УДК 338.2:629.7

JEL D99

DOI: 10.17213/2312-6469-2020-5-113-123

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ КАК СЛОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

© *А.Б. Манвелидзе, К.С. Еленев* 2020

*Московский Государственный Технологический Университет
«СТАНКИН», г. Москва, Россия*

В настоящей статье сформулированы основные подходы к исследованию процессов инновационного развития авиационной отрасли. На основе анализа ряда зарубежных работ, посвященных тематике технологического и кадрового развития авиационной промышленности, определены приоритетные направления дальнейших исследований, предложена концептуальная схема инновационного развития авиационной отрасли как сложной инфраструктурно-интегрированной системы.

Ключевые слова: *авиационная отрасль, управление жизненным циклом, стадия технологической готовности, инновационное развитие, кадровый потенциал.*

MODERN APPROACHES TO INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE AVIATION INDUSTRY AS A COMPLEX INFRASTRUCTURE- INTEGRATED SYSTEM

© *A.B. Manvelidze, K.S. Elenев* 2020

Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia

In this article, the main approaches to the study of innovative development processes in the aviation industry are formulated. Based on the analysis of a number of foreign academic articles dedicated to the problems of technological and personnel development of the aviation industry, priority areas for further research are identified, and a conceptual scheme for innovative development of the aviation industry as a complex infrastructure-integrated system is proposed.

Keywords: *aviation industry, lifecycle management, technological readiness level, innovative development, human resources potential.*

Введение

Авиационная отрасль традиционно считается одним из инновационных драйверов развития машиностроительного комплекса. Высокая наукоемкость продукции, внедрение передовых подходов в сферах производственных технологий и новых материалов, развитие диверсифицированных

цепочек кооперации, применения современных средств проектирования и конструирования – все эти параметры характерны для авиации. При переходе от рассмотрения отдельных технических систем, в частности, непосредственно изделий самолетостроения, либо производственных систем на отраслевой уровень возникает потребность в определении подходов, позволяющих оценивать инновационное развитие комплексно и многогранно, учитывая широкий спектр различных технологических и социально-экономических трендов.

В данной статье авторами проведен синтез наиболее перспективных подходов и направлений инновационного развития авиационной отрасли. В его основу были положены результаты анализа актуальных публикаций европейских и азиатских авторов.

Концептуальные основы инновационного развития авиационной отрасли

В основе концепции инновационного развитию авиационной отрасли – процессный подход, в рамках которого управление инновационным развитием рассматривается на трех уровнях:

1. Уровень комплексного продукта. В фокусе внимания – жизненный цикл изделия авиационной промышленности, включая сопутствующие услуги (сервисы).

2. Уровень интеграции с системами/в системы. В фокусе внимания – интеграция изделия авиационной промышленности в системы более высокого уровня – их встраивание в жизненный цикл авиационной инфраструктуры, транспортные логистические цепочки, системы ресурсного обеспечения отрасли и иные смежные системы, прямо влияющие на требования к дизайну и эксплуатации изделий авиационной промышленности.

3. Уровень развития систем (организации). В фокусе внимания – развитие систем и организаций верхнего уровня безотносительного самого продукта. В первую очередь, речь идет об управлении развитием таких систем как отрасли транспорта, инфраструктура агломераций (например, «умные» города)), а также структурных трансформациях, определяемых изменением в подходах к грузо- и пассажиро-перевозкам (например, фактор глобальных эпидемий) и бизнес-моделях (например, «уберизация» – использование продуктов как услуг).

В качестве принципов, дополняющих обозначенный выше подход, рассматриваются следующие:

А) Цифровая трансформация. Важным фактором инновационного развития отрасли является глобальный тренд на цифровизацию и развитие систем управления жизненным циклом через сквозное применение «цифровых теней» и «цифровых двойников» физических объектов и процессов.

