

А. В. ЛОСЬ¹, В. И. РЯБКОВ², Т. Н. СЕРЕДА²

¹ Государственное предприятие «Антонов», Киев, Украина

² Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ САМОЛЕТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

С ростом воздушных перевозок на самолетах транспортной категории возрастает их негативное воздействие на окружающую среду и на человека.

Проблемой воздействия гражданской авиации на экологию стали заниматься в начале 70-х годов 20 века. Критических зон воздействия существует три: приземный слой атмосферы, где важна аэродромная эмиссия, верхняя тропосфера на высоте около 10 км, где проходит крейсерский полет гражданских самолетов, а не так давно к этому прибавилась нижняя стратосфера (10 ... 22 км), где, как предполагается, должен проходить крейсерский полет сверхзвукового транспорта будущего. В первой зоне воздействие заключается в непосредственном ущербе здоровью людей. Во второй авиация воздействует на изменение климата. В третьей зоне возможно истощение озонового слоя в результате воздействия авиации.

ИКАО установлены строгие ограничения на все виды вредных воздействий, которые в нашей стране оговорены в АП-25 и АП-36. Отмечено, что эти требования постоянно ужесточаются, вследствие чего уровень шума мирового парка самолетов за последние полвека снизился более чем на 30 процентов.

В статье рассмотрена схема создания самолета с учетом экологических ограничений и экономических затрат до уровня принятия решений по этим проблематичным вопросам.

Реализацией такого подхода в отечественном самолетостроении является создание на базе самолета Ан-32Б его модификации – Ан-132Д. При увеличении грузоподъемности и дальности действия этой модификации путем перекомпоновки системы несущих поверхностей «крыло + агрегаты хвостового оперения», а также замены силовой установки, удалось существенно снизить топливную эффективность этой модификации до 222 г/т·км, что является наиболее высоким показателем для легких транспортных самолетов. А это означает, что Ан-132Д оказывает наименьшее влияние на эмиссию и выбросы парниковых газов.

Кроме того, Ан-132Д обладает рядом других преимуществ:

- переменные обороты воздушного винта $n_{ов} = 850 \dots 1200$ об/мин;
- «тихое руление» при $n_{ов} = 850$ об/мин в пределах аэродрома;
- чрезвычайный режим работы маршевого двигателя при отказе одного из двух не только при взлете, но и, при необходимости, на маршруте;
- значительно лучшие экологические показатели по вредным выбросам маршевого двигателя и шуму на местности.

Ан-132Д – это реализованный пример создания самолета транспортной категории с учетом экологических ограничений.

Ключевые слова: самолеты транспортной категории; шум; вредные выбросы; влияние на окружающую среду; ограничения при проектировании.

Введение

Постоянный рост воздушных перевозок вызывает озабоченность с влиянием авиации на окружающую среду. Спрос на авиаперевозки растёт в среднем примерно на 4,5 % в год за последнее десятилетие (МГЭИК). При отсутствии серьезных экономических спадов или каких-либо других серьезных изменений, различные организации оценили буду-

щий мировой рост в 5 % в год по крайней мере до 2025 года. Как и для всех видов транспорта, улучшение энергетической эффективности авиационных систем не смогло идти в ногу с промышленным ростом, что привело к увеличению потребления топлива и объемов выбросов с потенциальным воздействием на климат. Углекислый газ (CO₂), водяной пар (H₂O), оксиды азота (NO_x), оксиды серы (SO) и твердые частицы (сажа) являются примерами вы-

бросов самолетов, которые могут менять атмосферные процессы. Научные оценки, опубликованные МГЭИК, говорят о том, что влияние выбросов воздушных судов на высоте потенциально вдвое опаснее по отношению к изменению климата по сравнению с выбросами наземного транспорта. При этом вклад авиационных выбросов в изменение климата, как ожидается, увеличится в ближайшие десятилетия, так как потребление авиационного топлива продолжает расти.

