

О. В. ЛОСЬ¹, В. І. РЯБКОВ²

¹ Державне підприємство «Антонов», Київ

² Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків

НОВЕ ПОКОЛІННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНИХ ЛІТАКІВ

За визнанням європейських фахівців, повну лінійку військово-транспортних літаків усіх вагових категорій (легкі, середні й важкі) можуть створювати тільки США й Україна.

На момент появи "Державної комплексної програми розвитку авіаційної промисловості України до 2020 року" Україна мала:

- легкий транспортний літак Ан-32 з вантажопідйомністю 6,7 т і дальністю дії 2500 км;
- оперативно-тактичний військово-транспортний літак (ВТЛ) з вантажопідйомністю 30 т і дальністю дії при повному завантаженні 4300 км;
- пасажирський регіональний літак Ан-148-100В з максимальним корисним навантаженням 9,0 т і дальністю його перевезення на 2600 км.

Зусиллями всього колективу ДП "Антонов" на базі цих літаків спроектовано й виготовлено дослідні зразки, частково пройшли льотні випробування такі їх модифікації, як Ан-132Д, Ан-178 і Ан-188, реалізація яких базується і на використанні нової "Методології проектування модифікації військово-транспортних літаків з урахуванням глибоких змін у крилі й силовій установці".

З урахуванням наукових положень цієї "Методології...":

- на базі літака Ан-32 шляхом глибоких змін силовій установці, тобто використанням двигунів PW150 і збільшенням маси палива в півтора рази, створено модифікацію легкого літака ВТЛ Ан-132Д вантажопідйомністю 9,1 т з дальністю збільшеною, до 2400 км, і показником паливної ефективності, вищим ніж базової моделі;
- на базі пасажирського літака Ан-148 шляхом глибоких змін і в геометрії крила, і в силовій установці створено модифікацію середнього ВТЛ Ан-178 з вантажопідйомністю 18 т і дальністю дії при максимальному завантаженні 1200 км, що забезпечує цій модифікації "нішу", не зайняту конкурентами;
- забезпечення повної переваги модифікації Ан-188 серед конкурентів-аналогів базується також на глибоких змінах: заміна в силовій установці ТГД Д27 на турбовентиляторний CFM LEAP-1A; використання дискретної геометричної крутки місцевих хорд крила, що забезпечило дальність дії цього літака до 3200 км при вантажопідйомності 47 т та істотно підвищило його боєздатність внаслідок використання турбовентиляторних двигунів.

Порівняльне оцінювання цих ВТЛ з їх базовими моделями свідчить про те, що колектив ДП "Антонов" з честю реалізував частину "Державної комплексної програми розвитку авіаційної промисловості України до 2020 року" у частині створення військово-транспортних літаків нового покоління, конкурентоспроможних за усіма техніко-економічними параметрами.

Ключові слова: військово-транспортні літаки різного призначення; модифікації; характеристики «вантаж – дальність»; конкурентоспроможність.

Вступ

Постановка проблеми. В Україні існує унікальна школа зі створення легких (Ан-26, Ан-32), середніх (Ан-12, Ан-70) і важких (Ан-22, Ан-124) військово-транспортних літаків. Багаторічна практика їх експлуатації в нашій країні й у зарубіжних країнах переконливо довела їх конкурентоспроможність, особливо на ринках перевезень вантажів цивільного й військового призначення [1].

На момент появи «Державної комплексної програми розвитку авіаційної промисловості України до 2020 року» [2] Україна мала сучасні військово-транспортні літаки (ВТЛ):

- легкий транспортний літак Ан-32 з вантажопідйомністю 6,7 т і дальністю дії 800 км;

- пасажирський регіональний літак Ан-148-100У з максимально корисним навантаженням 9 т і дальністю його перевезення на 2600 км;

- оперативно-тактичний ВТЛ із вантажопідйомністю 30 т і дальністю дії при повному завантаженні 4300 км.

Неминучі умови часу потребують подальшого їх удосконалення за параметрами збільшення рейсової й часової продуктивності, паливної ефективності, боєздатності та іншими умовами конкурентоспроможності.

