



**Экономическая модель управления жизненным циклом беспилотных
авиационных систем в решении задач транспортной доступности регионов
России**

Лобанов А.С., аспирант 2 курса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена вопросам внедрения беспилотных авиационных систем в решении проблемы транспортной доступности удаленных регионов России. Основное внимание в работе уделено разработке экономической модели управления жизненным циклом беспилотных авиационных систем, которая включает в себя укрупненные этапы НИОКР, производство, эксплуатация и утилизация, с учетом прямых и косвенных экономических эффектов, а также транспортного и мультипликативного эффектов в интересах региона. В работе проведен анализ социально-экономической значимости создания региональных авиационно-логистических сетей беспилотных авиационных систем, а также предложены рекомендации по их развитию и финансированию для государственных структур и отраслевого бизнеса.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, управление жизненным циклом, экономическая модель, транспортная доступность, логистика, региональное развитие.

**The economic model of life cycle management of unmanned aircraft systems in
solving problems of transport accessibility of Russian regions**

Lobanov A.S., 2nd year postgraduate student,

Annotation. The article is devoted to the implementation of unmanned aircraft systems in solving the problem of transport accessibility in remote regions of Russia. The main focus of the work is on the development of an economic model for managing the lifecycle of unmanned aircraft systems, which includes integrated stages of R&D, production, operation and disposal, taking into account direct and indirect economic effects, as well as transport and multiplier effects in the interests of the region. The paper analyzes the socio-economic importance of creating regional aviation and logistics networks of unmanned aircraft systems, and offers recommendations on their development and financing for government agencies and industry businesses.

Key words: unmanned aircraft systems, lifecycle management, economic model, transport accessibility, logistics, regional development.

Введение. Для нашей страны, обладающей самой большой территорией в мире, вопросы связности территорий и обеспечения транспортной доступности являются стратегически важными. По данным [1], более 70% территории России, к которым относятся значительные части Сибири, Дальнего Востока, Крайнего Севера и Арктической зоны, где сосредоточены значительные природные ресурсы и проживает около 15% населения, характеризуется как территория с низкой транспортной доступностью. Основными факторами низкой транспортной доступности в этих регионах являются:

✓ *Высокая стоимость создания и поддержания наземной транспортной инфраструктуры.* По данным [2] строительство и содержание автомобильных и железных дорог в условиях вечной мерзлоты, сложного рельефа и большой удаленности экономически неэффективно. Например, стоимость 1 км автодороги в Якутии может превышать 100 млн рублей.

✓ *Высокая зависимость от климатических условий в организации речных перевозок,* что создает «логистические разрывы», в зависимости от сезона, нарушающие непрерывность грузовых перевозок.

✓ *Высокая стоимость эксплуатации малой авиации.* Резкое сокращение парка региональных самолетов и самолетов малой вместимости, высокая стоимость эксплуатации вертолетов, старение наземной инфраструктуры привели к сокращению местных авиалиний в исследуемых регионах.

По данным экспертов отрасли воздушного транспорта, с одной стороны, беспилотные авиационные системы (БАС), переживающие в настоящее время бурное развитие во всем мире, представляют собой прорыв в решении вопросов, связанных с улучшением транспортной доступности удаленных территорий страны, на основе следующих ключевых преимуществ:

- относительно низкая стоимость производства и эксплуатации;
- высокая автоматизация, (отдельные модели с возможностью использования в любую погоду);
- отсутствие риска для жизни пилота;
- возможность вертикального взлета и посадки, вследствие чего отсутствие необходимости наземной инфраструктуры (взлетно-посадочных полос).

С другой стороны, интеграция БАС в единую транспортную систему является сложным, многокомпонентным проектом, требующий долгосрочных инвестиций, системного управления и экономической модели, охватывающей весь жизненный цикл системы - от НИОКР до утилизации.