Проблемой воздействия гражданской авиации на экологию стали заниматься в начале 70-х годов 20 века. Критических зон воздействия существует три: приземный слой атмосферы, где важна аэродромная эмиссия, верхняя тропосфера на высоте около 10 км, где проходит крейсерский полет гражданских самолетов, а не так давно к этому прибавилась нижняя стратосфера (10 ... 22 км), где, как предполагается, должен проходить крейсерский полет сверхзвукового транспорта будущего. В первой зоне воздействие заключается в непосредственном ущербе здоровью людей. Во второй авиация воздействует на изменение климата. В третьей зоне возможно истощение озонового слоя в результате воздействия авиации [1].

Воздушные суда выбрасывают газы и частицы непосредственно в верхние слои тропосферы и нижние слои стратосферы, где они оказывают воздействие на состав атмосферы. Эти газы и частицы изменяют концентрацию атмосферных «парниковых» газов, включая двуокись углерода (CO₂), озон (O₃) и метан (CH₄), инициируют образование конденсационных (инверсионных) следов и могут способствовать развитию перистой облачности. Все эти факто-

ры оказывают влияние на окружающую среду и людей (табл. 1) [2, 3].

Таблица 1

Влияние эксплуатации самолетов транспортной категории на экологические факторы

Шум (звуковое воздействие), создаваемый планером и силовой установкой самолета	– ухудшение здоровья; – понижение слуха; – помехи речевому общению и прослушиванию ТВ
Эмиссия топлива в виде твердых частиц	– респираторные заболевания; – токсические симптомы; – дискомфорт.
Выбросы «парниковых» газов	– глобальное потепление; – изменение климата.

ИКАО установлены строгие ограничения на все виды вредных воздействий, которые в нашей стране представлены в виде АП-36 [4] и являются обязательными при создании гражданских и военных самолетов транспортной категории.

Следует также отметить, что экологические ограничения постоянно ужесточаются.

С учетом такого подхода ИКАО, уровень шума мирового парка самолетов (рис. 1) постоянно и существенно снижается.

Достижение таких уровней шума требует от самолетостроительных компаний существенных затрат, однако объединенное руководство Европы заявило, что оно остается *на своих позициях по этому вопросу, намереваясь закрыть доступ в небо европейских стран шумным самолетам.*

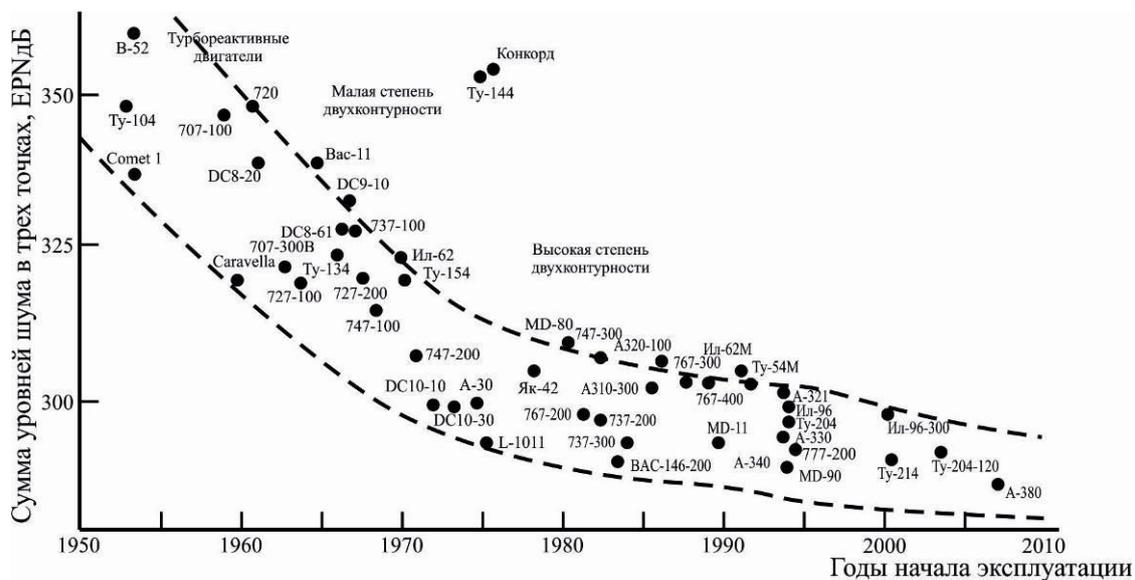


Рис. 1. Уровень шума мирового парка самолетов

Шумовое воздействие авиации – наибольшее в сравнении с источниками всех прочих отраслей экономики любой страны [5 – 7].

