систем самолета и другие виды деятельности, непосредственно связанные с объектами производства;
- вспомогательное производство, назначение которого – изготовление технологического оснащения для основного производства;
- обслуживающее производство и внепроизводственная деятельность, предназначенные для обеспечения деятельности цехов основного и вспомогательного производств и реализации готовой продукции.

В ходе операционной деятельности, осуществляемой с применением цифровых технологий, достигается ее основная цель – производство летательных аппаратов по приемлемым для потребителей ценам и с необходимыми на современном этапе эксплуатационными, техническими и летными характеристиками.

В авиастроении, как и в других отраслях промышленности, на сегодняшний день в различных видах операционной деятельности используются соответствующие их специфике цифровые технологии (рисунок).

Цифровые технологии, применяемые в производственном цикле основного и вспомогательных производств (от проектирования до продажи авиатранспорта), позволяют:

- оптимизировать производственный процесс;
- повысить качество и безопасность выпускаемой продукции;

⁸ ПАО «ОАК». Режим доступа: <https://www.uacrussia.ru/ru/press-center/news/////////yuriy-slyusar-tsifrovye-tehnologii-uzhe-shiroko-primenyayutsya-v-aviastroenii> (дата обращения: 15.06.2025).

- ускорить сроки завершения производственного цикла;
- сократить время и затраты на разработку и доведения продукции до потребителя.



Составлено авторами по материалам исследования

Рисунок. Цифровые технологии видов операционной деятельности авиастроительного предприятия

В рамках бизнес-процесса в целом сокращаются издержки производства, повышается его эффективность [6].

Проведенное исследование свидетельствует о том, что авиастроение является лидирующей отраслью как в России, так и в мире по внедрению цифровых технологических решений. Повышению конкурентоспособности на мировых рынках предприятий отечественного авиапрома в решающей степени будет способствовать использование продвинутых цифровых технологий, обеспеченных отечественными программными продуктами в операционной деятельности и позволяющих в разы снизить производственные издержки. В частности, в рамках цифровых технологий, используемых в отечественном гражданском авиастроении в контексте мирового технологического тренда, к уже используемому компьютерному проектированию необходимо добавлять модели MBSE (англ. Model Based Systems Engineering). Предлагаемые компьютерные модели в целях исключения или сокращения использования документации предлагают оптимальные способы изучения и использования составных частей данной системы.

Рассматривая авиаотрасль в комплексе, мы можем отметить, что более высокими темпами инновационные разработки по созданию продвинутых цифровых технологий с применением отечественных программных продуктов осуществляются в сфере оборонно-промышленного комплекса РФ и успешно могут применяться в гражданском авиастроении. Так, математическое моделирование с применением современных компьютерных технологий востребовано в сфере проектирования авиатехники в опытных конструкторских бюро (ОКБ), а также в авиастроительных корпорациях. Его применение существенно сократит как финансовые, так и временные затраты.

Цифровая трансформация авиастроения на современном этапе развития этой значимой для экономики страны отрасли является объективной необходимостью, и для нее на сегодняшний день актуальны следующие направления развития:

- проектирование летательных аппаратов с применением цифровых двойников;
- математическое моделирование как технология, являющаяся наиболее перспективной при сертификации результатов операционной деятельности и проектировании авиационных частей и конструкций;
- разработка цифровых паспортов как готовых изделий авиастроения, так и отдельных этапов операционной деятельности авиастроительного предприятия [7].

В операционной деятельности авиастроительного предприятия в условиях цифровизации востребованными являются такие цифровые технологии, как предиктивная аналитика, целью которой является уменьшение времени простоя воздушного судна и предотвращение аварийных ситуаций в процессе его эксплуатации.