Так, сучасні ВТЛ мають більші вантажопідйомність і дальність дії, ніж Ан-32, потребують поліпшення й інші його експлуатаційні характеристики.

Сучасні середні ВТЛ характеризуються можливістю перевезення панельованих контейнерів особливо їх морських варіантів, що поки є недосяжним для вітчизняних середніх ВТЛ.

Унікальний вітчизняний оперативно-тактичний літак Ан-77 має неперевершену вантажопідйомність і параметри вантажної кабіни, можуть експлуатуватися в режимі КЗП на ґрунтових аеродромах. Однак він поступається японському З-2 за боездатності.

Для забезпечення конкурентоспроможності цих ВТЛ у сучасних умовах необхідними є як глибокі модифікаційні зміни геометрії їх крил, так і заміна маршових двигунів у їх силових установках.

Процес реалізації таких змін базується на досягненнях науково-технічного прогресу на момент уведення модифікації в експлуатацію, а також на весь календарний її ресурс з урахуванням тенденцій у розвитку маршових двигунів та особливостей застосування ВТЛ різного призначення.

Крім того, при створенні літаків нового покоління необхідно було підвищити аеродинамічну якість їх несних поверхонь й узгодити її з параметрами в силовій установці нових двигунів для досягнення максимальної паливної ефективності.

Метою статті є представлення нової методології проектування модифікацій ВТЛ, що забезпечила формування конкурентоспроможності легкого (Ан-132Д), середнього (Ан-178) та оперативно-тактичного (Ан-188) ВТЛ нового покоління (рис. 1).

При проектуванні цих модифікацій використано:

– величезний власний досвід і матеріали ДП «Антонов» як провідної світової фірми і створення ВТЛ різного призначення;

– результати ретельного аналізу американських, європейських та японських фірм, що створюють літаки-конкуренти в секторі легких, середніх і важких ВТЛ;

– нові наукові розробки автора у вигляді моделей реалізації глибоких модифікаційних змін при геометричному перекомпонуванні крила і їх узгодження в умовах заміни маршових двигунів [4, 5].

Такі положення є науковою основою «Методології...», основна мета якої пов'язана з неодмінним збільшенням рейсової й часової вантажопідйомності, дальності дії й крейсерської швидкості, а також з підвищенням паливної ефективності ВТЛ.

Зміст методології (рис. 2) базується на використанні трьох принципів:

- забезпечення підвищення вантажопідйомності й збільшення дальності дії модифікацій ВТЛ різного призначення;

- геометричне перекомпонування крил наявних базових моделей з метою підвищення аеродинамічної якості і збільшення дальності дії ВТЛ;

- узгодження модифікаційних змін у крилі з потрібними параметрами силовій установці як умова забезпечення необхідної паливної ефективності.

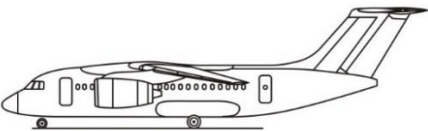
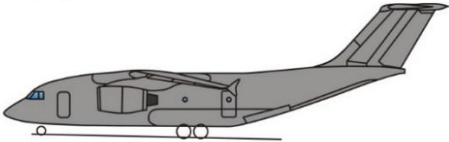
Існуючі базові літаки	Модифікації нового покоління
<p style="text-align: center;">Ан-32</p> 	<p style="text-align: center;">Легкий ВТЛ Ан-132Д</p> 
<p style="text-align: center;">Ан-148</p> 	<p style="text-align: center;">Середній ВТЛ Ан-178</p> 
<p style="text-align: center;">Ан-77</p> 	<p style="text-align: center;">Оперативно-тактичний ВТЛ Ан-188</p> 

Рис. 1. Вітчизняна школа створення ВТЛ

Структуру методології утворюють нові поняття й методи:

– поняття й метод визначення коефіцієнта еліптичності трапецієподібного крила;

– метод геометричного перекомпонування ізольованого трапецієподібного крила на основі коефіцієнта його еліптичності;

– метод уточнення компоновки системи несних поверхонь «крило+агрегати хвостового оперіння» з урахуванням геометричного перекомпонування трапецієподібного крила.