На земле основным источником авиационного шума являются вспомогательные силовые установки. При взлете, наборе высоты и полете преобладают шумы маршевых двигателей. При заходе на посадку значительный вклад принадлежит шуму, связанному с обтеканием планера воздухом.

Требования к уровню создаваемого шума для гражданских самолетов могут являться основным фактором, определяющим размер и тип применяемых на самолете двигателей.

Согласно требованиям ИКАО [1] уровень создаваемого самолетом шума нормируется в трех контрольных точках. Контрольная точка № 1 находится на линии, отстоящей на расстоянии 650 м от оси взлетно-посадочной полосы, и совпадает с точкой, в которой уровень шума достигает наибольшего значения (участок взлета). Контрольная точка № 2 размещается под траекторией взлета самолета на оси взлетно-посадочной полосы на расстоянии 6,5 км от начала разбега (участок набора высоты). Контрольная точка № 3 находится под глиссадой посадки на оси взлетно-посадочной полосы на расстоянии 2 км от посадочного торца ВПП (участок посадки). Величина допустимого уровня шума в контрольных точках регламентируется стандартом ИКАО и зависит от взлетной массы самолета.

Требования, связанные с ограничением уровня шума, предъявляемые к самолету и его силовой установке, могут оказать существенное влияние на облик самолета, на выбор относительного размера силовой установки FCU/S, удельной нагрузки на крыло G/S. Так, одним из действенных способов уменьшения уровня взлетного шума является использование при взлете пониженных режимов работы двигателей, что достигается увеличением размера силовой установки. Однако это сопровождается увеличением массы силовой установки, а также может привести к тому, что в условиях крейсерского полета режим работы силовой установки станет значительно отличаться от оптимального. В результате уменьшится дальность полета самолета, снизится технико-экономическая эффективность.

На практике нередко случаи, когда более жесткие требования к характеристикам самолета предъявляются не при взлете, а при посадке из-за существенного изменения режимов работы силовой установки, в особенности при наличии в ней винтов. Анализ показывает (табл. 2), что меры по уменьшению длины пробега во многом схожи с мерами, принимаемыми для улучшения взлетных характеристик.

Таблица 2
Допустимый уровень шума на различных этапах полета

Участок полета	При массе самолета		
	$m_{\text{сам}} \leq 34 \text{ т}$	$34 \text{ т} \leq m_{\text{сам}} \leq 272 \text{ т}$	$m_{\text{сам}} \geq 272 \text{ т}$
Взлет	102	$6,61g m_{\text{сам}} + 71,9$	108
Набор высоты	92	$16,61g m_{\text{сам}} + 16,7$	107
Снижение	102	$6,61g m_{\text{сам}} + 71,9$	108

Прежде всего это использование механизации с целью уменьшения посадочной скорости путем увеличения значения $C_{y\text{max}}$ или уменьшение удельной нагрузки на крыло G/S [8].

Физическое загрязнение окружающей среды

Физические факторы среды обитания являются очень важными компонентами любой экологической системы. Отклонение их параметров за пределы диапазона естественного колебания приводит к серьезным нарушениям и изменениям в экосистемах. Авиация является заметным источником антропогенного влияния практически на все физические характеристики биосферы.

Неуклонный рост объемов перевозок воздушным транспортом приводит к увеличению загрязнения окружающей среды продуктами сгорания авиационных топлив. Особенность авиационных атмосферных загрязнений в том, что токсические вещества распространяются на очень большие пространства (рис. 2).

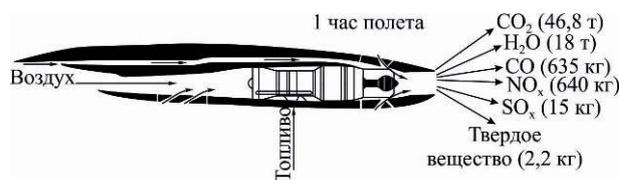


Рис. 2. Загрязнение атмосферы реактивными самолетами (средние значения)

Авиация оказывает сильное влияние и на озоновый слой Земли. С одной стороны, эмиссия NO_x способствует образованию озона в верхних слоях тропосферы. Однако авиационная эмиссия серы (прежде всего, сверхзвуковых самолетов) и воды в стратосфере способствует разложению озона. Количество степень этого влияния пока еще точно не определена. Однако подсчитано, что за один транс-

континентальный перелет реактивного самолета в атмосфере сгорает около 35 т кислорода и, в том числе, немалая доля озона.