Б) Примат развития человеческого капитала как драйвера инновационного развития отрасли под воздействием внешних трендов. Человеческий капитал рассматривается как критически значимый компонент систе-

мы, обеспечивающий рост и раскрытие инновационного потенциала в авиационной отрасли.

В) Комплексное рассмотрение инновационного процесса на уровне продукта как последовательности этапов обеспечения технологической (TRL), производственной (MRL) готовности, а также готовности бизнес-процессов (BRL) и спроса (CRL) к появлению и развитию продукта.

Ниже рассмотрены отдельные аспекты представленного подхода.

Управление жизненным циклом на основе сквозных информационных систем

Внедрение систем управления жизненным циклом продукта (PLM-систем, англ. product lifecycle management) является мейнстримом развития цифровой индустрии как таковой.

Развитие интеллектуальных производственных систем и сопровождение всего жизненного цикла изделия в цифровой среде становится одним из базовых условий конкурентоспособности на высокотехнологичных рынках.

Сегодня PLM –системы получили широкое распространение в автомобильной и аэрокосмической промышленности и машиностроении в целом. Мировыми лидерами PLM-решений выступают такие организации как SAP, Dassault Systems, Siemens.

Высокая степень проникновения PLM в аэрокосмическую отрасль связана со спецификой самого продукта – длительный производственный цикл и цикл эксплуатации, высокая стоимость натурных испытаний и прототипирования.

В качестве первых успешных примеров применения PLM в авиационной отрасли можно упомянуть использование системы PLM при проектировании реактивного пассажирского самолета Dassault Falcon 7X в начале 2000-х годов.

Благодаря использованию PLM решений сбора самолета осуществлялась за 7 месяцев, при том что для сопоставимых самолетов нормой считался срок около 16 месяцев.

Решение UGS PLM (Siemens) было использовано при разработке самолетов серии Boeing 7X7 серии и истребителей 5-ого поколения F-35. Согласно данным Lockheed Martin, использование PLM позволило сократить временные издержки на проектирование на 35%.

Компания Pratt & Whitney использовала продукты Tecnomatix в целях сжатия цикла разработки двигателя до 3-х лет. Следует отметить, что новые модели двигателей Pratt & Whitney выпускаются с учетом необходимости решения задачи ремонтпригодности и удобства замены компонентов двигателя. Обеспечение удобства было реализовано за счет средств трехмерного моделирования с минимизацией физических испытаний [4].

В целом, следует констатировать, что в авиационной отрасли наибольшие успехи сопровождают цифровую интеграцию двух стадий жиз-

ненного цикла продукта, а именно, проектирования и производства. В то же время, интеграция PLM-систем в направлении эксплуатации самолетов является трендом, который реализован не в полной мере.

Модельно-ориентированное проектирование

Перспективным компонентом PLM-систем, который следует рассмотреть отдельно, является применение технологий модельно-ориентированного проектирования (MBD).

Технология MBD играет существенную роль в изменении традиционных методов производства. Учитывая быстрое развитие информации, технологические компании активно внедряют MBD технологии, чтобы сократить производственный цикл, повысить качество продукции, сократить производственные затраты и повысить конкурентоспособность на профильном рынке.

Совместно с модельно-ориентированным проектированием применяется подход МВЕ (модельно-ориентированное предприятие). В рамках данного подхода обеспечивается становление предприятия как полностью интегрированной среды виртуальной совместной работы, обеспечивающей доступом к необходимым данным MBD всех подразделений предприятия. В широком смысле, внедрение модельно-ориентированного подхода всегда предполагает моделирование не только самой системы – объекта исследования (разработки), но и надсистемы – то есть среды, в рамках которой предполагается функционирование системы.

Исследования по внедрению реализации технологий MBD в авиационной отрасли начались уже в конце 90-х годов 20-ого века. Так, американское общество инженеров-механиков (ASME) начали проводить исследовательскую работу по стандартам MBD в 1997 году, а уже в 2003 году был представлен национальный стандарт США «ASME Y14.41-2003 – Методы обработки данных цифровых продуктов».