Критеріальна база в цій методології визначається такими моделями:

– мінімізація індуктивного опору ($C_{xi} \rightarrow \min$) крила й усієї системи несних поверхонь;

– узгодження модифікаційних змін у крилі й силовій установці з необхідним збільшенням вантажопідйомності (m_T) і дальності дії (L_M);

– критерій питомої паливної ефективності (\bar{q}_T) за параметрами питомої рейсової продуктивності $\bar{m}_T \cdot \bar{L}$ модифікації.

На основі такої «Методології...», її методів, критеріїв і моделей спроектовано модифікації Ан-132Д, Ан-178 і Ан-188.

На рис. 3 показано транспортні можливості нового покоління ВТЛ:

– габаритні розміри їх вантажних кабін;

– характеристики «вантажопідйомність-дальність» уже розглянутих ВТЛ;

– паливна ефективність кожного літака при його максимальному завантаженні.

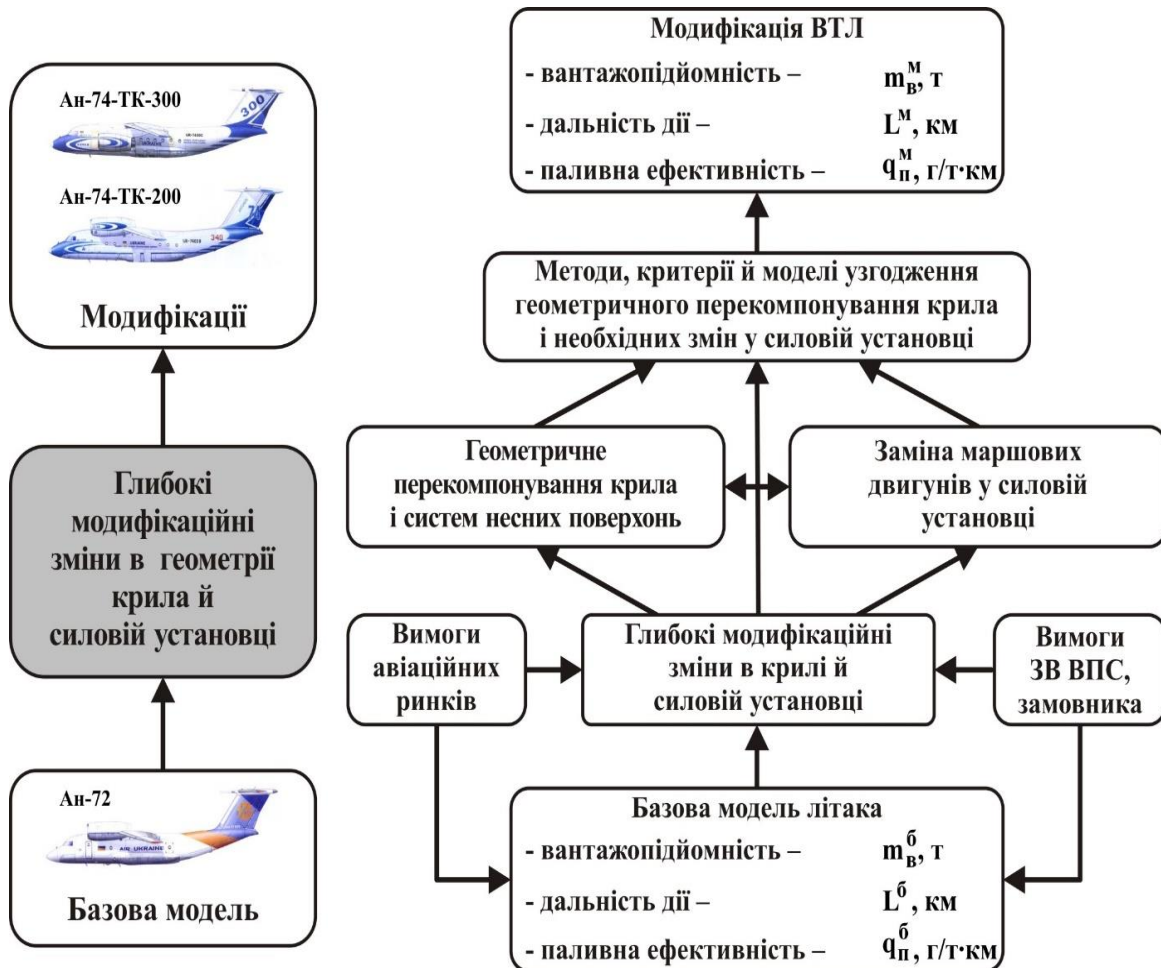


Рис. 2. Методологія проектування модифікацій ВТЛ при глибоких змінах у геометрії крила й силовій установці

