

МАШИНОСТРОЕНИЕ

- 2.5.12 – Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов;
2.5.13 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов;
2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов;
2.5.15 – Тепловые электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов;
2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

УДК 629.7.048.3

DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-4-50-66

Анализ современных требований к разработке системы кондиционирования воздуха воздушных судов

Д.Ю. Парубин¹, И.Г. Кирпичев²

¹ОКБ Сухого, г. Москва, Россия

²Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Россия

Аннотация: Проведено исследование современных требований к разработке системы кондиционирования воздуха (СКВ) гражданских воздушных судов (ВС) транспортной категории в контексте их актуализации и гармонизации с международным передовым опытом в области проектирования и сертификации авиационной техники (АТ). Установлено, что конкурентоспособность ВС непосредственно коррелирует с полнотой и детализированностью норм летной годности (НЛГ), что в свою очередь оказывает значительное влияние на безопасность полетов и эффективность эксплуатации ВС. Рассмотрены рекомендации Международной организации гражданской авиации (ИКАО) к разработке национальных НЛГ и обеспечению их единообразия у государств – разработчиков АТ, рекомендации ИКАО к разработке СКВ ВС. Рассмотрены и обобщены передовые практики Федеральной авиационной администрации (FAA), Европейского агентства по безопасности полетов (EASA) в области непрерывной системной актуализации и гармонизации НЛГ. Сформулированы и описаны основные факторы: процедуры сертификации АТ, взаимодействие авиационных властей с предприятиями-разработчиками, международные двусторонние соглашения о безопасности полетов (BASA), – в совокупности определяющие единообразие зарубежных сертификационных систем в рамках обеспечения высокого уровня безопасности полетов и эффективной эксплуатации ВС. Выполнен сравнительный анализ национальных НЛГ Российской Федерации, Европейского союза, США AP 25 и НЛГ 25, CS 25, Part 25 соответственно к СКВ. Выявлены сходства и различия требований Российской Федерации, Европейского союза и США; представлена оценка степени единообразия отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ ВС. Сформулированы концептуальные предложения по актуализации и дополнению отечественных НЛГ с целью повышения эксплуатационно-технических характеристик данной функциональной системы ВС.

Ключевые слова: гражданская авиация, воздушное судно, конкурентоспособность, безопасность полетов, эффективность эксплуатации, система кондиционирования воздуха, ИКАО, нормы летной годности, сертификация.

Для цитирования: Парубин Д.Ю., Кирпичев И.Г. Анализ современных требований к разработке системы кондиционирования воздуха воздушных судов // Научный вестник МГТУ ГА. 2025. Т. 28, № 4. С. 50–66. DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-4-50-66

Analysis of modern requirements for the development of aircraft air conditioning system

D.Yu. Parubin¹, I.G. Kirpichev²

¹EDB Sukhoi, Moscow, Russia

²Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia

Abstract: The article presents a study of modern requirements for the development of air conditioning systems (ACS) of transport category civil aircraft in the context of their updating and harmonization with international best practices in the field of aircraft

design and certification. It has been established that the competitiveness of an aircraft directly correlates with the completeness and detail of airworthiness standards (AS), which, in turn, has a significant impact on flight safety and operational efficiency of aircraft. Consideration is given to the recommendations from the International Civil Aviation Organization (ICAO) regarding the development of national AS and ensuring their uniformity among states-developers of aircraft, and to ICAO recommendations for the ACS development. Advanced practices by the Federal Aviation Administration (FAA), the European Aviation Safety Agency (EASA) in the field of continuous systemic updating and harmonization of AS have been reviewed and summarized. The key factors: aircraft certification procedures, interaction between aviation authorities and development enterprises, international bilateral agreements on flight safety (BASA) – all of which together determine the uniformity of foreign certification systems to ensure a high level of flight safety and efficient operation of aircraft – have been formulated and described. A comparative analysis of the Russian Federation, the EU, the USA national AS has been performed: AP 25 and Airworthiness Norms 25 by Rosaviatsia, CS 25, Part 25, respectively, to the aircraft ACS. Similarities and differences in the requirements between the Russian Federation, the USA, and the EU have been identified along with an assessment of uniformity levels between domestic and foreign AS related to the aircraft ACS. Conceptual proposals for updating and supplementing the AS for increasing operational and technical characteristics of this functional aircraft system have been formulated.

Key words: civil aviation, aircraft, competitiveness, flight safety, operating efficiency, air conditioning system, ICAO, airworthiness standards, certification.

For citation: Parubin, D.Yu., Kirpichev, I.G. (2025). Analysis of modern requirements for the development of aircraft air conditioning system. Civil Aviation High Technologies, vol. 28, no. 4, pp. 50–66. DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-4-50-66

Введение

Конкурентоспособность воздушного судна (ВС) как сложной технической системы может быть достигнута прежде всего за счет повышения эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) входящих в его состав подсистем, разрабатываемых на основании рекомендаций Международной организации гражданской авиации (ИКАО), национальных норм летной годности (НЛГ) и требований сертификационного базиса. НЛГ содержат минимальные государственные технические требования к ВС гражданского назначения. Полнота и детализированность НЛГ существенно влияет на безопасность полетов (БП) и эффективность эксплуатации ВС.

Одной из жизненно важных функциональных систем ВС является система кондиционирования воздуха (СКВ), предназначенная для поддержания нормируемых условий внутри отдельных герметичных отсеков при воздействии знакопеременных внешних тепловых нагрузок и внутренних источников тепла.

Текущей актуальной проблематикой обеспечения требуемого уровня БП и эффективности эксплуатации российских ВС на внешнем и внутреннем рынках является отставание отечественной нормативной правовой базы (НПБ) от зарубежной [1–5]. Как минимум за 15 лет интенсивной эксплуатации зарубежной АТ в качестве основной для Рос-

сийской Федерации наблюдается значительное отставание в области проектирования и сертификации ВС нового поколения [6]. Несмотря на происходящие процессы гармонизации российской НПБ с иностранной, прослеживаются определенные сложности при сертификации отечественных ВС по зарубежным стандартам.