Будучи бизнесом, замыкающим технологическую цепочку создания самолетов, корпорация «Боинг» раньше других компаний реализовала модель интеграции в рамках PLM-цикла с компаниями-поставщиками на основе цифровых технологий.

Разработка Airbus A380 также осуществлялась на основе MBD-технологий, позволяющих трансформировать традиционные методы проектирования и производства.

В конце 2010-х годов Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) изучил многочисленные аспекты интеграции информации о продукте. Была сформированы рамки для информационного моделирования продукта, поддерживающие потребность в информации по жизненному циклу со стороны всех участников процесса сопровождения.

Разработанная мастер-модель продукта и ряд других разработанных опций основываются на функциональных моделях, которые фиксируют информацию о продукте, начиная с концепции и заканчивая завершением

жизненного цикла. Данные подходы к использованию PLM и MBD нашли свое отражение в публикациях, посвященных аэрокосмической отрасли.

В Китае уровень внедрения систем цифрового проектирования и производства также достаточно высок. В частности, в секторе ОПК используются такие программные продукты как CATIA, NX, Creo. Крупные китайские машиностроительные компании, такие как производитель локомотивов и подвижного состава CSR Group, используют полностью цифровые модели для проектирования скоростных поездов.

Вместе с тем, ряд авторов отмечал, что имеющаяся в цифровом виде информация не в полной мере может быть использована для планирования операций механической обработки и контроля качества [4].

Таким образом, возникает потребность в дополнении данных, описывающих изделие, данными, которые детально характеризуют процесс его изготовления в рамках технологического маршрута в привязке к конкретным видам оборудования, имеющимся в производственной системе, временными характеристиками и режимами обработки. В российской терминологии, данный пакет данных описывается термином «цифровой тени» производства.

Многокритериальные методы принятия решений применение в авиационной промышленности

Рост сложности принимаемых решений в авиакосмической отрасли обуславливает распространение подходов, связанных с использованием нечеткой логики в рамках формирования требований к продуктам на различных стадиях жизненного цикла.

Данные методы особенно эффективны в том случае, когда приходится работать с большими массивами качественных и количественных данных. С учетом того, что данные в авиационной промышленности очень часто недоступны или очень дороги, нечеткость может в определенной степени компенсировать отсутствие некоторых данных.

К числу наиболее распространенных методов, применяемых в авиационной отрасли, относится MCDM, который используется для структурирования и решения многокритериальных задач. Как правило, для проблем, решаемых с применением MCDM, не существует уникального оптимального решения, и для того, чтобы дифференцировать решения, необходимо использовать предпочтения принимающего решения.

В частности, данные методы находят свое применение в анализе приоритетов, стоящих перед авиакомпаниями, аэропортами, другими заинтересованными сторонами, решающими задачи по удовлетворению клиентов и сталкивающиеся с необходимостью балансировки различных приоритетов и ограничений.

В качестве одной из работ, в которой проведен подробный анализ применения нечетких множеств, можно отметить [3]. В ней, на основе проведенного анализа частоты упоминания в научных работах, отмечается,

что методы MCDM в основном используются в авиакомпаниях (55%), тематика оптимизации работы аэропортов представлена в 24% проанализированных работ.

Авторы указывают на два наиболее распространенных метода анализа в рамках нечеткой логики: DEA (метод оболочки данных) и АНР (метод анализа иерархии). DEA может применяться в первую очередь, для определения эффективных единиц, а АНР для их ранжировать, либо АНР можно использовать для определения весов, которые будут включены в модель DEA.

Авторы отмечают, что перспективной тематикой является интеграция данных методов для решения проблем в авиационной отрасли.