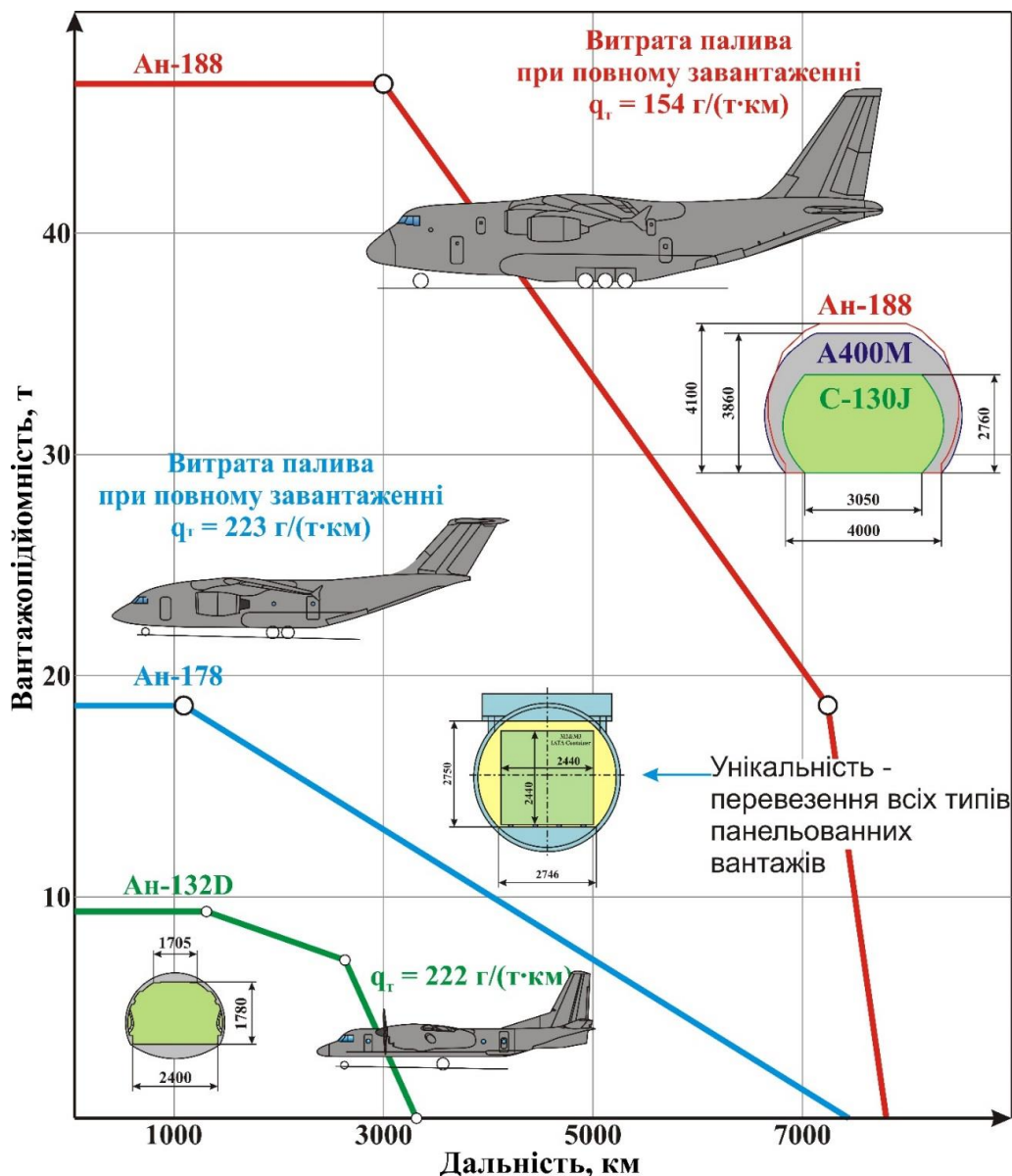


Рис. 3. Транспортні можливості вітчизняних ВТЛ нового покоління

Параметри технічної переваги нового покоління вітчизняних ВТЛ

На базі літака Ан-32 шляхом глибоких змін у силовій установці й крилі створено його модифікацію Ан-132Д зі збільшеною вантажопідйомністю 9,1 т, дальністю дії 1200 км і витратою палива 222 г/(т·км) при повному завантаженні.

На базі пасажирського літака Ан-148 шляхом глибоких змін і в геометрії крила, і в силовій установці створено модифікацію середнього ВТЛ Ан-178 з вантажопідйомністю 18 т і дальністю дії при максимальному завантаженні 1200 км, що забезпечує цій модифікації нішу використання, не зайняту конкурентами-аналогами.

Досягнення повної переваги Ан-188 базується на таких глибоких змінах:

- заміна в силовій установці ТВД Д27 на турбовентиляторний CFM LEAP-1A;
- використання дискретної геометричної крутки місцевих хорд крила, що забезпечило дальність дії цього літака до 3200 км при вантажопідйомності 47 т і суттєво підвищило його боєздатність у наслідок застосування турбовентиляторних двигунів.

Створені легкий (Ан-132Д), середній (Ан-178) і оперативно-тактичний (Ан-188) ВТЛ слід розглядати як систему військово-транспортних літаків, що доповнюють один одного і здатні забезпечити увесь комплекс військово-транспортних перевезень.

Для перевезення особового складу й вантажів масою 9 т використовують літак Ан-132Д з дальністю, збільшеною до 2580 км.