В современной отечественной научной литературе тематика конструктивно-технического устройства СКВ и ее подсистем широко освещена. Работы российских научных деятелей д. т. н. А.В. Чичиндаева, к. т. н. И.В. Тищенко, к. т. н. А.В. Суворова, Д.И. Смагина и многих других посвящены вопросам оптимизации и улучшения конструкции, агрегатов, экспериментальным и численным исследованиям теплогазодинамических процессов, протекающих в СКВ, ВС в целом. Тематике актуализации и гармонизации авиационной НПБ посвящены работы д. т. н. В.С. Шапкина, д. т. н. А.А. Кулешова, к. т. н. А.Я. Книвелю, к. т. н. А.В. Явкина и многих других. Рассмотрение требований НЛГ к СКВ в изученных научных трудах не производилось ранее и, следовательно, не охватывает вопросы анализа отличительных особенностей авиационных правил (АП), разработанных Федеральной авиационной администрацией (FAA), Европейским агентством по безопасности полетов (EASA), Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация).

В рамках одной функциональной системы проведено исследование АП Российской Федерации, США, Европейского союза (ЕС) для выявления различий и оценки степени единообразия отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ гражданских ВС транспортной категории в контексте их актуализации и гармонизации с международным передовым опытом в области разработки АТ. Целью данного исследования является повышение ЭТХ СКВ отечественных ВС вследствие развития и совершенствования требований к данной функциональной системе.

Для достижения поставленных целей были использованы методы теоретического исследования, включающие абстрагирование, анализ и синтез, индукцию и дедукцию, а также методы эмпирического исследования: наблюдение и сравнение.

Рекомендации и требования к сертификации воздушных судов

Процесс разработки отечественных НЛГ, отвечающих современным авиационным стандартам «качества», базируется на следующих фундаментальных положениях:

- рекомендациях ИКАО к разработке ВС и обеспечению степени единообразия НЛГ государств-разработчиков;
- ранее действовавших в СССР и отмененных Нормах летной годности гражданских самолетов СССР (НЛГС): НЛГС-1, НЛГС-2, НЛГС-3; АП 25 (Межгосударственного авиационного комитета (МАК), введенных в действие приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 5 июля 1994 года № 48¹, а затем перевыпущенных на основании приказа Минтранса России от 25 января 2016 года № 13²);

- национальных НЛГ передовых авиационных государств-разработчиков: США, ЕС.

На основании Приложения 8³ к Конвенции о международной гражданской авиации⁴ каждое государство разрабатывает национальные НЛГ, которые определяют содержание минимальных и достаточных требований, необходимых конкретному государству для сертификации и поддержания летной годности (ЛГ) ВС. Статья 37 Конвенции и политика ИКАО рекомендуют, чтобы государства – разработчики АТ предусматривали сотрудничество, направленное на достижения в максимально возможной степени единообразия правил, стандартов, процедур и организации в отношении ВС, в области которых такое единообразие будет способствовать воздушной навигации и совершенствовать ее. Процесс гармонизации с точки зрения ИКАО направлен на создание единой согласованной государствами-разработчиками системы, которая учитывает и признает различия стандартов, но при этом обеспечивает единые принципы, подходы и методы для определения критических требований.

Рекомендации ИКАО к разработке СКВ ВС, изложенные в приложениях 6, 8, представлены в табл. 1.

На данный момент ведущими мировыми центрами сертификации ВС являются ЕС и США. Вследствие этого многие государства – разработчики АТ, в том числе Российская Федерация, берут за основу их НПБ или полностью признают требования, а также выданные FAA и EASA сертификаты типа [7, 8]. Частичная гармонизация отдельных разделов российских НЛГ и процедур сертификации привела к тому, что организации – разработчики АТ в настоящее время в Российской Федерации вынуждены работать

¹ Приказ Министерства транспорта РФ № 48 от 5 июля 1994 г. О введении в действие авиационных правил [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901985015> (дата обращения: 01.09.2024).

² Приказ Министерства транспорта РФ № 13 от 25 января 2016 г. О введении в действие авиационных

правил [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420344821> (дата обращения: 01.09.2024).

³ Annex 8: Airworthiness of Aircraft. 13th ed. // ICAO, 2022. 346 p.

⁴ Конвенция о международной гражданской авиации. 9-е изд., 2006. 51 с.

Таблица 1
Table 1

Рекомендации ИКАО к СКВ^{3,5}
ICAO recommendations for the air conditioning system^{3,5}

Стандарты ИКАО	Рекомендации
Приложение 6, глава 6, пункт 6.7. Все самолеты: высотные полеты. Подпункты 6.7.1–6.7.6	К обеспечению самолета кислородным оборудованием и средствами сигнализации о разгерметизации кабины
Приложение 8, часть ШВ, глава 4, пункт 4.2. Особенности проектирования систем. Подпункты: h – защита людей на борту самолета, i – защита кабины летного экипажа от дыма и газов	К предотвращению возможности разгерметизации кабины, вредного действия дыма или других токсичных газов на пассажиров и летный экипаж
Приложение 8, часть ШВ, глава 4, пункт 4.4. Особенности размещения людей на борту. Подпункт 4.4.2. Условия в кабине	К обеспечению в кабине надлежащих условий при выполнении предполагаемого полета и операций на земле или на воде

бессистемно с набором как отечественных, так и зарубежных стандартов, не всегда соответствующих последним актуальным редакциям. В то же время зарубежные государства-разработчики, например США, ЕС, Канада, Бразилия и другие, осуществляют процесс разработки АТ системно, непрерывно и тесно сотрудничают в процессе разработки и эксплуатации АТ, внедряют инновационные решения в рамках единой непрерывной системы актуализации и гармонизации НЛГ. Данная система определяется факторами 1–3.

1. Процедура сертификации АТ

До 2015 года в Российской Федерации Авиационный регистр Межгосударственного авиационного комитета (АР МАК), являющийся департаментом МАК, осуществлял сертификацию АТ, ее разработчиков и изготовителей, а также признание действующих систем сертификации авиационных властей других государств. 28 ноября 2015 года в соответствии с постановлением Правительства (ПП) Российской Федерации № 1283⁵

функции и полномочия по обязательной сертификации, которые были возложены на МАК, переданы Минтрансу России, Минпромторгу России и Росавиации. 7 октября 2016 года в соответствии с ПП Российской Федерации № 1011⁶ функции и полномочия по сертификации АТ забрали у Минпромторга России и оставили Минтрансу России и Росавиации. Данные изменения повлекли за собой усложнение процедуры сертификации АТ в Российской Федерации.

На рис. 1 представлены блок-схемы процедур сертификации АТ в Российской Федерации, США, ЕС.