С учетом приведенных обстоятельств, изменяются принципиальные подходы к решению проблемы создания самолетов транспортной категории с учетом экологических ограничений [4]. Так, процесс принятия решений по этой проблеме может быть представлен в следующем виде (рис. 3).

Реализацией такого подхода в отечественном самолетостроении является создание на базе самолета Ан-32Б его модификации Ан-132Д. При увеличении грузоподъемности и дальности действия этой модификации путем перекомпоновки системы несущих поверхностей «крыло + агрегаты хвостового оперения», а также замены силовой установки удалось существенно снизить топливную эффективность этой модификации до 222 г/т·км, что является наиболее высоким показателем для легких транспортных самолетов. А это означает, что Ан-132Д оказывает наименьшее влияние на эмиссию и выбросы «парниковых» газов.

Кроме того, Ан-132Д обладает рядом других преимуществ:

- переменные обороты воздушного винта $n_{вв} = 850 \div 1200$ об/мин;
- «тихое руление» при $n_{вв} = 850$ об/мин в пределах аэродрома;
- чрезвычайный режим работы маршевого двигателя при отказе одного из двух не только при взлете, но и, при необходимости, на маршруте;
- значительно лучшие экологические показатели по вредным выбросам маршевого двигателя и шуму на местности.

Ан-132Д – это реализованный пример создания самолета транспортной категории не только с расширенными транспортными возможностями, а и с учетом экологических ограничений.

Выводы

В связи с ростом воздушных перевозок на самолетах транспортной категории возрастает их негативное воздействие на окружающую среду и на человека.

В качестве негативных факторов воздействия отмечены: шум (звуковое воздействие), создаваемый планером и силовой установкой самолета, эмиссия топлива в виде твердых частиц и выбросы «парниковых» газов.

Такой подход к решению проблемы создания самолетов транспортной категории с учетом экологических ограничений предусматривает решение ряда актуальных задач, связанных с совершенствованием двигателей [9]:

- улучшение характеристик двигателя за счет использования термодинамических циклов с высокими параметрами;
- использование изменяемых термодинамических циклов в зависимости от условий полета;
- повышение топливной эффективности путем согласования параметров планера и силовой установки.

У нас в стране реализация проблемы создания самолетов транспортной категории с учетом экологических ограничений ведется по направлениям:

- а) проектирование и производство самолетов и двигателей осуществляется в строгом соответствии с АП-36;
- б) широко используется шумоглушение силовой установки в виде звукопоглощающих конструкций (ЗПК) [10] для снижения шума вентилятора, компрессора, турбины камеры сгорания, а также глушителя шума выхлопной струи в виде рассекателей, шевронных сопел и др. Особое место здесь занимают ЗПК с новыми возможностями: широкий

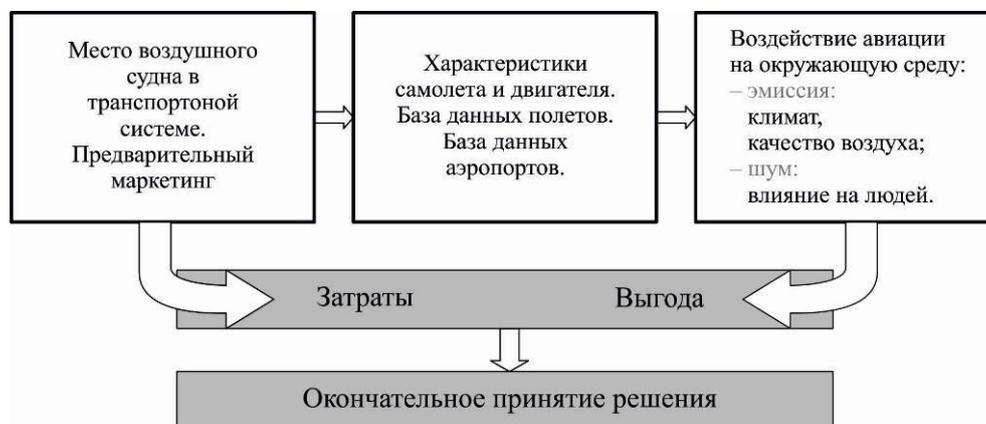


Рис. 3. Схема принятия решения о создании самолета с учетом экологических ограничений