Середньомагістральний ВТЛ Ан-178 призначено для перевезення вантажів та особового складу загальною масою до 18 т і вантажопідйомності 10 т і паливній ефективності $Q_p=223\text{г}/(\text{т}\cdot\text{км})$ на відстань 4200 км.

Унікальна особливість літака Ан-178 – можливість перевезення всіх наявних у світі типів пакетованих вантажів (у контейнерах і на піддонах), включаючи великовантажні контейнери 1С (морські контейнери) з поперечними габаритами $2,44\times 1,44$ м, що робить його дуже ефективним транспортним засобом для логістичної підтримки як у комерційній експлуатації, так і у збройних силах, а також для застосування в умовах надзвичайних ситуацій. Як і всі "антоновські" літаки, військовий варіант Ан-178 наслідує такі необхідні для військово-транспортного літака якості, як можливість базування на малопідготовлених аеродромах, автономність, висока надійність і бойова живучість.

Оперативно-тактичний Ан-188 з його неперевершеними характеристиками за вантажопідйомністю й габаритами вантажної кабіни слід розглядати як одну зі складових повного комплексу ВТЛ, здатного вирішувати завдання не лише збройних сил, але й багато інших, пов'язаних з екологічними катастрофами.

Так, при перевезенні великогабаритних вантажів (що допустимо за параметрами салону) зі зменшеною масою вантажу ($m = 35$ т) ВТЛ Ан-188 зберігає дальність його перевезення до 4500 км при паливній ефективності $154\text{г}/(\text{т}\cdot\text{км})$. На цій же дальності середньомагістральний літак Ан-178 може взяти на борт близько 10 т вантажу й витрати палива $223\text{г}/(\text{т}\cdot\text{км})$.