До ПП № 1283 от 28.11.2015 в соответствии с АП 21⁷ разработчик (заявитель) ВС

ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420319252> (дата обращения: 01.09.2024).

⁶ Постановление Правительства Российской Федерации № 1011 от 7 октября 2016 г. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений актов Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420378631> (дата обращения: 01.09.2024).

⁷ Авиационные правила. Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21. Утв. приказом Минтранса России

⁵ Постановление Правительства Российской Федерации № 1283 от 28 ноября 2015 г. Об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации [Электронный

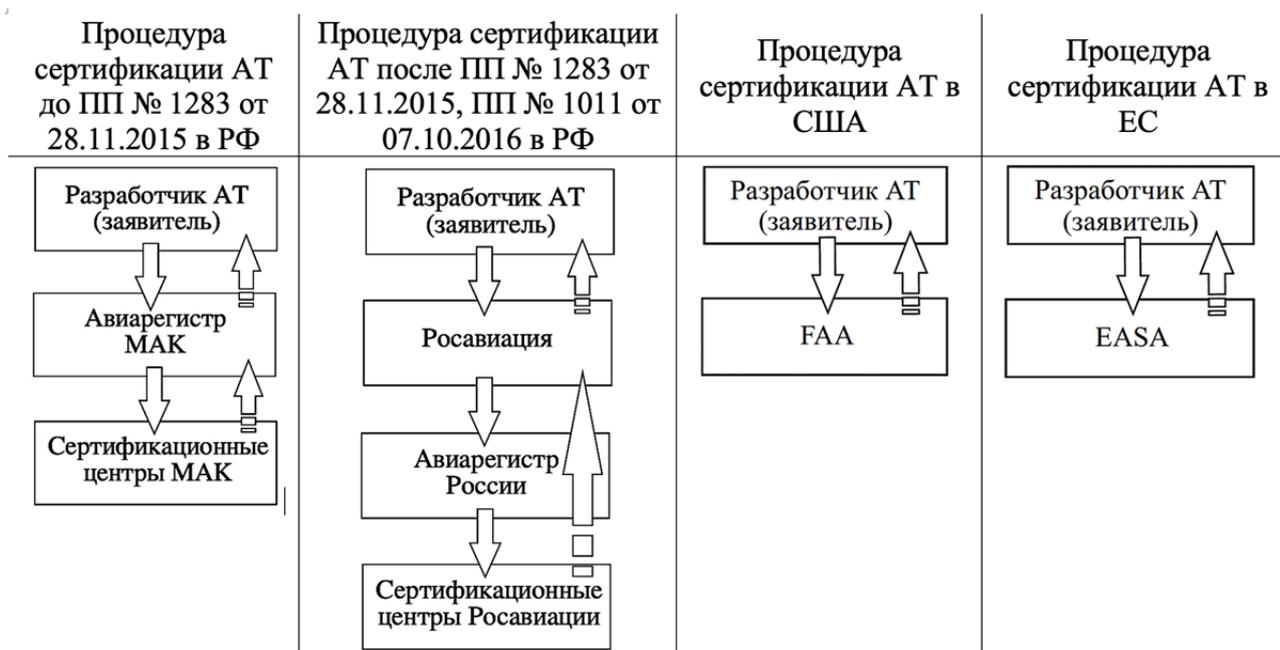


Рис. 1. Блок-схемы процедур сертификации АТ в Российской Федерации, США, ЕС
Fig. 1. Flowcharts of aircraft certification procedures in the Russian Federation, the United States of America, the European Union

подавал заявку образца АТ в АР МАК, который в соответствии с Положением об АР МАК, утвержденным МАК, осуществлял утверждение сертификационного базиса и методов оценки соответствия (МОС) в рамках НЛГ, формировал и назначал комиссию и при необходимости привлекал сертификационные центры (СЦ), аккредитованные АР МАК. По результатам работ по сертификации АР МАК от имени МАК оформлял одобрительный документ и направлял заявителю.

После ПП № 1283 от 28.11.2015⁷ и ПП № 1011 от 07.10.2016⁸ в соответствии с ФАП 21⁸ разработчик ВС подает заявку об-

№ 474 от 19.12.2013 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499069233> (дата обращения: 01.09.2024).

⁸ Федеральные авиационные правила. Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21. Утв. приказом Минтранса России № 184 от 17.06.2019 с изменениями на 29 мая 2023 г. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560537769> (дата обращения: 01.09.2024).

разца АТ в Росавиацию, которая принимает и регистрирует заявку, проводит ее первичную оценку и направляет в Авиационный регистр Российской Федерации (далее – Авиарегистр). Авиарегистр по результатам рассмотрения заявки осуществляет утверждение сертификационного базиса и МОС в рамках НЛГ, оформляет заключение о готовности заявителя к проведению оценок соответствия и направляет его в Росавиацию [9]. Росавиация формирует комиссию для проведения аудитов, состоящую из представителей Росавиации, Авиарегистра и при необходимости СЦ, аккредитованных Росавиацией для проведения работ по сертификации. По результатам работ по сертификации Авиарегистр формирует заключение и оформляет одобрительный документ, на основании которого Росавиация оформляет сертификат типа и направляет его заявителю.

В США и ЕС полный цикл сертификации АТ, разработчика, изготовителя, признание действующей системы сертификации авиационных властей других государств заключен в рамках одного федерального органа [10, 11] – FAA, являющегося федеральным

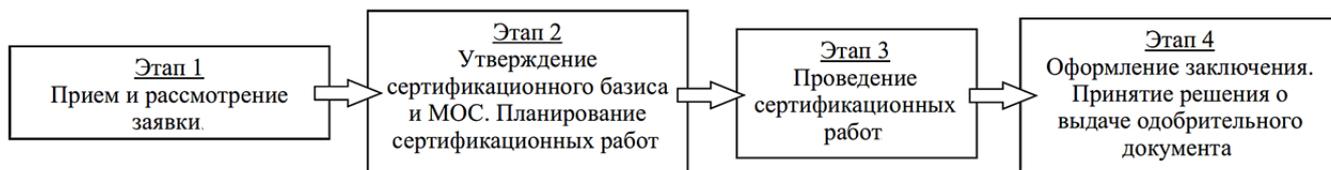


Рис. 2. Блок-схема этапов процедуры сертификации АТ
Fig. 2. Aircraft certification procedure stages flowchart

правительственным учреждением США в составе Министерства транспорта США, или EASA, являющегося агентством Европейской комиссии – высшим органом исполнительной власти ЕС соответственно. На основании Part 21⁹ (США) и Part 21¹⁰ (ЕС) FAA и EASA, а также входящие в их состав службы определяют основные направления сертификации, стандарты, утверждают сертификационный базис и МОС, осуществляют планирование, подготовку и проведение сертификационных работ и регламентируют ключевые решения на всех этапах сертификации АТ, приведенных на рис. 2.