Программа цифровизации видов операционной деятельности в авиастроении предполагает решение следующих задач:

- снижение затрат при производстве авиатехники с одновременным повышением эффективности формирования рынка продаж, формирующимся с учетом роста удовлетворенности пассажиров и клиентов;
- обеспечение надежности и безопасности эксплуатации производимых воздушных судов, осуществляемое с помощью цифровой технологии 3D-моделирования (для обеспечения безопасности полетов происходит оптимизация процессов ремонта и обслуживания воздушного судна, разработанная на базе цифровых технологий в сфере современных систем сопровождения полетов);
- оптимизация наземной авиационной инфраструктуры с использованием новейших информационных и логистических систем, что позволяет оптимизировать базовые операционные системы аэропортов и управляемость наземных элементов инфраструктуры аэропортов;
- генерация новых идей с привлечением проектных команд и талантливых кадров с последующей имплементацией в рамках генерируемых хакатонов, что позволяет оперативно и наиболее эффективно решать задачи в сфере информационных технологий;
- принятие важных цифровых решений и мероприятий, разрабатываемых в рамках инновационных лабораторий, согласование их с Правительством РФ и тестирование, что является целями создания данных акселераторов.

Наиболее востребованными на современном этапе развития авиаотрасли, прежде всего в авиастроении, являются:

- использование цифровых двойников как новых методов проектирования летательных аппаратов;
- разработка и внедрение цифровых паспортов изделий;
- оптимизация и сертификация авиационных конструкций и ряд других цифровых технологий [8].

Стоит отметить, что технологии искусственного интеллекта, такие как предиктивная аналитика, играя важную роль в прогнозировании функционального поведения систем летательного аппарата, способны предугадать возникновение аварийных ситуаций во время полета и определить способы их предотвращения, повышая при этом безопасность полета.

Развитие цифровых технологий в операционной деятельности авиаотрасли позволит реализовать глобальный тренд в авиастроении – создание беспилотных летательных аппаратов и предпосылок к использованию автоматизированной системы с функциями искусственного интеллекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Операционная деятельность авиастроения имеет свои специфичные особенности, связанные со сложными условиями работы летательных аппаратов и повышенными требованиями к безопасности полетов. Вместе с тем преимуществами отрасли являются ее многофункциональность и возможность использования взаимовыгодных цифровых решений на основе межотраслевой и внутриотраслевой интеграции, позволяющей с применением цифровых технологий создавать уникальные модели летательных аппаратов.

Основными трендами цифровой трансформации в авиаотрасли являются:

- глобальный поворот авиастроения в сторону развития беспилотия – в рамках искусственного интеллекта в современной авиации развивается направление по передаче функций второго пилота в кабине самолета автоматизированной системе;
- развитие цифровых технологий, обеспечивающих безопасность, надежность и функциональность воздушных судов;
- использование цифровых технологий, позволяющих создавать гибридные и электрические силовые установки как новые накопители энергии, способные обеспечить в будущем масштабное использование

беспилотной авиации и самолетов малой мощности и размерности, что является революционным элементом в развитии авиационных услуг.

Наиболее эффективно выполнить данные задачи, а также добиться повышения функциональности летательных аппаратов, обеспечения безопасности их полетов и сокращения транзакционных издержек можно при формировании цифровых кластерных структур, позволяющих получить дополнительный синергетический эффект от совместного использования участниками кластера единой инфраструктуры и программных продуктов. Вместе с тем необходимо учитывать как преимущества цифровизации, так и ее недостатки, стремясь при этом к балансу между сохранением человеческого фактора и автоматизацией в авиации, которая способствует повышению эффективности авиапредприятий и значительным улучшениям в безопасности.

Цифровые технологии позволяют собирать и обрабатывать огромные массивы данных, что дает возможность более оперативно реагировать на внешние вызовы и повышать качество принимаемых управленческих решений. Виртуальный и реальный миры сближаются, в самолетостроении появляются беспилотные технологии, автономный транспорт и другие интеллектуальные производства. Эти и другие цифровые решения в сфере авиастроения существенно повышают эффективность производства и качество авиатехники, при этом растет их востребованность у потребителей авиапродукции, что можно наблюдать на примере беспилотных летательных аппаратов.

Цифровые инструменты и технологии упрощают многие операции в авиации, сокращая количество выполняемых работ на бумажных носителях, что позволяет сотрудникам сосредоточиться на более важных задачах и повышает эффективность их деятельности. Полная цифровая трансформация всех процессов и их интеграция в цифровые платформы и цифровые экосистемы еще не завершена. В то же время авиаотрасль, обладая значительными объемами данных о техническом состоянии самолета, расходе топлива, информацией о клиентской базе, является лидером в отраслях промышленности по их накоплению, генерации и обработке. Однако в отдельных направлениях деятельности предприятий авиаотрасли, таких как ремонт, техническое обслуживание летательных аппаратов, оптимизация расхода топлива, кастомизация услуг по обслуживанию пассажиров и ряд других направлений, есть основание утверждать, что потенциал использования цифровых технологий в авиаотрасли, в том числе в авиастроении, еще не исчерпан.