Легкий ВТЛ Ан-132Д на таку відстань може перевезти близько 6 т вантажу при паливній ефективності $222\text{г}/(\text{т}\cdot\text{км})$.

Таким чином, літак Ан-132Д, Ан-178 і Ан-188 слід розглядати як систему ВТЛ нового покоління.

Висновки

У межах реалізації «Державної комплексної програми розвитку авіаційної промисловості України до 2020 року» колективом ГП «Антонов» створено військово-транспортні літаки нового покоління: легкий Ан-132Д, середній Ан-178 і оперативно-тактичний Ан-188.

Під час їх створення на етапі попереднього проектування використано моделі реалізації глибоких

модифікаційних змін у геометрії крила й силовій установці при заміні маршових двигунів.

На основі такої методології:

– на базі літака Ан-32 шляхом глибоких змін у силовій установці, тобто використанням двигунів PW150 і збільшенням маси палива в півтора рази, створено модифікацію легкого ВТЛ Ан-132Д з вантажопідйомністю, збільшеною до 9,1 т і дальністю, збільшеною до 1200 км, при повному завантаженні й з показником паливної ефективності $222\text{г}/(\text{т}\cdot\text{км})$, що вище, ніж базової моделі;

– на базі пасажирського літака Ан-148 шляхом глибоких змін і в геометрії крила, і в силовій установці створено модифікацію середнього ВТЛ Ан-178 з вантажопідйомністю 18 т і дальністю дії при максимальному завантаженні 1200 км, що забезпечує цій модифікації нішу використання, незайняту конкурентами-аналогами;

– досягнення повної переваги модифікації Ан-188 серед конкурентів-аналогів базується на таких глибоких змінах:

– заміна в силовій установці ТГД Д27 на турбовентиляторний CFM LEAP-1A;

– використання дискретної геометричної крутки місцевих хорд крила, що забезпечило дальність дії цього літака до 3200 км при вантажопідйомності 47 т і суттєво підвищило його боєздатність у наслідок застосування турбовентиляторних двигунів.

Порівняння цих ВТЛ з їх базовими моделями свідчить про те, що колектив ДП «Антонов» із честю реалізував частину «Державної комплексної програми розвитку авіаційної промисловості України до 2020 року» у напрямі розвитку військово-транспортної авіації в Україні.

Література

1. Кривов, Г. А. *Мировая авиация на рубеже XX–XXI столетий. Промышленность, рынки [Текст]* / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Л. Ф. Афанасьева. – К. : Вища шк., 2003. – 295 с.

2. *Державна комплексна програма розвитку авіаційної промисловості України до 2020 р. Затв. Постановою Кабінету Міністрів України № 1665-25 від 12.12.2001 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmi.gov.ua>. – 15.03.2015.*

3. Лось, А. В. *Экономическая необходимость создания модификаций отечественных военно-транспортных самолетов [Текст]* / А. В. Лось // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2019. – № 7 (159). – С. 6-11. DOI: 10.32620/akt.2019.7.01.

4. Лось, А. В. *Понятие коэффициента эллиптичности трапецевидного крыла и метод его оценки [Текст]* / А. В. Лось, В. И. Рябков // *Авиаци-*

онно-космическая техника и технология. – 2019. – № 4 (156). – С. 57-62. DOI: 10.32620/akt.2019.4.10.

5. Лось, А. В. Особенности оценки топливной эффективности модификаций самолетов с многодвигательными силовыми установками [Текст] / А. В. Лось // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии ; зб. наук. праць Нац. Аерокосм. Ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. Авіац. Ін-т». – 2019. – Вып. 86. – С. 117-126. DOI: 10.32620/oikit.2019.86.08.

6. An-132D Preliminary ground and flight tests first stage [Text]. Technical Act. № 132D.700.024.D3-117 ANTONOV COMPANY, Kiyv, 2017. – 72 p.

7. An-178 High level roadmap [Text]. ANTONOV COMPANY, Kiyv, 2016. – 57 p.

8. Ан-188. Средний военно-транспортный самолет укороченного взлета и посадки ГП «Антонов» [Текст]. – К., 2018. – 118 с.