В отечественной практике Росавиация выполняет управленческие функции в соответствии с этапами 1–4 процедуры сертификации АТ, являясь федеральным органом исполнительной власти по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере воздушного транспорта. В свою очередь Авиарегистр осуществляет выполнение работ по сертификации типовой конструкции ВС и его компонентов, а также подтверждение соответствия типовой конструкции требованиям ФАП. Вследствие данной схемы распределения компетенций процедура сертификации АТ

в Российской Федерации состоит из трех ступеней администрирования, в то время как в США и ЕС – из одной ступени. Разветвленный процесс сертификации АТ увеличивает бюрократическую составляющую, сокращая временную и экономическую эффективность данной процедуры.

2. Взаимодействие авиационных властей с предприятиями-разработчиками

Немаловажную роль в высокой степени единообразия норм, правил и стандартов гражданской авиации в рамках системы гармонизации играет фактор взаимодействия авиационных властей с предприятиями-разработчиками [12, 13]. На основе действующих зарубежных документов WI.RPRO.00048-003. SSCC and Sub-SSCC Rule of Procedure¹¹ в ЕС, а также The FAA and Industry to product certification¹² в США деятельность EASA и FAA осуществляется в тесном сотрудничестве с компаниями авиационной промышленности в рамках разработки авиационных стандартов, консультирования и поддержки их исполнения, мониторинге и оценке их эффективности, а также в обеспечении постоянного об-

⁹ Part 21 – Certification procedures for product and articles. Amendment 21-10. 16 October 2009 [Электронный ресурс] // Federal Aviation Administration. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-21> (дата обращения: 01.09.2024).

¹⁰ Acceptable means of compliance (AMC) and guidance material (GM) to Part 21. Issue 2. Amendment 16, 20 October 2023. 252 p. [Электронный ресурс] // European Union Aviation Safety Agency. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-gm-part-21-issue-2-14> (дата обращения: 01.09.2024).

¹¹ WI.RPRO.00048-003. SSCC and Sub-SSCC Rule of Procedure [Электронный ресурс] // EASA, 2014. Iss. 003. 9 p. URL: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/WI.RPRO_00048%20-%20SSCC%20and%20sub-SSCC%20Rule%20of%20Procedure_0.pdf (дата обращения: 01.09.2024).

¹² The FAA and industry to product certification. 3rd ed. [Электронный ресурс] // Federal Aviation Administration. 2017. URL: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/aircraft/air_cert/design_approvals/transport/CPI_guide.pdf (дата обращения: 01.09.2024).

новления и пересмотра на всех этапах жизненного цикла изделия.

В Российской Федерации отсутствуют документы, определяющие систему сотрудничества авиационных властей с предприятиями разработчиками и изготовителями АТ, несмотря на предпринимаемые попытки осуществления данного взаимодействия.

3. Международные двусторонние соглашения

США и ЕС имеют единообразную структуру норм, правил и стандартов, осуществляя активное сотрудничество для поддержания степени их гармонизации, основанной на международных двусторонних соглашениях. Для стандартизации сертификации типа, производства, технического обслуживания и эксплуатации ВС EASA и национальные авиационные органы стран – членов ЕС заключили двусторонние соглашения об авиационной безопасности (BASA) с многочисленными странами, в том числе с США, Канадой, Бразилией и др. Фундаментальными целями соглашений BASA прежде всего являются:

- содействие высокому уровню безопасности воздушного движения;
- обеспечение на высоком уровне сотрудничества и гармонизации в области проектирования, производства и поддержания ЛГ.

В дополнение к данным фундаментальным целям соглашения BASA уделяют особое внимание взаимному признанию авиационных властей и их органов, взаимному признанию сертификатов продукции АТ и ее компонентов, а также утверждению организаций по техническому обслуживанию.

FAA и EASA признают компетенции авиационных органов власти друг друга по исполнению функций сертификации и валидации, что позволяет наиболее эффективно, с минимальными временными и экономическими затратами осуществлять процессы разработки ВС и экспорта АТ на внешний рынок.

В 1998 году сотрудничество между FAA и на тот момент МАК РФ было заключено в противоречивом документе «Процедуры реализации летной годности», известном как «Двустороннее соглашение о безопасности полетов», обусловившее интенсивную эксплуатацию в Российской Федерации зарубежной АТ, включая «старые», с большим налетом иностранные ВС [14]. В свою очередь Российская Федерация имела возможность экспортировать за рубеж только новые ВС с иностранными комплектующими: двигателями, системами, авионикой и подобным [9], что обусловило неравноправие данного соглашения по отношению к Российской Федерации в рамках поставок ВС на внешний рынок.

Рабочее соглашение о ЛГ между Росавиацией и EASA было заключено в 2018 году и нацелено на создание формализованных правил сотрудничества между двумя органами авиационной власти в области сертификации АТ.

Однако на данный момент степень единообразия сертификационных требований Российской Федерации с сертификационными требованиями FAA, EASA недостаточна для подписания полноценных двусторонних соглашений. Попытка сотрудничества Росавиации и FAA изложена в документе «Двустороннее соглашение о безопасности авиации – Исполнительное соглашение» на официальном сайте FAA от 2016 года. Результаты дальнейшего развития и подписание данного соглашения отсутствуют, что объясняется также наложенными FAA и EASA санкциями в отношении ЛГ отечественных ВС.

Вследствие этого процессы гармонизации НПБ в Российской Федерации на данный момент происходят дискретно ввиду отсутствия единой системы с зарубежными передовыми странами в области проектирования, производства и сертификации АТ. Данные особенности являются бесспорным следствием прочных позиций таких компаний, как Boeing и Airbus, на рынке поставок гражданских ВС по всему миру.