Целью исследования является разработка экономической модели управления жизненным циклом БАС для количественной оценки эффективности транспортной доступности удаленных регионов России. По данным [8] управление жизненным циклом - это интегрированная система управления информацией, процессами и ресурсами на всех этапах существования продукта или системы, от зарождения концепции до утилизации. В процессе создания БАС, одним из ключевых теоретических подходов в создании высокотехнологичной продукции во всей мировой практике является концепция Total Cost of Ownership (TCO) [3], где предусмотрено смещение фокуса с первоначальной цены приобретения на совокупные затраты, связанные с

владением и эксплуатацией актива в течение всего срока его службы, в которую включены прямые и косвенные затраты на закупку, внедрение, обучение, техническую поддержку, модернизацию, администрирование и утилизацию. Для эффективного управления жизненным циклом БАС данная концепция является идеальным инструментом, так как доля эксплуатационных расходов может в 3-5 раз превышать первоначальные инвестиции на НИОКР и производство. Следующим важным теоретическим подходом в создании высокотехнологичной продукции считается CALS-методология, которая представляет собой стратегию, направленную на интеграцию информационных систем и процессов всех участников на всех этапах жизненного цикла (заказчик, разработчик, производитель, поставщик, эксплуатант) на основе единых стандартов [4,9]. Применительно к БАС это означает создание «цифрового двойника» системы, который аккумулирует всю информацию: конструкторскую документацию, историю полетов, данные испытаний, технического обслуживания и ремонта, что позволяет оптимизировать логистику запасных частей, прогнозировать отказы и планировать модернизацию, существенно снижая эксплуатационные издержки.

Жизненный цикл БАС для решения транспортных задач в гражданской сфере имеет ряд специфических особенностей, которые должны быть учтены при формировании экономической модели:

- ✓ обновления аппаратной части (3-7 лет) при длительном использовании программных платформ;
- ✓ высокие требования к надежности и безопасности в условиях отсутствия пилота;
- ✓ сильная зависимость от внешней инфраструктуры (связь, электроснабжение, центры управления).

Детализированную структуру жизненного цикла БАС для решения транспортных задач можно представить в виде семи взаимосвязанных этапов, каждый из которых генерирует стоимостные потоки и требует управления:

1. исследование и концептуальное проектирование, в основе которой лежит предварительный анализ транспортных потребностей и связности территорий региона, анализ стратегии конкурентов на рынке транспортных услуг, выбор оптимальных маршрутов, определение технических и эксплуатационных требований (грузоподъемность, дальность, условия обслуживания БАС);

2. НИОКР и детальное проектирование, как наиболее капиталоемкий и критически важный этап в сложившихся условиях необходимости диверсификации производства с учетом важности импортозамещения;

3. серийное производство, сборка, проведение приемо-сдаточных испытаний;

4. этап внедрения и развертывания, который включает в себя следующие компоненты:

- инфраструктурные: строительство/оборудование взлетно-посадочных площадок, ангаров для хранения и обслуживания, центров управления полетами (ЦУП);

- кадровые: обучение операторов, инженеров по техническому обслуживанию, диспетчеров.

- организационные: получение разрешений на полеты в Росавиации и Роскомнадзоре (радиочастоты), разработка регламентов, интеграция в единое воздушное пространство;

- стоимостные компоненты: строительные работы, закупка оборудования для ЦУП, стоимость обучения персонала;

5. эксплуатация и поддержка, самый длительный этап (5-10 лет), который включает в себя:

регулярные затраты: энергия/топливо, плановое и внеплановое техническое обслуживание, заработная плата персонала, связь и данные, страхование, обновление ПО и кибербезопасность, мониторинг показателей надежности, управление парком, планирование полетов.

6. модернизация и перепрофилирование, например, через 3-5 лет может потребоваться замена аккумуляторов, установка новых датчиков, повышение грузоподъемности;

7. вывод из эксплуатации и утилизация литий-ионных аккумуляторов, композитных материалов, электроники в соответствии с экологическими стандартами.

В соответствии с детализированной структурой жизненного цикла БАС, с учетом рассмотренных специфических особенностей их применения в гражданской сфере, предложена следующая экономическая модель управления жизненным циклом в решении задач транспортной доступности, на основе ключевых теоретических подходов TCO и CALS, в которой расчет совокупной стоимости владения БАС производится следующим образом:

$$TC_{БАС} = \sum(LCC_i) + \sum(OC_j * K_j) + \sum(R_k * P_k) - DC * K_{end}$$

где $TC_{БАС}$ – совокупная стоимость владения БАС;

LCC_i – дискретные капитальные вложения (инвестиции) на этапах 1-4;

OC_j – ежегодные операционные затраты, продисконтированные к началу периода с использованием коэффициента приведения будущей стоимости K_j для учета стоимости денег во времени;

R_k – потенциальные убытки от реализации k - го риска;

P_k – вероятность наступления k -го риска;

DC – ликвидационная стоимость БАС;

K_{end} – коэффициент приведения для конечного года жизненного цикла БАС.