References

1. Krivov, G. A. Matvienko, V. A., Afanasyev, L. F. *Mirovaya aviatsiya na rubezhe XX–XXI stoletij. Promy`shlennost`, ry`nki.* [World aviation at the turn of the XX–XXI centuries. Industry, markets]. Kiyv, Vishha shk. Publ., 2003. 295 p.

2. *Derzhavna kompleksna programa rozvyitku aviaciynoyi promyislovosti Ukrainiy do 2020 roku.* [Derzhavna comprehensive program for developing the aviation industry of Ukraine until 2020]. Shutter. To the new Cabinet of Ministers of Ukraine, no. 1665-25, 12.12.2001 p. Available at: <https://www.kmu.gov.ua> Accessed 15.03.2015).

3. Los`, A. V. *E`konomicheskaya neobxodimost` sozdaniya modifikacij otechestvenny`x voenno-transportnix samoletov.* [The economic need to create modifications of domestic military transport aircraft]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2019, no. 7 (159), pp. 6-11. DOI: 10.32620/akt.2019.7.01.

4. Los`, A. V., Ryabkov, V. I. *Ponyatie koe`fficienta e`lliptichnosti trapecievidnogo kry`la i metod ego ochenki* [The concept of the ellipticity coefficient of the trapezoidal wing and the method of its assessment]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2019, no. 4 (156), pp. 57-62. DOI: 10.32620/akt.2019.4.10.

5. Los`, A. V. *Osobennosti ochenki toplivnoj e`ffektivnosti modifikacij samoletov s mnog-odvigatel`ny`mi silovy`mi ustanovkami* [Features of evaluating the fuel efficiency of modifications of aircraft with multi-engine power plants]. *Otkry`ty`e informacionny`e i komp`yuterny`e integrirovanny`e texnologii – open information and computer integrated technologies*, 2019, no. 86, pp. 117-126. DOI: 10.32620/oikit.2019.86.08.

6. An-132D Preliminary ground and flight tests first stage. Technical Act. № 132D.700.024.D3-117 ANTONOV COMPANY, Kiev, 2017. 72 p.

7. An-178 High level roadmap. ANTONOV COMPANY, 2016, Kiev. 57 p.

8. *An-188 Srednij voenno-transportnyj samolet ukorochennogo vzleta I posadki.* [An-188 is a medium military-transport aircraft with a shortened takeoff and landing]. Kiev, GP «Antonov» Publ., 2018. 118 p.

Поступила в редакцию 10.04.2020, рассмотрена на редколлегии 15.08.2020

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВОЕННО-ТРАНСПОРТНЫХ САМОЛЕТОВ

А. В. Лось, В. И. Рябков

По признанию европейских специалистов, полную линейку военно-транспортных самолетов всех весовых категорий (легкие, средние и тяжелые) могут производить только США и Украина.

На момент создания «Государственной комплексной программы развития авиационной промышленности Украины до 2020 года» Украина имела:

- легкий транспортный самолет Ан-32 с грузоподъемностью 6,7 т и дальностью действия 2500 км;
- оперативно-тактический военно-пассажирский самолет (ВТС) с грузоподъемностью 30 т и дальностью действия при полной загрузке 4300 км;
- пассажирский региональный самолет Ан-148-100В с максимальной полезной нагрузкой 9,0 т и дальностью ее перевозки на 2600 км.

Усилиями всего коллектива ГП «Антонов» на базе этих самолетов спроектированы и изготовлены опытные образцы, частично прошли летные испытания такие их модификации, как Ан-132Д, Ан-178 и Ан-188, реализация которых базируется и на использовании новой «Методологии проектирования модификаций военно-транспортных самолетов с учетом глубоких изменений в крыле и силовой установке».

