

Родионова Юлия Исуповна

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им. Главного
маршала авиации А.А. Новикова

Ильин Сергей Александрович

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им. Главного
маршала авиации А.А. Новикова

Гранчук Владимир Михайлович

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им. Главного
маршала авиации А.А. Новикова

Индекс совместимости цифровой инфраструктуры беспилотных авиационных систем в Российской Федерации: экономическая оценка для систем организации воздушного движения и мониторинга

Аннотация. Развитие инфраструктуры беспилотных авиационных систем (БАС) в Российской Федерации все в большей мере определяется качеством цифровой среды, обеспечивающей их интеграцию в полноценное использование единого воздушного пространства. В условиях формирования национальной системы взаимодействия между операторами беспилотных авиационных систем, сервисами подачи полетной информации, инфраструктурой управления воздушным движением и государственными системами наблюдения совместимость цифровой инфраструктуры перестает быть технической задачей и начинает быть экономической проблемой. При несовместимости цифровых решений, обеспечивающих обмен данными между бортовым оборудованием БАС, станцией управления, сервисами подачи полетной информации, системами идентификации и государственными системами мониторинга, возрастают транзакционные издержки, замедляется подключение новых участников рынка, возрастает зависимость от отдельных поставщиков, а подключение новых участников становится более дорогим и медленным. В статье предложена методика расчета индекса совместимости цифровой инфраструктуры беспилотных авиационных систем, основанного на пяти показателях: «открытости» инструмента обмена данными между программами, API, готовности к взаимодействию с сервисами планирования полетов, совместимости с системами мониторинга, издержках перехода между провайдерами и различными типами оборудования. Предлагаемый индекс потенциально позволит количественно оценивать экономические последствия различной степени совместимости цифровых решений в российской сфере беспилотников. Научная новизна работы заключается в разработке компактного инструмента экономической оценки, позволяющего рассматривать совместимость как фактор, напрямую влияющий на затраты подключения, смену поставщика и возможность дальнейшего расширения цифровой инфраструктуры беспилотных авиационных систем в Российской Федерации.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, цифровые интерфейсы, стандартизация, совместимость, сетевые эффекты, мониторинг, управление воздушным движением, индекс совместимости, экономика БАС

Rodionova Yulia Isupovna

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov

Ilyin Sergey Aleksandrovich

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov

Granchuk Vladimir Mikhailovich

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov

Compatibility Index of the Digital Infrastructure of Unmanned Aircraft Systems in the Russian Federation: An Economic Assessment for Air Traffic Management and Monitoring Systems

Abstract. The development of the infrastructure of unmanned aircraft systems (UAS) in the Russian Federation is increasingly determined by the quality of the digital environment that enables their integration into the full use of the unified airspace. As a national system of interaction is being formed between UAS operators, flight information submission services, air traffic management infrastructure, and state surveillance systems, the compatibility of digital infrastructure is no longer merely a technical issue and is becoming an economic problem. When digital solutions responsible for data exchange between onboard UAS equipment, the control station, flight information submission services, identification systems, and state monitoring systems are incompatible, transaction costs increase, the entry of new market participants slows down, dependence on individual suppliers grows, and the connection of new participants becomes more expensive and time-consuming. This paper proposes a methodology for calculating the compatibility index of the digital infrastructure of unmanned aircraft systems, based on five indicators: the openness of software data exchange tools (API), readiness for interaction with flight planning services, compatibility with monitoring systems, switching costs between providers, and compatibility with different types of equipment. The proposed index can potentially provide a quantitative assessment of the economic consequences associated with different levels of compatibility among digital solutions in the Russian UAS sector. The scientific novelty of the study lies in the development of a compact economic assessment tool that makes it possible to consider compatibility as a factor directly affecting connection costs, supplier switching, and the potential for further expansion of the digital infrastructure of unmanned aircraft systems in the Russian Federation.

Keywords: unmanned aircraft systems, digital interfaces, standardization, compatibility, network effects, monitoring, air traffic management, compatibility index, UAS economics.

Введение

В Российской Федерации уже сформированы базовые элементы цифровой инфраструктуры, от которых зависит использование все более развивающихся беспилотных авиационных систем (БАС – далее).