спектр частот снижения шума, независимость акустической эффективности от режима работы двигателя, хорошие эксплуатационные качества, способность работы в области средних и высоких температур до 1000 °С;

в) ведутся исследования по созданию новых малошумных двигателей и снижению шума планера, который становится доминирующим при посадке магистральных самолетов.

Реализация всего предусмотренного комплекса мероприятий, безусловно, обеспечит отечественным воздушным судам выполнение требований ИКАО и ЕС и конкурентоспособность на мировом рынке.

ИКАО установлены строгие ограничения на все виды вредных воздействий, которые в нашей стране оговорены в АП-25 и АП-36. Отмечено, что эти требования постоянно ужесточаются, вследствие чего уровень шума мирового парка самолетов за последние полвека снизился более чем на 30 процентов.

В статье рассмотрена схема создания самолета с учетом экологических ограничений и экономических затрат до уровня принятия решений по этим проблематичным вопросам. Примером реализации такого подхода является создание легкого транспортного самолета Ан-132Д, в котором путем переконфигурации системы несущих поверхностей «крыло + агрегаты хвостового оперения» и использования нового двигателя достигнут уровень топливной эффективности 222 г/т·км, а это означает, что Ан-132Д оказывает минимальное воздействие на эмиссию топлива и выброс «парниковых» газов, т. е. на примере этого самолета показаны направления решения проблемы создания самолетов транспортной категории с учетом экологических ограничений.

Литература

1. ICAO. *Air Carrier Statistics – Traffic Data* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://portal.icao.int>. – 15.05.2020.
2. *Авиационный шум как фактор экологосоциального неблагополучия* [Текст] / В. Н. Зинкин, С. К. Солдатов, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин, И. М. Ахметзянов, П. М. Шешегов // *Проблемы безопасности полетов*. – 2010. – Вып. 10. – С. 3-13.
3. *Запорожец, А. И. Разработка модели и программы расчета на ЭВМ загрязнения авиадвигателями верхних слоев атмосферы* [Текст] / А. И. Запорожец, Ю. Н. Кулагин. – КИИ ГА, 1991. – 34 с.
4. *Авиационные правила АП-25, АП-36* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2017/02/Aviatsijni-pravila_25.pdf. – 15.05.2020.

5. *Кузнецов, В. М. Проблемы снижения шума пассажирских самолетов* [Текст] / В. М. Кузнецов // *Акуст. журн.* – 2003. – Т. 49, № 3. – С. 293-317.

6. *Passchier-Vermeer, W. Noise exposure and public health* [Text] / W. Passchier-Vermeer, W. F. Passchier // *Environmental health perspect.* – 2000. – Vol. 108, Sup. 1. – P. 123-131.

7. *Ганабов, В. И. О расчете шума вращения одиночного винта с лопастями произвольной формы* [Текст] / В. И. Ганабов, А. Г. Муни // *Ученые записки ЦАГИ – Москва*, 1989. – С. 43-54.

8. *Балабуев, П. В. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями* [Текст] : учеб. пособие / П. В. Балабуев, С. А. Бычков, А. Г. Гребеников. – Х. : ХАИ, 2003. – Ч. 2. – 389 с.

9. *Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей* [Текст] : анализ. обзор / под общей ред. В. А. Скибина, В. И. Солонина. – М. : ЦИАМ, 2010. – 673 с.

10. *Рябков, В. И. Возможности гашения шума с помощью конструкций с сотовым наполнителем* [Текст] / В. И. Рябков, Д. В. Тиняков // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*. – Вып. 63 – Х., 2014. – С. 25-32.