Таблица 2
Table 2

Качественные критерии для оценки степени единообразия
отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
Qualitative criteria for assessing the uniformity degree of domestic and foreign
airworthiness standards for air conditioning system

№ критерия	Наименование критерия	Характеристика критерия
1	Структура построения АП	Определяет наличие МОС в составе НЛГ
2	Нумерация и наименование глав, параграфов, пунктов, подпунктов требований	Определяет структуру сертификационного ба-зиса
3	Объем (количество) требований	Определяет степень детального рассмотрения критически важных требований
4	Физические смысл и суть требова-ний	Определяет конкретные характеристики, пара-метры, конструктивные и функциональные требования к системе

**Отечественные и зарубежные нормы
летней годности к системе
кондиционирования воздуха
воздушных судов**

В Российской Федерации действующими требованиями к гражданским ВС транспортной категории являются НЛГ 25¹³, а также АП 25¹⁴ – юридически действуют в Российской Федерации в связи с отсутствием аннулирующих АП 25 нормативных правовых документов (НПД) и с непрерывным процессом сертификации АТ. Сравнительный анализ НЛГ 25 и АП 25 в части требований к СКВ

показал, что требования не претерпели изменений и идентичны последней редакции АП 25.

В ЕС действующими АП являются CS 25¹⁵, в США – Part 25¹⁶.

В АП 25, НЛГ 25 требования к СКВ изложены в разделе D «Проектирование и конструкция» и разделе F «Оборудование». В параграфах 25.831–25.833 изложены требования к вентиляции и отоплению; в параграфах 25.841–25.843 – к герметичности кабин и испытаниям герметических кабин; в параграфе 25.1438 – к системам наддува и пневмосистемам.

Сравнительный анализ требований НЛГ 25, CS 25, Part 25 к СКВ и ее подсистемам производился по качественным критериям 1–4, приведенным в табл. 2.

¹³ Нормы летной годности самолетов транспортной категории НЛГ 25. Утв. приказом Федерального агентства воздушного транспорта № 961-П от 27.12.2022, ревизия 01 [Электронный ресурс] // Федеральное агентство воздушного транспорта, 2022. 379 с. URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/f/a/2/a/1/fa2a15afd4447e2d98ec15d70297a04a.pdf> (дата обращения: 01.09.2024).

¹⁴ Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Утв. постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2023, 7-е издание с поправками 1-10 [Электронный ресурс] // Агентство гражданской авиации, 2022. 358 с. URL: https://www.uzcaa.uz/uploads/menu_main/f41f18d1a45adaa6345db68215f0a40.pdf (дата обращения: 01.09.2024).

¹⁵ Certification specifications and acceptable means of compliance for large aeroplanes. Amendment 28 [Электронный ресурс] // EASA, 2023. 1515 p. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/certification-specifications/cs-25-amendment-28> (дата обращения: 01.09.2024).

¹⁶ Part 25 – Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes [Электронный ресурс] // Federal Aviation Administration, 2024. 1074 p. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-25?toc=1> (дата обращения: 01.09.2024).

В табл. 3–8 представлен сравнительный анализ отдельных пунктов требований Российской Федерации, США и ЕС к СКВ ВС. Обобщенные выводы по результатам прове-

денного анализа представлены в подразделе статьи «Результаты проведенного исследования».

Таблица 3
Table 3

Сравнение отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
в части вентиляции и отопления^{14,16,17}
Comparison of domestic and foreign airworthiness standards
for air conditioning system in terms of ventilation and heating^{14,16,17}

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
Раздел D. Проектирование и конструкция. Вентиляция и отопление Параграф 25.831. Вентиляция				
(a)	К количественному составу вентиляционного воздуха	+	+	+
(b) (1)–(2)	К содержанию вредных или опасных концентраций газов или паров вентиляционного воздуха	+	+	+
(c)	К обеспечению выполнения условий, предписанных в пункте (b), при отказе или повреждении системы	+	+	+
(d)	К удалению скопления опасного количества дыма	+	+	+
(e) (1)–(2); (f) (1)–(3)	К средствам регулирования температуры и количества воздуха для вентиляции кабины экипажа, пассажирской кабины	+	+	+
(g)	К значениям температуры в зависимости от времени работы системы после возникновения отказа (Part 25)	*	+	–
(a*)	К количественному составу воздуха на каждого человека в случае отказа половины подсистем отбора сжатого воздуха	+	–	–
(b*)	К количеству источников сжатого воздуха для наддува кабины. К значениям температуры в зависимости от времени работы системы после возникновения отказа	+	–	–
(c*)	К подаче сжатого воздуха на потребители при отказе 50 % источников	+	–	–
(d*)	К предельно допустимой концентрации токсичных примесей	+	–	–
(e*)	К обеспечению питьевого режима экипажу	+	–	–
(f*)	К наличию запорных устройств в СКВ для включения/выключения подачи сжатого воздуха. К времени аварийного отключения СКВ от источников сжатого воздуха	+	–	–
(g*)	К диапазону значений установившейся температуры и времени ее достижения в кабинах самолета	+	–	–

Продолжение таблицы 3
Continuation of Table 3

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
Раздел D. Проектирование и конструкция. Вентиляция и отопление Параграф 25.831. Вентиляция				
(h*)	К значениям температуры воздуха в кабинах самолета при пониженных и повышенных температурах наружного воздуха СКВ	+	–	–
(i*)	К значениям температуры отдельных поверхностей интерьера	+	–	–
(j*)	К значениям температуры воздуха, подаваемого на обогрев кабины, из раздаточных устройств	+	–	–
Условные обозначения: + – пункт, подпункт требований присутствует в АП – – пункт, подпункт отсутствует * – пункт, подпункт зарезервирован				

Таблица 4
Table 4

Сравнение отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
в части концентрации озона в кабине^{14,16,17}
Comparison of domestic and foreign airworthiness standards
for air conditioning system in terms of cabin ozone concentration^{14,16,17}

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
Раздел D. Проектирование и конструкция. Вентиляция и отопление Параграф 25.832. Концентрация озона в кабине				
(a) (1)–(2)	К концентрации озона в кабине	+	+	+
(b)	К условиям, эквивалентным уровню моря	+	+	+
(c) (1)–(2)	К условиям эксплуатации самолета и ограничениям его характеристик в части концентрации озона и регулирования содержания озона в кабине	+	+	+
Условные обозначения: + – пункт, подпункт требований присутствует в АП – – пункт, подпункт отсутствует * – пункт, подпункт зарезервирован				