Речь идет о цифровых средствах подачи плановой информации, идентификации, наблюдения и информационного обмена между участниками использования воздушного пространства. Поэтому вопрос совместимости в данной сфере целесообразно рассматривать применительно к уже существующей инфраструктуре [1–3].

Во-первых, в рамках национального проекта «Беспилотные авиационные системы» развитие отрасли связывается с формированием новой инфраструктуры, обеспечивающей их массовое применение [1].

Также в приказе Росавиации от 26.03.2025 № 229-П закреплены методики расчета показателей федерального проекта, включая время получения доступа к использованию воздушного пространства для оборудованных беспилотных воздушных судов (БВС – далее), снижение относительного количества ограничений на 1000 полетов, рост интенсивности полетов и оснащенность унифицированной инфраструктурой [2]. То есть, государство уже оценивает развитие БАС через показатели, связанные с качеством цифровой среды [1; 2]. Элементом этой среды выступает система представления планов полетов и сопутствующие сервисы *Госкорпорации по ОрВД*, используемые для организации полетов БВС [3]. Для полноценного экономического анализа важно то, что подключение оператора к рынку все в большей степени зависит от способности его оборудования и программных средств правильно работать с указанной цифровой инфраструктурой [2; 3].

С 1 марта 2026 года начала работу система идентификации БВС на базе ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС», запуск которой обеспечен постановлением Правительства Российской Федерации от 02.02.2026 № 83 [4]. По официальным материалам Министерства транспорта, в 2025 году эта система прошла пилотирование в 35 субъектах Российской Федерации [4]. Следовательно, совместимость с государственным мониторингом в российской практике становится значимым требованием во время эксплуатации [4].

Дополнительно требования к оснащению пилотируемых воздушных судов и БАС оборудованием связи, навигации, наблюдения, удаленной идентификации и средствами криптографической защиты закреплены постановлением Правительства РФ от 30.11.2024 № 1701 [5]. В 2025 году также был введен новый класс воздушного пространства «Н», предназначенный специально для полетов БВС [6]. В совокупности делаем вывод, что российская цифровая инфраструктура БАС уже складывается как единая среда эксплуатации, а, значит, ее совместимость может и обязана оцениваться в экономических категориях [4–6].

Совместимость цифровой инфраструктуры БАС как экономическая категория

Совместимость цифровой инфраструктуры БАС имеет прямое экономическое значение, потому что она очевидно снижает затраты на подключение операторов к сервисам подачи плановой информации, системам идентификации и государственному мониторингу. Если бортовое оборудование, станции управления и внешних цифровых сервисов работают согласованно, уменьшается необходимость, например, в дополнительных адаптерах, ручной настройке и промежуточных шагах обмена данными. Также снижается зависимость оператора от одного поставщика, поскольку переход на другую платформу или подключение нового оборудования не требует полной переработки уже используемой схемы взаимодействия. **Совместимость цифровой инфраструктуры влияет на возможность дальнейшего расширения применения БАС без пропорционального роста расходов на интеграцию.**

Методика расчета индекса совместимости цифровой инфраструктуры БАС

Для количественной оценки предлагается индекс совместимости цифровой инфраструктуры БАС:

$$I_{\text{совм}} = \sum_{j=1}^5 w_j K_j$$

где K_j – частные коэффициенты совместимости, w_j – их весовые коэффициенты, причем $\sum_{j=1}^5 w_j = 1$.

На первом этапе принимаются равные веса: $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = 0,2$.

Этим мы обеспечим сопоставимость результатов и избежим самопроизвольного завышения значимости отдельных параметров до проведения экспертной калибровки. В итоговом виде индекс записывается так:

$$I_{\text{совм}} = 0,2K_{\text{api}} + 0,2K_{\text{plan}} + 0,2K_{\text{mon}} + 0,2K_{\text{switch}} + 0,2K_{\text{equip}}$$

где K_{api} – открытость и документированность API, K_{plan} – готовность к взаимодействию с сервисами планирования полетов, K_{mon} – совместимость с системами идентификации и мониторинга, K_{switch} – издержки перехода между провайдерами, K_{equip} – совместимость с различными типами оборудования.