References

1. ICAO. *Air Carrier Statistics – Traffic Data*. Available at: <https://portal.icao.int> (accessed 15.05.2020).
2. Zinkin, V. N., Soldatov, S. K., Bogomolov, A. V., Kukushkin, Yu. A., Ahmetzyanov, I. M., Sheshegov, P. M. *Aviacionnyj shum kak faktor ekologosocialnogo neblagopoluchiya* [Aircraft noise as a factor in environmental and social ill-being]. *Problemy bezopasnosti poletov*, 2010, no. 10, pp. 3-13.
3. Zaporozhec, A. I., Kulagin, Yu. N. *Razrabotka modeli i programmy rascheta na EVM zagryazneniya aviadvigatelyami verh-nih sloev atmosfery* [Development of a model and computer calculation program for aircraft engine pollution of the upper atmosphere]. Kyiv, KII GA Publ., 1991. 34 p.
4. *Aviacionnye pravila AP-25, AP-36* [Aviation Rules AR-25, AR-36]. Available at: https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2017/02/Aviatsijni-pravila_25.pdf (accessed 15.05.2020).
5. Kuznetsov, V. M. *Problemy snizheniya shuma passa-zhirskikh samoletov* [The problems of reducing the noise of passenger aircraft]. *Akust. zhurn.*, 2003, vol. 49, no. 3, pp. 293-317.
6. Passchier-Vermeer, W., Passchier, W. F. *Noise exposure and public health. Environmental health perspect.*, 2000, vol. 108, sup. 1, pp. 123-131.
7. Ganabov, V. I., Munin, A. G. *O raschete shuma vrashcheniya odinochnogo vinta s lopastyami proizvol'noi formy* [On the calculation of rotation noise of a

single screw with arbitrary-shaped blades]. *Uchenye zapisi TsAGI*, Moscow, 1989, pp.43-54.

8. Balabuev, P. V., Bychkov S. A., Grebenikov A. G. *Osnovy obshchego proektirovaniya samoletov s gazoturbinnymi dvigatelyami* [Fundamentals of the general design of aircraft with gas turbine engines]. Khar'kov, KhAI, 2003, Ch. 2. 389 p.

9. Skibina, V. A., Solonina, V. I. *Raboty vedushchikh aviadvigatelestroitel'nykh kompanii v obespechenie sozdaniya perspektivnykh aviatsionnykh dvigatelei*.

Analit. obzor [The work of leading aircraft engine companies to ensure the creation of promising aircraft engines]. Moscow, TsIAM Publ., 2010. 673 p.

10. Ryabkov, V. I., Tinyakov, D. V. *Vozmozhnosti gasheniya shuma s pomoshch'yu konstruktssii s sotovym zapolnitelem* [Noise Canceling Capabilities with Honeycomb Structures]. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii* : sb. nauch. tr. Nats. aerokosm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «KhAI», 2014, no. 63, pp. 25-32.

Поступила в редакцію 18.05.2020, рассмотрена на редколлегии 15.08.2020

ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ЛІТАКІВ ТРАНСПОРТНОЇ КАТЕГОРІЇ З УРАХУВАННЯМ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ

О. В. Лось, В. І. Рябков, Т. М. Серєда

З ростом повітряних перевезень на літаках транспортної категорії зростає їх негативний вплив на навколишнє середовище і на людину.

Проблемою впливу цивільної авіації на екологію стали займатися на початку 70-х років 20 століття. Критичних зон впливу існує три: приземний шар атмосфери, де важлива аеродромна емісія, верхня тропосфера на висоті близько 10 км, де проходить крейсерський політ цивільних літаків, а не так давно до цього додалася нижня стратосфера (10 ... 22 км), де, як передбачається, повинен проходити крейсерський політ надзвукового транспорту майбутнього. У першій зоні вплив полягає в безпосередньому збитку здоров'ю людей. У другій авіація впливає на зміну клімату. У третій зоні можливе виснаження озонового шару в результаті впливу авіації.

ІКАО встановлені суворі обмеження на всі види шкідливих впливів, які в нашій країні обумовлені в АП-25 і АП-36. Відзначено, що ці вимоги постійно посилюються, внаслідок чого рівень шуму світового парку літаків за останні півстоліття знизився більш ніж на 30 відсотків.

У статті розглянута схема створення літака з урахуванням екологічних обмежень і економічних витрат до рівня прийняття рішень з цих проблематичних питань.