С учетом научных положений этой «Методологии...»:

- на базе самолета Ан-32 путем глубоких изменений в силовой установке, т.е. использованием двигателей PW150 и увеличением массы топлива в полтора раза, создана модификация легкого самолета ВТС Ан-132Д грузоподъемностью 9,1 т с дальностью увеличенной до 2400 км, и показателем топливной эффективности выше чем у базовой модели;
- на базе пассажирского самолета Ан-148 путем глубоких изменений и в геометрии крыла, и в силовой установке создана модификация среднего ВТС Ан-178 с грузоподъемностью 18 т и дальностью дей-

ствия при максимальной загрузке 1200 км, что обеспечивает этой модификации нишу, не занятую конкурентами;

- обеспечение полного превосходства модификации Ан-188 среди конкурентов-аналогов базируется также на глубоких изменениях: замена в силовой установке ТВД Д27 на турбовентиляторный CFMLEAP-1А; использование дискретной геометрической крутки местных хорд крыла, что обеспечило дальность действия этого самолета 3200 км при грузоподъемности 47 т и существенно повысило его боеспособностью вследствие применения турбовентиляторных двигателей.

Сравнительная оценка этих ВТС с их базовыми моделями свидетельствует о том, что коллектив ГП «Антонов» с честью реализовал часть «Государственной комплексной программы развития авиационной промышленности Украины до 2020 года» в части создания военно-транспортных самолетов нового поколения, конкурентноспособных по всем технико-экономическим параметрам.

Ключевые слова: военно-транспортные самолеты различного назначения; модификации; характеристики «груз – дальность»; конкурентоспособность.

NEW GENERATION OF DOMESTIC MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT

A. Los, V. Riabkov

According to European experts, only the USA and Ukraine can produce a full line of military transport aircraft of all weight categories (light, medium, and heavy).

At the time of the creation of the “State comprehensive program for the development of the aviation industry of Ukraine until 2020” Ukraine had:

- light transport aircraft An-32 with a carrying capacity of 6.7 tons and a range of 2500 km;
- operational and tactical military passenger aircraft (MPA) with a carrying capacity of 30 tons and a range with a full load of 4300 km;
- regional passenger aircraft An-148-100B (An-148-100V) with a maximum payload of 9.0 tons and a range of 2600 km.

Through the efforts of the entire Antonov Company team, prototypes have been designed, manufactured, and partly tested such modifications as An-132D, An-178, and An-188, the implementation of which is based on the use of the new “Methodology for Designing Military Transport Aircraft Modifications, Taking into Account Profound Changes in the Wing and in the Power Plant”.

Given the scientific provisions of this “Methodology ...”:

- based on the An-32 aircraft, a modification of the light aircraft MTA An-132D with a carrying capacity of 9.1 tons, with an increased range of up to 2400 km and with a fuel efficiency index higher than that of the base model, has been created through profound changes in the power plant, i.e. using PW150 engines and an increase in fuel mass by one and a half times;

- based on the An-148 passenger aircraft, by means of profound changes both in the wing geometry and in the power plant, a modification of the mid-range military transport An-178 aircraft has been created with a carrying capacity of 18 tons and a range with a maximum load of 1.200 km, which provides a niche to this modification not occupied by competitors;

- ensuring the complete superiority of the An-188 modification among analog competitors is also based on the profound changes: replacement the D27 turboprop engine for a turbofan CFM LEAP-1A in the power plant; the use of a discrete geometric twist of the local wing chords, which ensured the aircraft range of 3200 km with a payload of 47 tons and significantly increased its combat readiness due to the use of turbofan engines.

A comparative assessment of these military transport aircraft with their basic models shows that the team of the Antonov Company has honorably implemented the “State comprehensive program for the development of the aviation industry of Ukraine until 2020” in part of the creation of a new generation of military transport aircraft that is competitive in all technical and economic parameters.

Keywords: military transport aircraft for various purposes; modifications; “cargo-range” characteristics; competitiveness.

Лось Олександр Васильович – канд. техн. наук, Президент ДП «Антонов», Київ, Україна.

Рябков Віктор Іванович – д-р техн. наук, професор, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

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

Riabkov Viktor – D-r of Technical Sciences, Professor, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: v.riabkov@khai.edu, ORCID Author ID: 0000-0001-6512-052X.