



О разработке первого российско-китайского стандарта в области авиастроения ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов»

П. А. Мошков | кандидат технических наук, ведущий инженер;
НЦМУ «Сверхзвук»;
Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет), г. Москва;
moshkov89@bk.ru

Рассмотрен новый национальный стандарт Российской Федерации в области авиастроения ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов». Данный стандарт стал первым совместно разработанным экспертами России и Китая и утверждённым в качестве национальных стандартов в России и Китае (GB/T 41886-2022). Стандарт устанавливает общие технические требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа, а также требования к верификации процесса акустического проектирования пассажирских салонов и кабин экипажей самолётов транспортной категории.

Ключевые слова: аэроакустика; виброакустика; шум в салоне; акустическое проектирование; ГОСТ Р 70066-2022

Цитирование: Мошков, П. А. О разработке первого российско-китайского стандарта в области авиастроения ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов» / П. А. Мошков // Динамика и виброакустика. – 2024. – Т. 10, №2. – С. 27–34. DOI: 10.18287/2409-4579-2024-10-2-27-34

Введение

Новый национальный стандарт ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов» [1] утверждён и введён в действие с 01.03.2023 г. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 октября 2022 года № 1081-ст. Отличительной особенностью данного стандарта является то, что он стал первым совместно разработанным российско-китайским стандартом в области авиастроения и вывел на новый уровень сотрудничество стран в области международной стандартизации [2]. В Китае данный стандарт зарегистрирован под номером GB/T 41886-2022 [3].

С российской стороны в состав рабочей группы вошли ведущие специалисты авиационной отрасли в области внутренней акустики самолётов, представляющие научные, образовательные и самолётостроительные организации – ООО «Инженерный Центр Программы СиАр 929», ФАУ «ЦАГИ», ФГБОУ ВО МАИ (НИУ), ФГБУ «НИЦ Институт имени Н. Е. Жуковского», Филиал ПАО «Яковлев» «Региональные самолёты». Все эксперты, привлечённые к

разработке ГОСТа, имеют публикации в ведущих рецензируемых изданиях [4–16] по тематике стандарта.

Основой для национальных стандартов ГОСТ Р 70066-2022 и GB/T 41886-2022 стал документ CRCAJD 0001-2021 «Aircraft equipment. Requirements for cabin acoustic design of transport aircraft», разработанный экспертами России и Китая на английском языке.

Целью настоящей статьи является ознакомление специалистов, занимающихся проектированием современных гражданских самолётов, с новым стандартом, описывающим процесс акустического проектирования пассажирских салонов и кабин экипажей самолётов, т. е. с учётом специфических требований по шуму. В статье рассмотрены предпосылки разработки, а также представлена структура и основные положения нового стандарта.

1 Предпосылки разработки стандарта, определяющего принципы акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа самолётов

В рамках проектирования совместного российско-китайского широкофюзеляжного дальнемагистрального самолёта CR929 был выполнен анализ стандартов в области авиастроения, действующих в России и Китае.

Российский стандарт ГОСТ 20296-2014 «Самолёты и вертолёты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума» [17] заинтересовал китайских коллег ввиду важности проблемы обеспечения низких уровней шума в салоне проектируемого самолёта CR929 и отсутствия аналогичного стандарта в КНР.

Отметим, что стандарт ГОСТ 20296-2014 полностью соответствует стандарту ГОСТ 20296-81 (1981 года) и не в полной мере отражает современные требования к предельно допустимым уровням шума в салонах и кабинах экипажей самолётов. Поэтому было принято решение о создании совместной российско-китайской рабочей группы по рассмотрению данного стандарта и было принято решение о выпуске дополнения к стандарту, действие которого распространяется на совместные российско-китайские проекты. В дополнении к стандарту рекомендовано при проектировании летательных аппаратов ориентироваться на более жёсткие требования к предельно допустимым уровням шума на режиме крейсерского полета. Требования ужесточаются на 5 дБА для всех рассматриваемых зон самолётов и вертолётов относительно заявленных в базовой версии ГОСТ 20296-2014.