При моделировании учитываются результаты стоимостных оценок технических рисков, например, отказа оборудования, регуляторные риски, изменение законодательства, приводящее к простоя с возможностью определения условной стоимости простоя транспортной системы, рыночные риски с появлением на рынке более дешевых в обслуживании изделий, а также операционные риски вследствие потери груза, задержки и т.д. Интеграция CALS-

подхода, внедрение «цифрового двойника» может обеспечить сокращение ежегодных операционных затрат до 25% за счет внедрения систем:

- прогнозного обслуживания;
- оптимизации маршрутов;
- сокращения времени на обучение персонала, а также на техническое обслуживание и ремонт БАС.

Применение БАС для улучшения транспортной связности территорий и повышения транспортной доступности в рассматриваемых российских регионах может обеспечить комплексный мультипликативный эффект по следующим социально-экономическим направлениям:

- создание новых высокотехнологичных рабочих мест в регионах (операторы, инженеры-обслуживающие, разработчики ПО для БАС);
- формирование нового регионального рынка услуг (БАС-логистика) и смежных отраслей (сервисные центры, производство запчастей, компонентов);
- снижение транспортно-логистических издержек для регионального бизнеса до 40%;
- расширение возможностей в срочной доставке лекарств, медицинских анализов, экстренная доставка дефибрилляторов или антидотов для повышения качества медицинской диагностики;
- стабилизация цен на товары первой необходимости, доступ к интернет-заказам;
- быстрая доставка почты, срочных документов, легкого оборудования;
- повышение привлекательности малых населенных пунктов в регионах для молодого населения;
- увеличение налоговых платежей в региональные и местные бюджеты;
- сокращение бюджетных субсидий на поддержку убыточных авиационных маршрутов или строительство автомобильных дорог.
- снижение расходов на ликвидацию чрезвычайных ситуаций (доставка помощи).

Наиболее критичными ключевыми барьерами в развитии БАС являются:

- отсутствие упрощенной процедуры сертификации и допуска к полетам БАС для коммерческих грузовых перевозок;
- неопределенность в механизме распределения ответственности за сохранность груза и наступления авиационного происшествия;
- сложность согласования воздушных коридоров с государственными регуляторами воздушного движения;
- зависимость от импорта двигателей, аккумуляторов, чипов, высокоточной навигационной аппаратуры;
- необходимость развития сети ЦУП, слабое покрытие надежной и защищенной связью в удаленных районах для передачи телеметрии и управления;
- дефицит системных инженеров, операторов, специалистов по кибербезопасности БАС.

В ходе исследования сформулированы следующие рекомендации для развития БАС в решении транспортных задач:

- ✓ определение пилотных регионов (например, республика Саха-Якутия, Чукотский автономный округ, Камчатский край), где в тестовом режиме будут отработаны упрощенные процедуры сертификации и допуска для грузовых БАС на заранее утвержденных авиационных маршрутах;
- ✓ введение мер государственной поддержки на ранних этапах жизненного цикла: льготные кредиты (проектное финансирование) для операторов, софинансирование инфраструктуры ЦУП в рамках госпрограмм развития регионов, налоговые каникулы на этапах НИОКР и производство БАС;
- ✓ включение услуг БАС-доставки в систему государственных закупок для нужд здравоохранения, образования, почтовых отделений, экстренных служб;
- ✓ формирование научно-производственных консорциумов, в которых будут объединены усилия разработчиков БАС, ИТ-компаний, логистических операторов и региональных властей для создания высокоэффективной

транспортной системы в интересах социально-экономического развития региона.

Заключение. Разработанная в статье экономическая модель управления жизненным циклом, основанная на интеграции подходов TCO и CALS, предоставляет подход для комплексной оценки инвестиционных проектов по внедрению беспилотных авиационных систем в транспортную инфраструктуру удаленных регионов России с учетом мультипликативного эффекта, затрагивающий социальную сферу, здравоохранение, бизнес и бюджетную систему. БАС могут стать одним из механизмов устойчивого социально-экономического развития труднодоступных территорий за счет увеличения транспортной доступности и связности территорий. Последовательная реализация предложенных рекомендаций позволит России не только решить внутренние проблемы транспортной доступности, но и занять лидирующие позиции в разработке и экспорте комплексных решений в области применения беспилотных авиационных систем для стран со схожими природно-климатическими условиями.