Цифровизация авиаотрасли обозначена в качестве приоритета Правительством РФ в Стратегии развития авиационной промышленности России на период 2018–2030 гг., в которой определена главная цель создания комплексной цифровой платформы, интегрирующей все основные процессы в авиаотрасли⁹. Создание комплексной цифровой платформы позволит объединить усилия и базы данных по операционной деятельности авиастроительных предприятий, сертификационных центров, конструкторских бюро и научных центров, авиакомпаний и лизинговых центров. В цифровой формат также должен быть переведен весь комплекс бумажной документации. Таким образом, авиастроению России в сфере цифровизации еще предстоит раскрыть свой потенциал в полной мере.

Список литературы

1. Донцова О.П. Цифровая трансформация промышленных кластеров. Экономика, предпринимательство и право. 2023;11(13):4929–4942. <https://doi.org/10.18334/epp.13.11.119669>
2. Белякова Г.Я., Аврамчиков В.М. Специфика и особенности цифровой трансформации авиаотрасли. Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2024;68:273–292. <https://doi.org/10.17223/19988648/68/14>
3. Базылев Я.С., Файзулин Р.В. Цифровая трансформация авиастроения: оценка информационных систем и применения цифровых технологий. Региональные проблемы преобразования экономики. 2023;5:78–83. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2023-5-78-83>
4. Аврамчиков В.М., Тимохович А.С., Рожнов И.П. Цифровая трансформация в авиационной отрасли: возможности и перспективы. Вестник евразийской науки. 2024;3(16).
5. Соколов О.А., Полигаева А.А. Цифровая трансформация аэропорта. Молодой ученый. 2023;18(465):23–25.
6. Ермаков А.А., Тихонова С.В. Цифровая трансформация в авиационной индустрии. Московский экономический журнал. 2023;1:294–305.
7. Фомичев А.Г. Цифровая трансформация на предприятиях авиационной промышленности: вызовы и перспективы. Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024;4:254–260.

⁹ Стратегия развития авиационной промышленности РФ до 2030 года. Режим доступа: <https://strategy24.ru/rf/news/strategiya-razvitiya-aviatsionnoy-promyshlennosti-rf-do-2030-goda> (дата обращения: 15.06.2025).

8. *Платонова А.В.* Методика комплексной оценки инновационной активности авиастроительных предприятий. Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024;10(240):75–85.

References

1. *Dontsova O.I.* Digital transformation of industrial clusters. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. 2023;11(13):4929–4942. (In Russian). <https://doi.org/10.18334/epp.13.11.119669>
2. *Behyakova G.Ya., Avramchikov V.M.* Specifics and features of the digital transformation of the aviation industry. Bulletin of Tomsk State University. Economy. 2024;68:273–292. (In Russian). <https://doi.org/10.17223/19988648/68/14>
3. *Bazylev Ya.S., Fayzulin R.V.* Digital transformation of aircraft industry: assessment of information systems and application of digital technologies. Regional problems of economic transformation. 2023;5:78–83. (In Russian). <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2023-5-78-83>
4. *Avramchikov V.M., Timokhovich A.S., Rozhnov I.P.* Digital transformation in the aviation industry: opportunities and prospects. Bulletin of Eurasian Science. 2024;3(16). (In Russian).
5. *Sokolov O.A., Poligaeva A.L.* Digital transformation of the airport. Molodoi uchenyi. 2023;18(465):23–25. (In Russian).
6. *Ermakov A.A., Tikhonova S.V.* Digital transformation in the aviation industry. Moscow Economic Journal. 2023;1:294–305. (In Russian).
7. *Fomichev A.G.* Digital transformation at aviation industry enterprises: challenges and prospects. Humanities, socio-economic and social sciences. 2024;4:254–260. (In Russian).
8. *Platonova A.V.* Complex assessment method of innovative activity of aircraft building enterprises. Vestnik of Samara State University of Economics. 2024;10(240):75–85. (In Russian).