Для практического расчета используется трехуровневая шкала 0, 0,5, 1: значение 1 соответствует полной совместимости по рассматриваемому параметру, 0,5 – частичной, 0 – ее отсутствию. Так, для K_{api} значение 1 означает наличие открытого документированного API, для K_{plan} – прямую работу с сервисами подачи плановой информации, для K_{mon} – совместимость с государственными системами идентификации и мониторинга, для K_{switch} – возможность перехода на другое решение без глубокой

переработки используемой схемы, для K_{equip} – работу с оборудованием разных производителей.

Значение $I_{\text{совм}}$ в диапазоне от 0 до 0,3 соответствует слабо совместимой инфраструктуре, от 0,3 до 0,6 – умеренно совместимой, от 0,6 до 0,8 – преимущественно совместимой, свыше 0,8 – высоко совместимой.

Рост индекса цифровой совместимости будет связан со снижением затрат на подключение оператора (или эксплуатанта) к самой инфраструктуре БАС. То есть, сокращаются ручные настройки, ниже будут затраты на согласование работы бортового оборудования и наземных систем, наземного ПО и т.д.

Для Российской Федерации – это ключевой момент, потому что время получения доступа (а точнее: его сокращение) к использованию воздушного пространства сейчас используется как показатель развития отрасли БАС в РФ. Например, замена программы планирования полета или подключение другого модуля идентификации будут требовать перенастройки всей «цепочки» обмена данными. Повысив уровень совместимости, не придется заново собирать всю схему работы между БВС, станцией управления и связующими сервисами.

Этот упрощенный вариант методики вполне может применяться для первичного сравнения вариантов при создании цифровой инфраструктуры для БАС в РФ. В статье приняты равные веса и трехуровневая шкала, что означает упрощенный расчет. По мере накопления практических данных эта схема должна уточняться, что будет являться темами будущих исследований для расширения методики.

Список источников

1. Беспилотные авиационные системы // Правительство России. — Текст : электронный. — URL: <https://government.ru/rugovclassifier/927/about/> (дата обращения: 20.04.2026).
2. Приказ Росавиации от 26.03.2025 № 229-П «Об утверждении методик расчета показателей федерального проекта “Развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и формирование специализированной системы сертификации беспилотных авиационных систем”, входящего в состав национального проекта “Беспилотные авиационные системы”» // КонсультантПлюс. — Текст : электронный. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_502162/ (дата обращения: 20.04.2026).
3. Для полетов беспилотных воздушных судов (БВС) // Госкорпорация по ОрВД. — Текст : электронный. — URL: <https://gkovd.ru/services/bvs/> (дата обращения: 20.04.2026).
4. Доклад о деятельности Министерства транспорта Российской Федерации за 2025 год и задачах на 2026 год // Министерство транспорта Российской Федерации. — М., 2026. — Текст : электронный. — URL: <https://mintrans.gov.ru/file/557797> (дата обращения: 20.04.2026).
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2024 № 1701 «Об утверждении требований к оснащению пилотируемых воздушных судов и беспилотных авиационных систем оборудованием связи, навигации, наблюдения, удаленной идентификации и средствами криптографической защиты информации» // Официальное опубликование правовых актов. — Текст: электронный. — URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412030025> (дата обращения: 20.04.2026).
6. В России появился новый класс воздушного пространства Н для беспилотных воздушных судов // Правительство России. — Текст : электронный. — URL: <https://government.ru/news/55813/> (дата обращения: 20.04.2026).

Сведения об авторах

Родионова Юлия Исуповна, старший преподаватель кафедры №8 «Прикладной математики и информатики», Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова, Санкт-

Петербург, Россия

Ильин Сергей Александрович, студент 1 курса, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Гранчук Владимир Михайлович, студент 1 курса, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия.

Information about the authors

Rodionova Yulia Isupovna, Senior Lecturer, Department No. 8, Applied Mathematics and Computer Science, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Ilyin Sergey Aleksandrovich, 1st year student, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Granchuk Vladimir Mikhailovich, 1st year student, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov, Saint Petersburg, Russia.