Таблица 5
Table 5

Сравнение отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
в части систем отопления на жидком топливе^{14,16,17}
Comparison of domestic and foreign airworthiness standards
for air conditioning system in terms of combustion heating systems^{14,16,17}

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
Раздел D. Проектирование и конструкция. Вентиляция и отопление Параграф 25.833. Системы отопления на жидком топливе		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
Отсутствует	К обогревателям, работающим на жидком топливе	+	+	+
Условные обозначения: + – пункт, подпункт требований присутствует в АП – – пункт, подпункт отсутствует * – пункт, подпункт зарезервирован				

Таблица 6
Table 6

Сравнение отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
в части герметичности кабин^{14,16,17}
Comparison of domestic and foreign airworthiness standards
for air conditioning system in terms of cabin pressurization integrity^{14,16,17}

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
Раздел D. Проектирование и конструкция. Герметичность Параграф 25.841. Герметические кабины		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
(a) (1) – НЛГ 25, Part 25 (a) – CS 25	К обеспечению значения давления в герметичных кабинах на максимальной рабочей высоте при нормальных эксплуатационных условиях	+	+	+
(a) (2) (i)–(ii)	К исключению воздействия давления, соответствующего высотам (i)–(ii), вследствие разгерметизации кабины	+	+	–
(a) (3)	К рассмотрению отказов конструкции, систем ВС при оценке разгерметизации кабины	+	+	–
(b) (1)–(8)	К регулирующим клапанам, органам управления, индикаторам для регулирования давления в кабине	+	+	+
(c) (1)–(2)	К системе регулирования давления в кабине при взлете и посадке в высокогорном аэропорту	–	+	–
(d) (1)–(3)	К сигналу предупреждения о высоком давлении в кабине при взлете и посадке в высокогорном аэропорту	–	+	–

Продолжение таблицы 6
Continuation of Table 6

(a*)	Зарезервирован – РФ	*	–	–
(b*)	К скорости изменения давления при вероятном отказе	+	–	–
(c*)	К системе регулирования давления в части предотвращения попадания воды внутрь кабины при аварийной посадке на воду	+	–	–
(d*)	К конструкции теплозвукоизоляции для предотвращения скопления влаги в ней	+	–	–
Условные обозначения: + – пункт, подпункт требований присутствует в АП – – пункт, подпункт отсутствует * – пункт, подпункт зарезервирован				

Таблица 7
Table 7

Сравнение отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
в части испытания герметических кабин^{14,16,17}
Comparison of domestic and foreign airworthiness standards
for air conditioning system in terms of tests for pressurized cabins^{14,16,17}

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
Раздел D. Проектирование и конструкция. Герметичность Параграф 25.843. Испытания герметических кабин				
(a)	К испытанию клапанов на перепад давления	+	+	–
(b)	К испытаниям на функционирование герметических кабин	+	+	+
(1)	К проверкам работы и пропускной способности клапанов перепадов давления и аварийного предохранительного клапана	+	+	+
(2)	К испытаниям системы наддува для демонстрации ее безотказной работы	+	+	+
(3)	К летным испытаниям для доказательства безотказной работы систем наддува, регуляторов давления и расхода воздуха, индикаторов и сигнализаторов	+	+	+
Условные обозначения: + – пункт, подпункт требований присутствует в АП – – пункт, подпункт отсутствует * – пункт, подпункт зарезервирован				

Таблица 8
Table 8

Сравнение отечественных и зарубежных НЛГ к СКВ
в части систем наддува и пневматической системы^{14,16,17}
Comparison of domestic and foreign airworthiness standards
for air conditioning system in terms of pressurization and pneumatic systems^{14,16,17}

№ пункта, подпункта	Требования	Государство – разработчик ВС		
		РФ (НЛГ 25)	США (Part 25)	ЕС (CS 25)
Раздел F. Оборудование. Прочее оборудование Параграф 25.1438. Система наддува и пневмосистемы				
(a)	К испытаниям давлением элементов систем наддува	+	+	–
(b)	К испытаниям давлением элементов пневмосистемы	+	+	–
(c)	К выполнению пунктов (a) и (b) путем замены испытаний эквивалентными	+	+	–
(a*)	К исключению взрыва систем наддува и пневмосистемы	+	–	–
(b*)	К размещению трубопроводов и агрегатов СКВ	+	–	–
Отсутствует	К безопасной эксплуатации и исключению отрицательного воздействия на другие важные и критические части самолета	–	–	+
Условные обозначения: + – пункт, подпункт требований присутствует в АП – – пункт, подпункт отсутствует * – пункт, подпункт зарезервирован				

Результаты проведенного исследования

На основании проведенного сравнительного анализа НЛГ Российской Федерации, США, ЕС по вышеизложенным критериям выявлены следующие особенности.

1. Структуры построения АП: НЛГ 25, CS 25, Part 25 имеют различия, которые следуют из наименования данных НЛГ. В Российской Федерации – это НЛГ, в США – стандарты (нормы) летной годности, в ЕС – сертификационные спецификации (CS) и приемлемые средства обеспечения соответствия (АМС). Европейские АП представляют собой набор сертификационных спецификаций и приемлемых средств соответствия – необязательных стандартов, принятых EASA

для иллюстрации средств установления соответствия основному регламенту и его правилам реализации.

Структура построения НЛГ 25 наиболее схожа со структурой Part 25 и по сравнению с CS 25 НЛГ Российской Федерации и США не содержат в составе МОС, ссылки на руководящие материалы и стандарты для подтверждения соответствия.

Содержание в составе НЛГ МОС может значительно сократить номенклатуру НЛГ, используемую при проектировании и сертификации ВС, систематизируя требования и МОС данным требованиям в одном документе.

2. Нумерация и наименование глав, параграфов требований к СКВ в НЛГ 25, Part 25, CS 25 гармонизированы. В части нумерации

пунктов и подпунктов требований к СКВ присутствуют различия, связанные с наличием индивидуальных требований или отсутствием требований в рассмотренных НПД вовсе, что объясняется разным объемом (количеством) критических требований к рассматриваемой системе.

Идентичные нумерация и наименования глав, параграфов, пунктов, подпунктов отечественных и зарубежных НЛГ способствуют унификации структуры сертификационного базиса ВС и идентичной систематизации требований в нем, упрощают навигацию при визуальном сравнении, в процессе корректировок и при анализе требований.