Интеграция PLM в цепочку ценности на стороне потребителя

Как было обозначено выше, узловой точкой интеграции систем в рамках жизненного цикла изделия авиационной отрасли является фаза технического обслуживания, ремонта и капитального ремонта (MRO). Организация процесса сопровождения жизненного цикла изделий авиационной промышленности является одной из важнейших проблем современной российской авиации. Причины низкой популярности современных российских ближнемагистральных пассажирских самолетов Сухой Суперджет 100 (SSJ 100) на зарубежных рынках во многом связаны с длительным сроком поставок запчастей и сложностями с организацией обслуживания данных самолетов.

Применение PLM в рамках постпродажного обслуживания (на стороне потребителей) является одной из приоритетных задач, позволяющих сократить издержки и повысить удовлетворенность клиента. Следует учитывать, что целью использующего воздушное судно является обеспечение безопасной эксплуатации изделия при минимальных эксплуатационных расходах. Использование PLM системы в сочетании с современным диагностическим оборудованием позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию. В качестве примера можно привести данные по береговому патрульному самолету Lockheed P-3 Orion. После анализа данных в рамках PLM было выявлено, что до 40% замен воздушных компрессоров были лишними.

Целесообразность совместного с эксплуатантами использования PLM подтверждается опытом ряда авиакомпаний. Так, согласно данным авторов [4] европейская авиакомпания достигла 15% падения уровня внеплановых простоев и снижение общих затрат на MRO на 25% с использованием PLM. Азиатская авиакомпания сообщила о 40% снижении незапланированного технического обслуживания.

Важным трендом также является использование технологий дополненной реальности в ходе обслуживания и ремонта. Данный тренд еще больше стимулирует развитие PLM систем совместного управления, в рамках которых вся необходимая информация об изделии и его составных

частях в 3-Д формате становится доступна пользователям, что позволяет избежать некорректных действий технического персонала.

Контроль развития человеческого капитала в интересах обеспечения инновационного потенциала

Неотъемлемым компонентом развития инновационного потенциала авиационной отрасли является человеческий капитал. Показательными являются результаты опроса, проведенного авторами в рамках исследования данного феномена в ведущих Турецких корпорациях авиационной промышленности [1].

Авторы данного исследования указывают на то, что человеческий капитал является основным источником знаний и навыков в области инноваций. Высокий потенциал человеческого капитала определяет более высокую способность к обучению и, таким образом, может улучшить инновационный потенциал фирм. Вместе с тем, теоретическая литература не может предложить четкие механизмы для анализа отношений между навыками и инновациями на уровне фирмы. Количество эмпирических исследований, посвященные взаимосвязи между человеческим капиталом и инновационным потенциалом, ограничены. Для восполнения этого дефицита авторы осуществили охватный опрос (более 250 организаций), включая ведущие аэрокосмические концерны Турции (ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN, FNSS, MKEK), который имеет особую актуальность с учетом принятой в Турции политики импортозамещения в области проектирования и производства продукции оборонной и, а том числе, авиационной промышленности.

В соответствии с результатами данного исследования была выявлена определенная взаимосвязь между уровнем развития человеческого капитала и инновационным потенциалом. В общей сложности лишь около 14,3% компаний аэрокосмической отрасли Турции с высокой долей персонала с высшим образованием не обладают инновационным потенциалом, в то время как 57,1% фирм с высокой долей сотрудников с высшим образованием имеют высокий инновационный потенциал.

Комплексный подход к дизайну

Еще одним важным трендом развития авиационной отрасли как инфраструктурно-интегрированной системы является изменение роли дизайна (в широком смысле) и проектирования, которые, согласно современным подходам, должны сопровождать весь жизненный цикл продукта, тем самым, позволяя продлить цикл экономически эффективного использования продукта.

Показательно, что ряд авторов [5] склонен завышать роль проектирования и дизайна, возлагая на них интегрирующие функции в организации в целом. В частности, отмечается, что дизайнеры и проектировщики не могут останавливаться в своей работе на этапе проектирования: они должны играть активную роль и разрабатывать решения, способствующего ми-

нимизации бюджетов и ресурсов на этапах производства и эксплуатации. К элементам такого подхода часто относят модульности, позволяющие заменять отдельные быстро устаревающие компоненты при сохранении основных материалоемких деталей конструкции. Такой подход активно практикуется и в военной и в гражданской авиации, существенно удлиняя жизненный цикл планеров самолетов.