Как показывают опубликованные работы [18–21], таким требованиям в целом соответствуют современные эксплуатируемые самолёты, а с учётом новых разрабатываемых акустических материалов (теплозвукоизолирующих, вибропоглощающих и звукопоглощающих) появится возможность обеспечения акустического комфорта пассажиров при значительном снижении массы применяемых в бортовой конструкции самолёта акустических материалов в расчёте на одного пассажира.

В конечном счёте стандарт ГОСТ 20296-2014 [17] был включён в каталог взаимно признаваемых РФ и КНР стандартов в области гражданской авиации и рекомендован к применению при реализации совместных проектов.

На основе стандарта ГОСТ 20296-2014, требований рынка и доступных публикаций по шуму в салоне эксплуатирующихся самолётов на этапе предварительного анализа были сформулированы требования к предельно допустимым уровням шума в кабине экипажа и салоне самолёта CR929.

Анализ стандартов двух стран также выявил два стандарта, регламентирующих порядок создания авиационной техники гражданского назначения – ГОСТ Р 58849-2020 [22] и НВ 8525-2017 [23] в России и Китае соответственно. Данные стандарты учитывались при разработке нового стандарта ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов». Для каждого

этапа создания нового самолёта были описаны научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в области аэроакустики, которые необходимо выполнять для реализации концепции акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа.

2 Основные разделы и подразделы ГОСТ Р 70066-2022 (GB/T 41886-2022)

Стандарт включает в себя следующие основные разделы и подразделы:

- Исходные данные для акустического проектирования самолёта, включая:
 - Критерии проектирования,
 - Этапы акустического проектирования самолёта,
 - Методику проектирования;
- Детальные требования, включая:
 - Оценку шума в салоне и показатели шума подсистем самолёта,
 - Акустическое проектирование конструкции самолёта и его интерьера,
 - Акустическое проектирование и установка маршевой силовой установки самолёта,
 - Акустическое проектирование бортовых систем самолёта;
- Требования к верификации, включая:
 - Испытания по определению звукоизоляции элементов конструкции самолёта и звукопоглощающих свойств элементов его интерьера,
 - Испытания по определению уровней шума и виброизоляции силовой установки самолёта,
 - Измерения уровней шума бортовых систем и оборудования самолёта,
 - Измерения уровней шума в салоне самолёта.

Стоит отметить, что в стандарте впервые даны определения следующим терминам:

- *акустическое проектирование* – выполнение комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание самолёта с учётом заданных требований к предельно допустимым уровням шума в салоне и кабине экипажа;
- *акустическая оптимизация (доводка)* – комплекс работ, направленных на доработку эксплуатируемого самолёта или проектируемого самолёта на этапе лётных испытаний с целью повышения акустического комфорта пассажиров и членов экипажа;
- *акустическая модель салона* – акустическое виртуальное моделирование звукового поля в пассажирском салоне и кабине экипажа на основе численных моделей, адекватно описывающих объект исследования.

В Приложении А к стандарту представлены основные расчётные соотношения для определения акустических параметров салона самолёта.

В рамках настоящей статьи подробно рассмотрим критерии и этапы акустического проектирования пассажирского салона самолёта.

3 Критерии акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа самолётов

Факторы, влияющие на уровень шума в салоне гражданского самолёта, включают в себя внешние и внутренние источники шума, а также конструктивные мероприятия по снижению уровней шума в салоне.

Внешние источники шума – это акустическое излучение двигателя и так называемый шум турбулентного пограничного слоя. Внутренние источники в основном включают шум, возникающий при работе комплексной системы кондиционирования и вентиляции воздуха, гидравлической системы и других систем самолёта. Различные типы источников шума оказывают влияние на звуковое поле в кабине экипажа и салоне и характеризуются разными путями

передачи звуковой энергии с определёнными частотными характеристиками. При проектировании самолёта необходимо учитывать такие факторы, как дополнительный вес, габаритные ограничения, экологичность, безопасность и ремонтпригодность и т.д.