3. Объем (количество) требований, изложенных в НЛГ 25 к СКВ, включает не менее 16 дополнительных пунктов требований с указательной пометкой «*», по отношению к CS 25, Part 25: пункты (a*)–(d*) в параграфе 25.831 «Вентиляция»; пункты (a*)–(d*) в параграфе 25.841 «Герметические кабины»; (a*), (b*) в параграфе 25.1438 «Система наддува и пневмосистемы». Часть дополнительных пунктов в НЛГ 25 сохранилась из НЛГС-3.

Стоит отметить, что рассмотренные дополнительные пункты требований в НЛГ 25 существуют в зарубежной НПД, изложены в АМС EASA и американском авиационном циркуляре AC 25-20¹⁷ по оценке соответствия систем давления, вентиляции и кислорода.

НЛГ 25 включают в себя полный перечень требований, изложенных в Part 25, кроме пункта (g), изложенного в параграфе 25.831, а также пунктов и подпунктов (c) (1), (2); (d) (1), (2), (3), изложенных в параграфе 25.841. Причина данного различия требует особого внимания при последующем совершенствовании требований к данной функциональной системе. По объему (количеству) требований (без учета дополнительных требований) к СКВ НЛГ 25 превосходят CS 25 и содержат

все требования, изложенные в НЛГ ЕС. В свою очередь CS 25 содержат в своем составе многочисленный состав АМС (МОС), позволяющих исключить перегруженность АП избыточными требованиями и сократить их объем (количество).

Оценить степень недостаточности или переизбыточности требований, изложенных в НЛГ 25, на данный момент невозможно ввиду отсутствия официальных утвержденных публикаций МОС к СКВ авиационной властью Российской Федерации.

4. Физический смысл и суть требований к СКВ, присутствующих одновременно в НЛГ 25, CS 25, Part 25 (кроме пунктов требований (g) в параграфе 25.831; (c) (1), (2), (d) (1), (2), (3) в параграфе 25.841) гармонизирован; характеристики, параметры, конструктивные и функциональные требования к данной функциональной системе идентичны требованиям EASA и FAA.

Заключение

Исследование отечественных НЛГ к СКВ в контексте их актуализации и гармонизации с международными требованиями EASA и FAA, а также передовым опытом в области разработки гражданских ВС транспортной категории показало, что степень гармонизации НЛГ 25 с зарубежными стандартами осуществлена на приемлемом уровне. Однако присутствуют различия в отечественной и зарубежных процедурах сертификации АТ, подходах к разработке, актуализации и гармонизации НЛГ, а также в структуре построения, нумерации, объеме (количестве) и физическом смысле, сути требований НЛГ. Данное исследование продемонстрировало необходимость регулярного пересмотра и актуализации НЛГ. В то же время существенные различия присутствуют в области отечественных и зарубежных МОС типовой конструкции ВС НЛГ.

Для развития и совершенствования требований к СКВ, а также ВС в целом для повышения ЭТХ сформулированы следующие концептуальные предложения.

¹⁷ AC 25-20 – Pressurization, ventilation and oxygen systems assessment for subsonic flight including high altitude operation [Электронный ресурс] // Federal Aviation Administration. 1996. 12 p. URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_25-20.pdf (дата обращения: 01.09.2024).

1. Проведение подобных сравнительных анализов для всех систем ВС с целью выявления проблемных мест в отечественных НЛГ и принятие неотложных мер по их ликвидации.

2. Организация и проведение органами авиационной власти Российской Федерации полного сравнительного анализа различий действующих зарубежных систем, процессов сертификации, правил, процедур, методов, стандартов в части разработки и сертификации ВС с целью выявления различий и принятие неотложных мер по их ликвидации [11, 12]. Упрощение процедуры сертификации АТ в Российской Федерации посредством предоставления Росавиацией больших полномочий Авиарегистру, оставив за собой только оформление и выдачу сертификатов типа, что позволит значительно упростить и сократить процесс администрирования.

3. Организация постоянной и непрерывной информационной поддержки разработчиков АТ по вопросам международных требований и практик, современных МОС, передовых технологий разработки и испытания АТ, процедур сертификации, например посредством создания специальных информационно-аналитических систем (электронных пространств). Данное концептуальное предложение подкреплено требованиями воздушного кодекса Российской Федерации¹⁸, статья 8 «Информационная система обязательной сертификации типовой конструкции АТ».

4. Переход к процессу всеобъемлющей гармонизации законодательств ведущих авиационных стран с целью взаимопризнания зарубежных и отечественных правил, процедур, методов, стандартов в части разработки и сертификации ВС; подписания полноценных и равноправных двусторонних соглашений (BASA) с последующей организацией сотрудничества авиационной власти Россий-

ской Федерации с иностранными коллегами из ЕС, США в рамках системы гармонизации НПБ.

5. Актуализация и дополнение состава требований НЛГ 25 к СКВ, а именно в части подсистемы вентиляции (охлаждения) авионики ввиду отсутствия требований, а также упоминания данной подсистемы в контексте требований. Предлагается введение подпункта (h) в пункт 25.831 НЛГ 25 со следующим описанием: «Система вентиляции должна обеспечивать приемлемую работу бортового радиоэлектронного оборудования (авионики) при экстремально высокой и экстремально низкой температуре окружающего воздуха на этапах полета с минимальным расходом воздуха в СКВ».

Список литературы

1. **Чинючин Ю.М., Босых Н.Н., Трифонов Ю.М.** Основы поддержания летной годности воздушных судов. Современные проблемы поддержания летной годности воздушных судов: учеб. пособие. М.: ИД Академии Жуковского, 2020. 96 с.

2. **Кирпичев И.Г., Кулешов А.А., Шапкин В.С.** Основы стратегии формирования конкурентных преимуществ Российской авиационной техники на современном этапе. 2-е изд. М.: Воздушный транспорт, 2007. 334 с.

3. **Дутов А.В.** О мерах по повышению конкурентоспособности авиационной техники российского производства / А.В. Дутов, В.С. Шапкин, С.Б. Гальперин, В.В. Ключков, А.А. Фридлянд // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2017. № 16 (327). С. 7–15.

4. **Тешева П.Д.** Тенденции обновления парка воздушных судов в авиакомпаниях РФ на современном этапе // Наукосфера. 2023. № 5-2. С. 330–334.

5. **Ахметшин Т.Ф.** Сертификация авиационной техники // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 2 (63). С. 10–18.