Реалізацією такого підходу у вітчизняному літакобудуванні є створення на базі літака Ан-32Б його модифікації – Ан-132Д. При збільшенні вантажопідйомності і дальності дії цієї модифікації шляхом перекомпонування системи несучих поверхонь «крило + агрегати хвостового оперення», а також заміни силової установки, вдалося істотно знизити паливну ефективність цієї модифікації до 222 г / т км, що є найвищим показником для легких транспортних літаків. А це означає, що Ан-132Д чинить найменший вплив на емісію та викиди парникових газів.

Крім того, Ан-132Д має низку інших переваг:

- змінні обертів повітряного гвинта $N_{вв} = 850 \dots 1200$ об / хв;
- «тихе рулювання» при $N_{вв} = 850$ об / хв в межах аеродрому;
- надзвичайний режим роботи маршового двигуна при відмові одного з двох не тільки при зльоті, але і, при необхідності, на маршруті;
- значно кращі екологічні показники по шкідливим викидам маршового двигуна і шуму на місцевості.

Ан-132Д - це реалізований приклад створення літака транспортної категорії з урахуванням екологічних обмежень.

Ключові слова: літаки транспортної категорії; шум; шкідливі викиди; вплив на навколишнє середовище; обмеження при проектуванні.

PROBLEMS OF CREATION OF AIRCRAFT CATEGORY PLANES ACCORDING TO ENVIRONMENTAL LIMITATIONS

A. Los, V. Ryabkov, T. Sereda

With the growth of air transportation on airplanes of the transport category, their negative impact on the environment and humans increases.

The environmental impact of civil aviation began to be addressed in the early 70s of the 20th century. There are three critical areas of impact: the surface layer of the atmosphere, where aerodrome emission is important, the upper troposphere at an altitude of about 10 km, where cruise flights of civilian aircraft take place, and not so long ago, the lower stratosphere (10...22 km), where, as expected, must be cruising the flight of supersonic transport of

the future. In the first zone, the effect is direct damage to human health. In the second, aviation affects climate change. In the third zone, the ozone layer may be depleted as a result of aviation exposure.

ICAO has established strict restrictions on all types of harmful effects, which are stipulated in our country in AP-25 and AP-36. It is noted that these requirements are constantly being tightened, as a result of which the noise level of the world fleet of aircraft over the past half-century has decreased by more than 30 percent.

The article discusses the scheme of creating an aircraft taking into account environmental restrictions and economic costs to the level of decision-making on these problematic issues.

The implementation of this approach in domestic aircraft construction is the creation of its modification, the An-132D, based on the An-32B aircraft. With an increase in the carrying capacity and range of this modification by re-arranging the wing-tail + tail assembly system of bearing surfaces, as well as replacing the power plant, it was possible to significantly reduce the fuel efficiency of this modification to 222 g / t km, which is the highest indicator for light vehicles airplanes. This means that An-132D has the least impact on greenhouse gas emissions and emissions.

Besides, An-132D has several other advantages:

- variable revolutions of the propeller $N_{\text{ВВ}} = 850 \dots 1200$ rpm;
- "silent taxiing" at $N_{\text{ВВ}} = 850$ rpm within the aerodrome;
- emergency operation of the main engine in case of failure of one of the two, not only during take-off but also, if necessary, on the route;
- significantly better environmental indicators for harmful emissions of the marching engine and noise on the ground.

An-132D is an implemented example of creating a transport category aircraft taking into account environmental restrictions.

Keywords: aircraft of the transport category; noise; harmful emissions; environmental impact; design restrictions.

Лось Александр Васильевич – канд. техн. наук, Президент ГП «Антонов», Киев, Украина.

Рябков Виктор Иванович – д-р техн. наук, проф. каф. «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Серета Татьяна Николаевна – ведущий специалист авиационного сертификационного центра ХАИ, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Alexander Los – Candidate of Technical Sciences, President of the SE «Antonov», Kiev, Ukraine, e-mail: systems.an@ukr.net, ORCID Author ID: 0000-0002-6636-4208.

Victor Ryabkov – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department "Design of Aircraft and Helicopters", National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Ukraine, e-mail: v.riabkov@khai.edu.

Tatiana Sereda – Leading Specialist of the KhAI Aviation Certification Center, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: t.sereda@khai.edu, ORCID Author ID: 0000-0001-8557-4414.