Акустическое проектирование самолёта должно осуществляться в соответствии с ГОСТ Р 58849-2020 [22] с учётом следующих критериев:

а) создаваемая авиационная техника должна удовлетворять требованиям Заказчика, требованиям к лётной годности и охране окружающей среды от воздействия авиации и обеспечить возможность её эффективного и безопасного применения;

б) при создании авиационной техники необходимо руководствоваться современными принципами её проектирования и разработки на базе опережающего научно-технического задела;

в) акустические материалы, применяемые в конструкции самолёта, должны соответствовать требованиям экологичности и ограничения веса, а также требованиям, указанным в п. 25.856 норм лётной годности самолётов транспортной категории [24].

4 Этапы акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа самолётов

В рамках акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа самолёта на всех этапах необходимо выполнять комплекс работ, основное содержание которых включает в себя:

а) *этап предварительного анализа*, в процессе которого формируются шумовые показатели на основе анализа требований рынка и определяются целевые показатели по шуму каждой системы самолёта;

б) *этап разработки технического предложения*. На данном этапе необходимо выполнить работы по оценке аэроакустических нагрузок, действующих на фюзеляж, оценить уровни шума в кабине экипажа и пассажирском салоне с учётом выбора маршевой силовой установки, аэродинамической компоновки и конструкции самолёта, а также с учётом вклада основных источников шума в кабине экипажа и по длине салона. На данном этапе разрабатывается предварительный план (содержание работ) в части акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа самолёта с учётом доминирующих источников шума;

в) *этап эскизного проекта*, в ходе которого в соответствии с ограничениями по шуму систем самолёта и информацией о вкладе основных источников шума выполняют акустическое проектирование отсеков фюзеляжа, дверей, остекления, бортовых систем и систем двигателя самолёта посредством имитационного анализа и проводят верификационные испытания. На этом этапе разрабатывается подробный план работ в части акустического проектирования для конструкции самолёта и систем;

г) *этап технического проекта*, в ходе которого определяют акустические характеристики материалов, применяемых для отделки салона, и проводят необходимые верификационные виброакустические испытания панелей фюзеляжа или секции с облицовкой акустическими материалами и панелями интерьера;

д) *этап изготовления опытного самолёта и проведения лётных испытаний*, который обеспечивает верификацию акустического проектирования пассажирского салона самолёта на базе оценки конструкции и систем самолёта. Для этого проводят лабораторные, наземные и лётные испытания, выполняют оценку соответствия систем самолёта требуемым шумовым показателям и верифицируют акустическую расчётную модель пассажирского салона. Акустическая расчётная модель пассажирского салона может быть использована для дальнейшего улучшения акустических характеристик пассажирского салона.

Заключение

В статье рассмотрены основные положения нового национального стандарта ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов». Данный стандарт является первым совместно разработанным российско-китайским стандартом в области авиастроения.

В рамках настоящей статьи рассмотрены предпосылки разработки, основные разделы и подразделы стандарта. Подробно описаны критерии и этапы акустического проектирования пассажирского салона и кабины экипажа самолёта.

Запросы авиационной промышленности формируют программу разработки национальных и международных стандартов в области авиастроения. В частности, для закрытия имеющегося пробела в области авиационной акустики в настоящее время разрабатывается новый российско-китайский стандарт «Методы испытаний для определения звукоизоляции конструкции фюзеляжа воздушных судов».