6. **Базикова И.В.** Проблемы экспорта российских гражданских самолетов на мировом рынке // Современная экономика: акту-

¹⁸ Воздушный кодекс РФ №60-ФЗ от 19.03.1997 (ред. от 08.08.2024) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9040995> (дата обращения: 01.09.2024).

альные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXVIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 25 мая 2019 г. Пенза: Наука и просвещение, 2019. С. 192–195.

7. **Лесничий И.В., Самойлов И.А., Страдомский О.Ю.** Мировые системы сертификации авиационной техники // Научный вестник ГОСНИИ ГА. 2017. № 1 (327). С. 16–26.

8. **Сухова Т.С., Алексашина О.В., Ларцева Т.А.** Процедура сертификации авиационной техники в Российской Федерации // Контроль качества продукции. 2020. № 8. С. 13–19.

9. **Книгель А.Я.** О сертификации типа, разработчиков и изготовителей гражданской авиационной техники // Международный авиационно-космический журнал. 2017. № 5 (67). С. 4–8.

10. **Баталов А.А.** Правовое регулирование вопросов обеспечения безопасности полетов в рамках Европейского Союза // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2022. Т. 18, № 1. С. 80–92. DOI: 10.12737/jflcl.2022.013

11. **Иглин А.В.** Актуальные вопросы работы европейских авиационных организаций // Научный вестник УВАУ ГА (И). 2015. № 7. С. 93–98.

12. **Явкин А.В.** Анализ различий сертификационных систем Европейского союза (ЕС), США и Российской Федерации [Электронный ресурс] // НИЦ Институт им. Жуковского, 2019. 20 с. URL: [https://aviatp.ru/files/legalcom/21.02.2019/Report%20\(project\).pdf](https://aviatp.ru/files/legalcom/21.02.2019/Report%20(project).pdf) (дата обращения: 01.09.2024).

13. **Бочарова О.Ю.** Сравнение сертификационных систем гражданской авиации США, ЕС и РФ // Наука настоящего и будущего. 2022. Т. 1. С. 163–165.

14. **Явкин А.В.** Действительно ли мы стремимся к технологическому суверенитету в авиации или только делаем вид? [Электронный ресурс] // AviaSafety. 2023. URL: <https://aviasafety.ru/43348/> (дата обращения: 01.09.2024).

References

1. **Chinyuchin, Yu.M., Bosykh, N.N., Trifonov, Yu.M.** (2020). Fundamentals of maintaining aircraft airworthiness. Modern problems of maintaining the airworthiness of aircraft: Tutorial. Moscow: ID Akademii Zhukovskogo, 96 p. (in Russian)

2. **Kirpichev, I.G., Kuleshov, A.A., Shapkin, V.S.** (2007). Fundamentals of the strategy for forming competitive advantages of Russian aviation equipment at the present stage. 2nd ed. Moscow: Vozdushnyy transport, 334 p. (in Russian)

3. **Dutov, A.V., Shapkin, V.S., Galperin, S.B., Klochkov, V.V., Fridlyand, A.A.** (2017). Measures to increase competitiveness of Russian-made aviation technology. *Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA)*, no. 16 (327), pp. 7–15. (in Russian)

4. **Tesheva, P.D.** (2023). The trends in the renewal of the fleet of aircraft in the Russian airlines at the present stage. *Naukosfera*, no. 5-2, pp. 330–334. (in Russian)

5. **Akhmetshin, T.F.** (2014). Aviation techniques certification. *Vestnik UGATU*, vol. 18, no. 2 (63), pp. 10–18. (in Russian)

6. **Bazikova, I.V.** (2019). Problems of exporting Russian civil aircraft to the global market. In: *Sovremennaya ekonomika: aktualnyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statey XXVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, pp. 192–195. (in Russian)

7. **Lesnichiy, I.V., Samoylov, I.A., Stradomskiy, O.Yu.** (2017). Aircraft certification system in the world. *Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA)*, no. 16 (327), pp. 16–26. (in Russian)

8. **Sukhova, T.S., Aleksashina, O.V., Lartseva, T.A.** (2020). The procedure of aviation equipment certification in the Russian Federation. *Production quality control*, no. 8, pp. 13–19. (in Russian)

9. **Knivel, A.Ya.** (2017). On the certification of type, developers and manufacturers of civil aviation equipment. *Mezhdunarodnyy*

aviatsionno-kosmicheskiy zhurnal, no. 5 (67), pp. 4–8. (in Russian)

10. Batalov, A.A. (2022). Legal regulation of aviation safety within the European union. *Journal of Foreign Legislation and Comparative Law*, vol. 18, no. 1, pp. 80–92. DOI: 10.12737/jflcl.2022.013 (in Russian)

11. Iglin, A.V. (2015). Actual questions of european aviation organizations operation. *Nauchnyy vestnik UVAU GA (I)*, no. 7, pp. 93–98. (in Russian)

12. Yavkin, A.V. (2019). Analysis of differences between certification systems of the Eu-

ropean Union (EU), the USA and the Russian Federation. Available at: [https://aviatp.ru/files/legalcom/21.02.2019/Report%20\(project\).pdf](https://aviatp.ru/files/legalcom/21.02.2019/Report%20(project).pdf) (accessed: 01.09.2024). (in Russian)

13. Bocharova, O.Yu. (2022). Comparison of civil aviation certification systems of the USA, EU and RF. *Nauka nastoyashchego i budushchego*, vol. 1, pp. 163–165. (in Russian)

14. Yavkin, A.V. (2023). Are we truly approaching technological sovereignty in aviation or are we just pretending? *AviaSafety*. Available at: <https://aviasafety.ru/43348/> (accessed: 01.09.2024). (in Russian)

Сведения об авторах

Парубин Денис Юрьевич, инженер-конструктор 1 категории ПАО «ОАК “ОКБ Сухого”», parubin.denis@yandex.ru.

Кирпичев Игорь Геннадьевич, доктор технических наук, профессор МГТУ ГА, ig.kirpichev@gmail.com.

Information about the authors

Denis Yu. Parubin, 1st Category Design-engineer of PJSC UAC EDB Sukhoi, parubin.denis@yandex.ru.

Igor G. Kirpichev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State Technical University of Civil Aviation, ig.kirpichev@gmail.com.

Поступила в редакцию	11.11.2024	Received	11.11.2024
Одобрена после рецензирования	08.04.2025	Approved after reviewing	08.04.2025
Принята в печать	24.07.2025	Accepted for publication	24.07.2025