Дальнейшее развитие этого подхода связано с проектированием, учитывающим интегральное влияние продукта на окружающую среду (включая экологические, социальные и иные аспекты последующей эксплуатации и утилизации).

Данный подход был в частности использован при подборе материалов и проектировании пассажирских кресел в 2013 году в рамках проекта Myseat в ходе взаимодействия с авиационной отраслью Делфтского технологического университета. Проект включал в себя партнерство с производителем авиационных запчастей. В конечном итоге он был номинирован на престижную международную отраслевую премию Crystal Cabin.

Изменение бизнес-моделей и конкурентного поля

Очевидным фактором, оказывающим существенное влияние на развитие авиационной отрасли является изменение бизнес-моделей игроков рынка. Появление «лоу-костеров» существенно изменило подходы к оценке эффективности и, в том числе, оказало влияние на приоритеты развития технологий в авиастроении. Аналогично, тренд на «уберизацию» может оказать влияние на развитие авиа-перевозок. Например, в случае, если развитие технологий «интернета вещей» и маркировки позволят разделить потоки пассажиров и багажа, обеспечив доставку последнего до места проживания в формате сервиса, такие изменения окажут непосредственное влияние на развитие всей бизнес-модели авиаперевозчиков, аэропортов, а в конечном итоге и производителей авиационной техники.

Важным фактором изменения бизнес-моделей в отрасли является технологическое развитие смежных отраслей. В качестве примера можно привести исследование [6], в рамках которого определяется влияние развития скоростного железнодорожного транспорта на концентрацию рынка и индекс Лернера (монополизация) на рынке авиаперевозок Китая.

Согласно данному исследованию, несмотря на то, что Китай занимает второе место в мире по объему авиаперевозок, развитие скоростных железных дорог является серьезным вызовом для отрасли. В ходе исследования авторы приходят к выводу о необходимости выстраивания межотраслевых коммуникаций, при которых будет возможно перейти от состояния конкуренции к кооперации. В качестве модели могут быть рассмотрены модальные соглашения между операторами железных дорог и авиакомпаний, распространенные в Европе, в том числе, параллельные интермодальные соглашения, которые включают пересечение между железнодорожным и воздушным сообщением [2].

Концептуализация инновационного развития авиационной отрасли

Проведенный анализ публикаций по тематике развития авиационной отрасли в мире отразил наличие ряда направлений научно-прикладного поиска, требующих системного концептуального осмысления в соответствии с обозначенным в начале статьи подходом.

На рис. 1 представлена концептуальная схема инновационного развития авиационной отрасли как сложной инфраструктурно-интегрированной системы.

На приведенной схеме отдельно отмечены выявленные в рамках исследования зарубежной литературы приоритетные направления развития, в частности:

- Развитие модельно-ориентированной эксплуатации комплексных продуктов авиационной отрасли в рамках интегрированных PLM-решений, в том числе, с использованием многокритериальных методов принятия решений на основе нечеткой логики.
- Проведение детального исследования тенденций развития систем, формирующих контекст развития комплексных продуктов авиационной отрасли.
- Изменение фокуса внимания (с точки зрения управления системой) по мере перехода от одной стадии готовности (TRL, MRL, BRL, CRL) к другой.

Рис. 1. Концептуальная схема инновационного развития авиационной отрасли как сложной инфраструктурно-интегрированной системы

В частности, на начальных стадиях развития инновационного продукта критически значимым является фокусировка внимания на анализе трендов развития систем верхнего уровня, обеспечивающих входящие требования к механизмам интеграции комплексного продукта в систему и к самому комплексному продукту. Далее, по мере приближения к этапу серийного производства и эксплуатации комплексных продуктов в рамках инновационного развития авиационной, отрасли особую значимость приобретает управление задачами интеграции с системами верхнего уровня.