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 70066-2022. Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолетов. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 24 с.
2. О первом российско-китайском стандарте // Российский институт стандартизации [сайт]. URL: <https://www.gostinfo.ru/InformationOfStandardization/Details/2801> (дата обращения: 26.12.2023).
3. China National Standards. GB/T 41886-2022. Cabin acoustic design requirements for transport category aircraft. – 2022.
4. Moshkov, P. Analysis of Vibroacoustics of the Superjet 100 Aircraft / P. Moshkov, V. Lavrov // Proceedings of the 2022 International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM). – 2022. DOI: 10.1109/DVM55487.2022.9930929
5. Kuznetsov, K. Designing of RRJ-95NEW-100 aircraft with regard to cabin noise requirements / K. Kuznetsov, V. Lavrov, P. Moshkov, V. Rubanovsky // Akustika. – 2021. – vol. 41. – P. 36–41. DOI: 10.36336/akustika20214134
6. Moshkov, P. Contributions of different sources to cabin noise of a Superjet 100 in cruise flight condition / P. Moshkov // AIAA AVIATION Forum 2021. – 2021. – AIAA Paper No. 2021-2272. DOI: 10.2514/6.2021-2272
7. Lavrov, V. Study of the sound field structure in the cockpit of a Superjet 100 / V. Lavrov, P. Moshkov, V. Popov, V. Rubanovskiy // 25th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference. – 2019. – AIAA Paper No. 2019-2726. DOI: 10.2514/6.2019-2726
8. Lavrov, V. Analysis of the Sound Field Structure in the Cabin of the RRJ-95NEW-100 Prototype Aircraft / V. Lavrov, P. Moshkov, D. Strelets // Aerospace. – 2023. – Vol. 10, No. 6. – P. 559. DOI: 10.3390/aerospace10060559
9. Голубев, А. Ю. Экспериментальная оценка волновых спектров пристенных пульсаций давления турбулентного пограничного слоя в субконвективной области / А. Ю. Голубев // Акустический журнал. – 2012. – Т. 58, № 4. – С. 434–442.
10. Golubev, A. Wall pressure fluctuations on the surface of sloped forward-facing steps / A. Golubev, S. Kuznetsov // AIAA Journal. – 2020. – Vol. 58, No. 10. – P. 4595–4599. DOI: 10.2514/1.J058685
11. Efimtsov, B. M. Effect of transducer flushness on measured surface pressure fluctuations in flight / B. M. Efimtsov, A. Yu. Golubev, V. B. Kusnetsov, S. A. Rizzi, A. O. Andersson, R. G. Rackle, E. V. Adrianov // 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. – 2005. – AIAA Paper No. 2005-800. DOI: 10.2514/6.2005-800
12. Зверев, А. Я. Механизмы снижения шума в салоне самолета / А. Я. Зверев // Акустический журнал. – 2016. – Т. 62, № 4. – С. 474–479.
13. Зверев, А. Я. Экспериментальное определение акустических и виброакустических характеристик многослойных композитных панелей / А. Я. Зверев, В. В. Черных // Акустический журнал. – 2018. – Т. 64, № 6. – С. 727–736.
14. Зверев, А. Я. Исследования перспективных средств снижения вибраций самолетных конструкций при их акустическом возбуждении / А. Я. Зверев, В. В. Черных // Доклады РАН. Физика, Технические науки. – 2022. – Т. 506, № 1. – С. 128–136.
15. Зверев, А. Я. Сравнительный анализ акустических характеристик композитной и металлической панелей при звуковом и псевдозвуковом возбуждении / А. Я. Зверев // Акустический журнал. – 2023. – Т. 69, № 2. – С. 249–260.

16. Timushev, S. Numerical modeling of sound generation and propagation in blade machines with subsonic flow / S. Timushev, D. Klimenko, A. Aksenov, V. Gavrilyuk, J. Li // Proceedings of the 27th International Congress on Sound and Vibration. – 2021.
17. ГОСТ 20296-2014. Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 12 с.
18. Lee, H. P. Assessment of in-cabin noise of wide-body aircrafts / H. P. Lee, S. Kumar, S. Garg, K. M. Lim // Appl Acoust. – 2022. – Vol. 194, No. 108809. DOI: 10.1016/j.apacoust.2022.108809
19. Zevitas, C. D. Assessment of noise in the airplane cabin environment / C. D. Zevitas, J. D. Spengler, B. Jones, E. McNeely, B. Coull, X. Cao, S. M. Loo, A. K. Hard, J. G. Allen // Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. – 2018. – Vol. 28. – P. 568–578. DOI: 10.1038/s41370-018-0027-z
20. Kuznetsov, V. M. Noise control problems of passenger airplanes (a review) / V. M. Kuznetsov // Acoustical Physics. – 2003. – Vol. 49, No. 3. – P. 241-262. DOI: 10.1134/1.1574351
21. Moshkov, P. A. Problems of a Supersonic Business Aircraft Design with Regard to Cabin Noise Requirements / P. A. Moshkov, D. Y. Strelets // Recent Developments in High-Speed Transport. Springer Aerospace Technology. – 2023. – P. 151–170. DOI: 10.1007/978-981-19-9010-6_14
22. ГОСТ Р 58849-2020. Авиационная техника гражданского назначения. Порядок создания. Основные положения. – Москва : Стандартиформ, 2020. – 61 с.
23. China Aviation Industry Standards. HB 8525-2017. Civil Aircraft Development Procedures. – 2017.
24. Нормы летной годности самолетов транспортной категории НЛГ-25. – 2022. – 379 с.