Библиографический список:

1. Институт региональных проблем. Доклад «Транспортная связанность и экономическое развитие субъектов РФ». – М., 2022. – 145 с.
2. Министерство транспорта РФ. Отчет о затратах на строительство автомобильных дорог в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях за 2020-2022 гг. – 2023.
3. Ellram, L.M. Total Cost of Ownership: An Analysis Approach for Purchasing / L.M. Ellram // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 1995. – Vol. 25, No. 8. – P. 4–23.
4. ГОСТ Р 58396-2019 (ИСО/МЭК 81346-1:2016). Системы промышленной автоматизации и интеграция. Структурирование и обозначение. Часть 1. Основные правила. – М.: Стандартинформ, 2019.
5. Аганбегян, А.Г. Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона / А.Г. Аганбегян // ЭКО. – 2020. – № 5. – С. 5-29.

6. Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). Концепция интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство Российской Федерации. – 2021.
7. Золотарев, В.С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Золотарев. – М.: Физматлит, 2018. – 320 с.
8. Гязова М.М. Построение модели организационного обеспечения инновационной программы на стадии внешнего проектирования жизненного цикла технически сложных изделий //Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 2.
9. Гязова М.М. Планирование объемов грузовых авиаперевозок с применением критерия общепромышленной эффективности //СТИН. – 2025. – №6. с.36-40
10. Сиваев С.Б. Методы оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности / С.Б. Сиваев, Д.А. Шевчук. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. – 278 с.
11. Аналитический центр при Правительстве РФ. Мониторинг состояния транспортной инфраструктуры в малых населенных пунктах. – 2022. – 89 с.
12. McKinsey & Company. The future of unmanned cargo aircraft: A review of the 2025 potential and the key challenges. – 2021.
13. Рыбак, О.Н. Цифровые двойники в инженерии: от концепции к внедрению / О.Н. Рыбак // Информационные технологии. – 2021. – Т. 27, № 10. – С. 577-585.
14. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года (утверждена Указом Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645).
15. Национальная технологическая инициатива (НТИ). Дорожная карта AeroNet (развитие рынка беспилотных авиационных систем). – 2022.

References:

1. Institute of Regional Problems. The report «Transport connectivity and economic development of the subjects of the Russian Federation», Moscow, – 2022, – 145 p.
2. The Ministry of Transport of the Russian Federation. Report on the costs of road construction in the Far North and equivalent areas for 2020-2022-2023.
3. Ellram, L.M. Total Cost of Ownership: An Analysis Approach for Purchasing / L.M. Ellram // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 1995. – Vol. 25, № 8. – P. 4-23.
4. GOST R 58396-2019 (ISO/IEC 81346-1:2016). Industrial automation systems and integration. Structuring and labeling. Part 1. Basic Rules. Moscow: Standartinform, 2019.
5. Aganbegyan, A.G. Socio-economic development of the Far East and the Baikal region / A.G. Aganbegyan // ECO. 2020. – № 5. – pp. 5-29.
6. Federal Air Transport Agency (Rosaviation). The concept of integrating unmanned aircraft into the unified airspace of the Russian Federation. – 2021.
7. Zolotarev, V.S. Unmanned aircraft: terminology, classification, current state / V.S. Zolotarev. – M.: Fizmatlit, 2018. – 320 p.
8. Gyazova M.M. Building a model of organizational support for an innovation program at the stage of external design of the life cycle of technically complex products. //Russian Online Economic Magazine. – 2019. – № 2.
9. Gyazova M.M. Planning the volume of air cargo transportation using the criterion of industry-wide efficiency //STIN. – 2025. – №6. – pp.36-40
10. Sivaev S.B. Methods for evaluating the effectiveness of investment projects in conditions of uncertainty / S.B. Sivaev, D.A. Shevchuk. – M.: Publishing House of the Higher School of Economics, 2019. – 278 p.
11. Analytical Center under the Government of the Russian Federation. Monitoring of the state of transport infrastructure in small towns. – 2022. – 89 p.
12. McKinsey & Company. The future of unmanned cargo aircraft: A review of the 2025 potential and the key challenges. – 2021.

13. Rybak, O.N. Digital twins in engineering: from concept to implementation / O.N. Rybak // Information technologies. – 2021. – Vol. 27, № 10. – pp. 577-585.

14. Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035 (approved by Decree of the President of the Russian Federation dated October 26, 2020 № 645).

15. National Technology Initiative (NTI). AeroNet Roadmap (development of the unmanned aircraft systems market). – 2022.