Заключение

В настоящей статье проведен анализ современных подходов к инновационному развитию авиационной отрасли, в основу которого легли результаты публикаций европейских и азиатских авторов.

На базе проведенного исследования сформирована концептуальная схема инновационного развития авиационной отрасли как сложной инфраструктурно-интегрированной системы. В качестве важнейших направлений отмечено развитие человеческого капитала, интегрированное управление жизненным циклом комплексных продуктов авиационной отрасли на трех иерархических уровнях.

Литература

1. Armatlı Koroğlu, Bilge & Ecerel, Tanyel. (2015). Human Capital and Innovation Capacity of Firms in Defense and Aviation Industry in Ankara. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 195. 1583-1592. 10.1016/j.sbspro.2015.06.196.
2. Chiambaretto, P., Decker, C., 2012. Air-rail intermodal agreements: balancing the competition and environmental effects. *J. Air Transp. Manag.* 23, 36-40.
3. Dožić Slavica, 2019. "Multi-criteria decision making methods: Application in the aviation industry," *Journal of Air Transport Management*, Elsevier, vol. 79(C), pages 1-1. <<https://ideas.repec.org/a/eee/jaitra/v79y2019ic2.html>>
4. Lee, Siang-Guan & Ma, Yongsheng & Thimm, G. & Verstraeten, J.. (2008). Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. *Computers in Industry*. 59. 296-303. 10.1016/j.compind. 2007.06.022.
5. Price, Rebecca & Lille, Christine & Bergema, Katinka. (2019). Advancing Industry through Design: A Longitudinal Case Study of the Aviation Industry. 5. 304-326. 10.1016/j.sheji.2019.07.003.
6. Zhang, Qiong & Yang, Hangjun & Wang, Qiang & Zhang, Anming & Zhang, Yahua, 2020. "Impact of high-speed rail on market concentration and Lerner index in China's airline market," *Journal of Air Transport Management*, Elsevier, vol. 83(C). <<https://ideas.repec.org/a/eee/jaitra/v83y2020ics0969699718304344.html>>
7. Zhu, Wenhua & Bricogne, Matthieu & Durupt, Alexandre & Sébastien, Remy & Li, Baorui & Eynard, Benoit. (2016). Implementations of Model Based Definition and Product Lifecycle Management Technologies: a Case Study in Chinese Aeronautical Industry. *IFAC-PapersOnLine*. 49. 485-490. 10.1016/j.ifacol.2016.07.664.
8. Губенко А.В., Гусева Ж.И., Зенкова Т.Ю. Современные подходы к организации планирования производства на самолетостроительном предприятии // *Экономика и управление*. 2013. № 3 (89). – С. 56-58.
9. Дутов А.В., Ключков В.В. Методы оценки влияния технологий на характеристики перспективной продукции и достижение целей научно-технологического развития

- (на примере гражданского авиастроения). Экономика науки. 2020;6(1-2):35-45.
<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-35-45>
10. Манвелидзе А.Б. Оценка рыночной ниши для поставок воздушных судов отечественного производства // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2017. № 19 (330). – С. 72-82.
11. Манвелидзе А.Б. Проектирование инновационной инфраструктуры авиационной отрасли // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2019. № 6. – С. 34-40.

Поступила в редакцию

15.08.2020

Манвелидзе Андрей Борисович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Финансовый менеджмент», ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, Россия.

Manvelidze Andrey B. – Candidate of economic Sciences, associate professor of the Department of Financial management, Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia.

Еленев Константин Сергеевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управления предприятием», ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, Россия.

Elenev Konstantin S. – Candidate of economic Sciences, associate professor of the Department of economics and enterprise management, Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia.

Россия, 127055, Москва, Вадковский пер., 1
1, str. Vadkovskiy, Moscow, 127055, Russia
e-mail: manvelidze.a.b@gmail.com
e-mail: elenev@bk.ru