On the development of the first russian-chinese standard in the field of aircraft manufacturing GOST R 70066-2022 «Aircraft equipment. Requirements for aircraft acoustic design of passenger salon and crew cockpit»

P. A. Moshkov | Candidate of Science (Engineering), Leading Engineer;
NTsMU «Sverkhzvuk»;
Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow,
Russian Federation;
moshkov89@bk.ru

The new national standard in the field of aircraft engineering GOST R 70066-2022 "Aircraft equipment. Requirements for aircraft acoustic design of passenger salon and crew cockpit" is reviewed. This standard was the first jointly developed by experts from Russia and China and approved as national standards in the Russia and China (GB/T 41886-2022). The standard establishes general technical requirements for the acoustic design of the passenger cabin and crew cockpit, as well as requirements for verification of the acoustic design process of passenger cabin and cockpit of transport aircrafts.

Keywords: cabin noise; community noise; sound absorption; sound-absorbing structures; GOST R 70066-2022

Citation: Moshkov, P. A. (2024), "On the development of the first russian-chinese standard in the field of aircraft manufacturing GOST R 70066-2022 «Aircraft equipment. Requirements for aircraft acoustic design of passenger salon and crew cockpit»", *Journal of Dynamics and Vibroacoustics*, vol. 10, no. 2, pp. 27-34. DOI: 10.18287/2409-4579-2024-10-2-27-34. (In Russian; abstract in English).

References

1. Russian Institute of Standardization (2022). *GOST R 70066-2022. Aircraft equipment. Requirements for aircraft acoustic design of passenger salon and crew cockpit*, Moscow. (In Russian).
2. Russian Standartization Institute, *O pervom rossiysko-kitayskom standarte* [About the first Russian-Chinese standard]. URL: <https://www.gostinfo.ru/InformationOfStandardization/Details/2801> (Accessed 26 December 2023).
3. China National Standards (2022), GB/T 41886-2022. *Cabin acoustic design requirements for transport category aircraft*.
4. Moshkov, P. and Lavrov, V. (2022), "Analysis of Vibroacoustics of the Superjet 100 Aircraft", *Proceedings of the 2022 International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM)*. DOI: 10.1109/DVM55487.2022.9930929
5. Kuznetsov, K., Lavrov, V., Moshkov, P. and Rubanovsky, V. (2021), "Designing of RRJ-95NEW-100 aircraft with regard to cabin noise requirements", *Akustika*, vol. 41, pp. 36–41. DOI: 10.36336/akustika20214134
6. Moshkov, P. (2021), "Contributions of different sources to cabin noise of a Superjet 100 in cruise flight condition", *AIAA AVIATION Forum 2021*, AIAA Paper No. 2021-2272. DOI: 10.2514/6.2021-2272
7. Lavrov, V., Moshkov, P., Popov, V. and Rubanovskiy, V. (2019), "Study of the sound field structure in the cockpit of a Superjet 100", *25th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*, AIAA Paper No. 2019-2726. DOI: 10.2514/6.2019-2726
8. Lavrov, V., Moshkov, P. and Strelets, D. (2023), "Analysis of the Sound Field Structure in the Cabin of the RRJ-95NEW-100 Prototype Aircraft", *Aerospace*, vol. 10, no. 6, pp. 559. DOI: 10.3390/aerospace10060559
9. Golubev, A. Yu. (2012), "Experimental estimate of wave spectra of wall pressure fluctuations of the turbulent boundary layer in the subconvective region", *Acoustical Physics*, vol. 58, no. 4, pp. 396-403. DOI: 10.1134/S1063771012040070
10. Golubev, A. and Kuznetsov, S. (2020), "Wall pressure fluctuations on the surface of sloped forward-facing steps", *AIAA Journal*, vol. 58, no. 10, pp. 4595-4599. DOI: 10.2514/1.J058685
11. Efimtsov, B. M., Golubev, A. Yu., Kusnetsov, V. B., Rizzi, S. A., Andersson, A. O., Rackle, R. G. and Adrianov, E. V. (2005), "Effect of transducer flushness on measured surface pressure fluctuations in flight", *43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. 2005*, AIAA Paper No. 2005-800. DOI: 10.2514/6.2005-800

12. Zverev, A. Y. (2016), "Noise control mechanisms of inside aircraft", *Acoustical Physics*, vol. 62, no. 4, pp. 478-482. DOI: 10.1134/S1063771016040187
13. Zverev, A. Y. and Chernyh, V. V. (2018), "Experimental determination of acoustic and vibroacoustic characteristics of multilayer composite panels", *Acoustical Physics*, vol. 64, no. 6, pp. 750-759. DOI: 10.1134/S1063771018060143
14. Zverev, A. Y. and Chernyh, V. V. (2022), "Promising Methods for Reducing the Vibrations of Aircraft Structures under Acoustic Excitation", *Doklady Physics*, vol. 67, no. 9, pp. 369-376. DOI: 10.1134/S1028335822090154
15. Zverev, A. Y. (2023), "Comparative Analysis of the Acoustic Characteristics of Composite and Metal Panels Under Sound and Pseudosound Excitation", *Acoustical Physics*, vol. 69, no. 2, pp. 259-269. DOI: 10.1134/S1063771023700574
16. Timushev, S., Klimenko, D., Aksenov, A., Gavrilyuk, V. and Li, J. (2021), "Numerical modeling of sound generation and propagation in blade machines with subsonic flow", *Proceedings of the 27th International Congress on Sound and Vibration*.
17. Standartinform (2014), *GOST 20296-2014. Aircraft and helicopter of civil aviation. Acceptable noise levels in flight decks and in salons and methods of noise measurement*, Standartinform, Moscow. (In Russian).
18. Lee, H. P., Kumar, S., Garg, S. and Lim, K. M. (2022), "Assessment of in-cabin noise of wide-body aircrafts", *Appl Acoust*, vol. 194, no. 108809. DOI: 10.1016/j.apacoust.2022.108809
19. Zevitas, C. D., Spengler, J. D., Jones, B., McNeely, E., Coull, B., Cao, X., Loo, S. M., Hard, A. K. and Allen, J. G. (2018), "Assessment of noise in the airplane cabin environment", *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, vol. 28, pp. 568-578. DOI: 10.1038/s41370-018-0027-z
20. Kuznetsov, V. M. (2003), "Noise control problems of passenger airplanes (a review)", *Acoustical Physics*, vol. 49, no. 3, pp. 241-262. DOI: 10.1134/1.1574351
21. Moshkov, P. A., Strelets, D. Y. (2023), "Problems of a Supersonic Business Aircraft Design with Regard to Cabin Noise Requirements", *Recent Developments in High-Speed Transport. Springer Aerospace Technology*, pp. 151-170. DOI: 10.1007/978-981-19-9010-6_14
22. Standartinform (2020), *GOST R 58849-2020. Civil aircraft. Development procedures. General provisions*, Moscow. (In Russian).
23. China Aviation Industry Standards (2017), *HB 8525-2017. Civil Aircraft Development Procedures*.
24. CS-25 (2022). Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes.