

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЛЕГКОГО ВОЕННО-ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА АН-132Д

А. В. Лось

Государственное предприятие «Антонов»

ул. Академика Туполева, 1, г. Киев, 02000, Украина. E-mail: systems.an@ukr.net

Представлена реализация научных положений «Методологии проектирования модификаций военно-транспортных самолетов с учетом глубоких изменений в крыле и в силовой установке» применительно к созданию легкого военно-транспортного самолета (ВТС) Ан-132Д с увеличенными грузоподъемностью и дальностью действия. Достижение такого результата базируется на использовании при проектировании модификации моделей согласования, входящих в структуру предложенной «Методологии...». К таким моделям относятся: согласование стартовой массы модификации с потребными изменениями грузоподъемности и дальности действия легкого ВТС; определение удельного расхода топлива по удельным параметрам грузоподъемности и дальности действия на этапе проектирования модификаций. С учетом исходных параметров базовой модели Ан-32 и того факта, что крыло этого самолета идеально оптимизировано, т. е. не требуется его перекомпоновка, для достижения заявленных целей в модификации Ан-132Д использованы двигатели PW150, что обеспечило требуемое увеличение грузоподъемности и дальности действия этого легкого ВТС. Модификация Ан-132Д обладает и рядом других преимуществ: переменные обороты воздушного винта $n_{\text{вв}} = 850 \dots 1200$ об/мин; «тихое руление» при $n_{\text{вв}} = 850$ 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. Военно-транспортный самолет Ан-132Д реализован в полном соответствии с требованиями ОТ ВВС, самолет сохранил лучшие аэродинамические свойства базовой модели, а показатель «грузоподъемность – дальность действия», топливная эффективность и экологические показатели превышают показатели аналогов-конкурентов, что и обеспечивает востребованность этой модификации на рынке перевозки грузов военного назначения в классе легких ВТС.

Ключевые слова: легкий военно-транспортный самолет, модификация, замена маршевых двигателей, повышение грузоподъемности, дальности действия.

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДИФІКАЦІЙНИХ ЗМІН ПРИ СТВОРЕННІ ЛЕГКОГО ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА АН-132Д

О. В. Лось

Державне підприємство «Антонов»

вул. Академіка Туполева, 1, м. Київ, 02000, Україна. E-mail: systems.an@ukr.net

Подано реалізацію наукових положень «Методології проектування модифікацій військово-транспортних літаків з урахуванням глибоких змін у крилі і в силовій установці» під час створення легкого військово-транспортного літака (ВТЛ) Ан-132Д зі збільшеними вантажопідйомністю і дальністю дії. Досягнення такого результату базується на використанні при проектуванні модифікації моделей узгодження, що входять до структури запропонованої «Методології ...». До таких моделей належать: узгодження стартової маси модифікації з потрібними змінами вантажопідйомності й дальності дії легкого ВТЛ; визначення питомої витрати палива за питомою вантажопідйомністю і питомою дальністю дії на етапі проектування модифікацій. З огляду на вихідні параметри базової моделі Ан-32 і той факт, що крило цього літака є ідеально оптимізованим, тобто не потребується його перекомпоновання, для досягнення заявлених цілей у модифікації Ан-132Д використано двигуни PW150, що забезпечило необхідне збільшення вантажопідйомності й дальності дії легкого ВТЛ. Модифікація Ан-132Д має і кілька інших переваг: змінні оберти повітряного гвинта $n_{\text{вв}} = 850 \dots 1200$ об/хв.; «тихе рулювання» при $n_{\text{вв}} = 850$ об/хв у межах аеродрому; надзвичайний режим роботи маршового двигуна при відмові одного з двох не тільки при зльоті, але й, якщо необхідно, на маршруті; значно кращі екологічні показники щодо шкідливих викидів маршового двигуна й шуму на місцевості. Військово-транспортний літак Ан-132Д реалізовано в повній відповідності з вимогами ОТ ВПС, літак зберіг кращі аеродинамічні властивості базової моделі, а показник «вантажопідйомність – дальність дії», паливна ефективність та екологічні показники перевищують показники аналогів-конкурентів, що й забезпечує затребуваність цієї модифікації на ринку перевезення вантажів військового призначення в класі легких ВТЛ.

Ключові слова: легкий військово-транспортний літак, модифікація, заміна маршових двигунів, підвищення вантажопідйомності, дальності дії.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В нашей стране сложилась уникальная школа по созданию модификаций военно-транспортных самолетов различного назначения: легких, средних и тяжелых.

Все созданные легкие ВТС – Ан-26, Ан-30, Ан-32 и Ан-32Б – базируются на уникальном крыле

самолета Ан-26 с его геометрией, обеспечивающей отличные аэродинамические характеристики при взлете и посадке, а также в крейсерском режиме полета (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние изменения параметров силовой установки на основные характеристики модификаций легкого ВТС с двумя ТВД

№ п/п	Самолеты		
	Ан-26	Ан-32	Ан-32Б
1.	Двигатели: тип, $N_{взл}/N_{чр}$, э. л. с.		
	АИ-24РВ 2 820x2	АИ-20М 4 250x2	АИ-20Д, 5-й сер. 5 180x2
2.	ВВ, тип, $d_{вв}$, мах кол. Лоп.		
	АВ-72; 3,9x4	АВ-68ДМ; 4,7x4	
3.	Экипаж, чел		
	4		3
4.	$m_{взл}$, Т, Н = 0 и СА + 15°		
	23,4	25,3	27
Дальность, км	$m_r = 6,7$, т		
			800
	$m_r = 5,5$, т	440	700
	$m_r = 4,0$, т	1 200	1 450
	2 350	2 320	2 240
	Перегоночная при $m_r = 0$		
5.	$N_{крейс}$, э.л.с		
	1 650	2 750	
6.	C_e , кг/э.л.с. · час, СА		
	0,239		0,199
7.	$M_{крейс}$, $H_{крейс}$, $V_{крейс}$, мах		
	0,38/6000/433	532 км/ч	0,48, 8 000 м
8.	$L_{впп}$ для взлета, м		
	1 970	1 990	1 890
9.	$L_{впп}$ для посадки, м		
	2 070	2 320	2 220
10.	Взлетная тяга, $P_{вв}$, кгс		
	2 890	4 350	4 820
	Н = 0, t_n °С, – по пункту № 1		
	при V = 0	при V = 0	при V = 0

Как следует из приведенных данных, ради увеличения грузоподъемности модификаций Ан-32 и Ан-32Б располагаемая мощность силовой установки увеличена с 2820x2 л. с. до 5180x2 л. с. Это и привело к существенному повышению грузоподъемности при сохранении дальности действия [1, 2].

Указанные военно-транспортные самолеты широко используются и в Украине, и в других странах мира: Китае, Индии, Ираке. Однако их календарный ресурс уже заканчивается, и актуальным становится вопрос их замены для решения уже назревших проблемных вопросов:

– повышение грузоподъемности и, в особенности, дальности действия;

– повышение топливной эффективности путем замены маршевого двигателя (МД) на двигатель PW150 при единстве планера по внешним аэродинамическим обводам, за исключением МГ, которые для рассматриваемого МД меньше по миделю и поверхностям, омываемым набегающим потоком воздуха;

– переоборудование кабины экипажа с установкой современного БРЭО, использование новой электронной системы управления, диагностики и контроля, улучшение климатических характеристик по мощности;

– снижение шума, создаваемого ТВД.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Параметры новой перспективной модификации этих самолетов определены на основе научных положений новой «Методологии проектирования модификаций военно-транспортных самолетов с учетом глубоких изменений в крыле и в силовой установке» [3], когда стартовая масса модификации является зависимой от основных модификационных изменений:

$$m_o^M = f(m_r^M, L^M, S_{кр}^M(\eta_c, \bar{z}_{ни}, \bar{\epsilon}_i), P^M, L_p, L_{пр}, L_{впп}), (1)$$

т. е. стартовая масса определяется по условию весового баланса с учетом модификационных изменений для легких ВТС [1]:

$$m_o = \psi \frac{m_r + m_{об}(m_r, L)}{1 - [\bar{m}_k(m_o) + \bar{m}_{c,y}(m_o) + \bar{m}_T(m_o)]}, (2)$$

где ψ – количество двигателей; m_r , $m_{об}$, \bar{m}_k , $\bar{m}_{c,y}$ и \bar{m}_T – грузоподъемность, масса оборудования, масса силовой установки и масса топлива.

При этом характеристика «груз – дальность» оценивается системой уравнений

$$\begin{cases} m_r = m_o - m_{п.с} - m_T; \\ L = \frac{KV_{крейс}}{C_p} \ln \frac{1}{1 - \bar{m}_T}, \end{cases} (3)$$

которая является параметрической моделью такой характеристики и базой для определения грузоподъемности и дальности действия модификации.

При разработке модификации Ан-132Д на основе Ан-32Б особое внимание уделено увеличению дальности действия путем увеличения массы топлива \bar{m}_T в полтора раза.

При идеальной форме крыла базовой модели создать модификацию под новые требования можно только путем модификационных изменений в силовой установке, в том числе и путем замены маршевых двигателей.

Поскольку в предлагаемой модификации необходимо увеличить дальность перевозки грузов, одним из решающих параметров становится удельный расход двигателя.

Исходя из этого условия, а также обеспечения ресурса, оговоренного заказчиком, предпочтение отдано модификациям двигателя PW100.

Новейшие материалы, дизайн и передовые технологии управления двигателем позволили увели-

чить долговечность двигателей PW100 до 10 000 ч. Более 6000 двигателей PW100 (от PW118 до PW150), произведенных и введенных в эксплуатацию с 1984 года, накопили более 100 миллионов летных часов.

С учетом приведенных обстоятельств для модификации легкого ВТС Ан-132Д выбран двигатель PW150A.

Engine Model PW150A			Technical Characteristics			
Ratings	Maximum Take-off Power – 5 min.		Normal Take-off Power – 5 min.		Maximum Continuous Power	
Engine Model Ratings at Sea Level	Shaft Power (kW)	Jet Thrust (N)	Shaft Power (kW)	Jet Thrust (N)	Shaft Power (kW)	Jet Thrust (N)
PW150A	3781	3750	3415	3412	3781	3750

При реализации модификации Ан-132Д с учетом параметров двигателя PW150A и зависимостей (2), (3) особое внимание было уделено увеличению массы топлива \bar{m}_T почти в полтора раза.

При увеличенном значении \bar{m}_T и уменьшенной величине C_p на основе зависимостей (2), (3) получены основные параметры модификации Ан-132Д (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2 – Основные параметры легкого военно-транспортного самолета Ан-132Д

Основные летно-технические параметры	Численные значения
Взлетная масса, т	31,5
Максимальная грузоподъемность, т	9,2
Крейсерская скорость, км/ч	500...530
Потребная длина ВПП (МСА, Н = 0), м	1800
Мощность двигателей PW150A, л. с.	2x5180

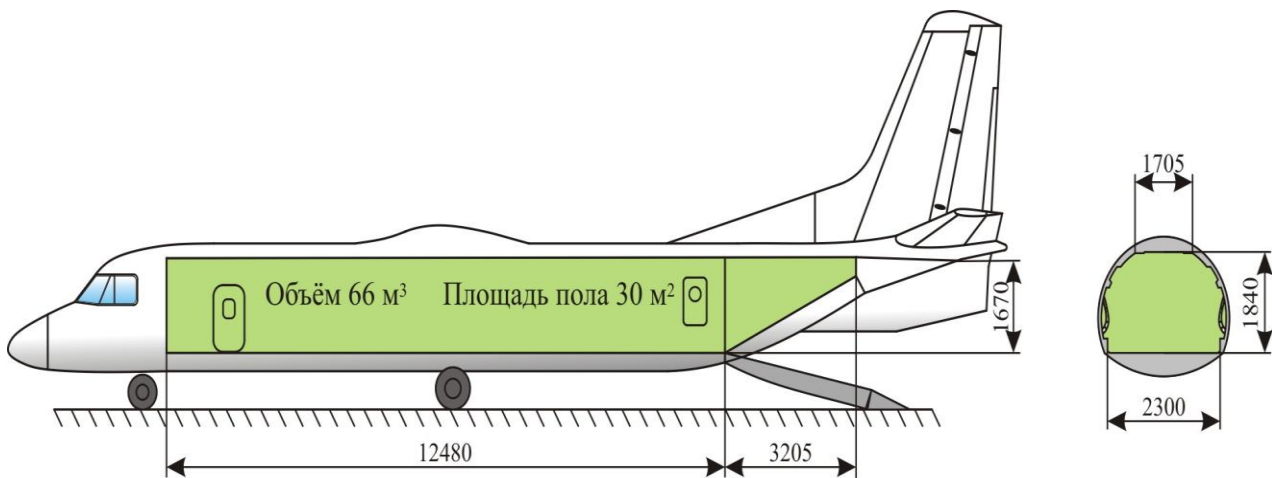


Рисунок 1 – Габариты грузовой кабины Ан-132Д

Топливная эффективность формировалась по показателю удельного расхода топлива при определении удельной грузоподъемности \bar{m}_T и удельной дальности \bar{L} на этапе проектирования:

$$\bar{q}_T = \frac{C_R}{KV} \int_L \frac{\bar{m}_T}{\bar{m}_T} \frac{1}{L} dL \quad (4)$$

Целенаправленное формирование этого параметра по удельным значениям \bar{m}_T , \bar{L} и \bar{m}_T позволило добиться для Ан-132Д значения 222 г/т·км, что выводит этот самолет в лидеры по топливной эффективности класса легких ВТС.

Используя параметры характеристики «груз – дальность», несложно произвести сравнительную оценку Ан-132Д по наиболее важным параметрам (табл. 3).

Таблиця 3 – Сравнительная оценка самолетов Ан-32, Ан-32Б и их модификации Ан-132Д

Параметры	Ан-32	Ан-32Б	Ан-132Д
Дальность, км	700	1350	1920
Крейсерская скорость, км/ч	532	532	520
Рейсовая производительность, т·км	3850	7425	10500
Заявленный ресурс, л. ч	35000	35000	50000
Стоимость самолето-часа, дол.	2100	2100	2050

Модификация Ан-132Д имеет и другие существенные преимущества по сравнению с базовыми легкими самолетами [4–8]:

- переменные обороты воздушного винта $n_{вв} = 850 \dots 1200$ 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, если необходимо, на маршруте;
- значительно лучшие экологические показатели по вредным выбросам маршевого двигателя и шуму на местности.

Таким образом, модификация Ан-132Д существенно расширяет область его применения как легкого ВТС.

ВЫВОДЫ. Представлена реализация новой «Методологии проектирования модификаций военно-транспортных самолетов с учетом глубоких изменений в крыле и в силовой установке» применительно к разработке ВТС Ан-132Д на базе самолета Ан-32Б.

Реализация осуществлена путем установки на новую модификацию двигателей типа PW150A с мощностью (2x5180) и увеличения запаса топлива на борту в 1,5 раза.

С учетом таких изменений разработаны новые модели оценки стартовой массы модификации, характеристик типа «груз – дальность» и определения удельного расхода топлива по удельной грузоподъемности, удельной дальности и удельному запасу топлива на борту модификации.

Использование таких моделей на этапе проектирования Ан-132Д обеспечило:

- увеличение дальности действия при максимальной грузоподъемности почти до 2000 км;
- топливная эффективность этой модификации составила 222 г/т·км, что выводит Ан-132Д в лидеры в классе легких ВТС.

Модификация Ан-132Д обладает и рядом других преимуществ:

- переменные обороты воздушного винта $n_{вв} = 850 \dots 1200$ 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, если необходимо, на маршруте;

- значительно лучшие экологические показатели по вредным выбросам маршевого двигателя и шуму на местности.

Военно-транспортный самолет Ан-132Д реализован в полном соответствии с требованиями ОТ ВВС, самолет сохранил лучшие аэродинамические свойства базовой модели, а показатель «грузоподъемность – дальность действия», топливная эффективность и экологические показатели превышают показатели аналогов-конкурентов, что и обеспечивает востребованность этой модификации на рынке перевозки грузов военного назначения в классе легких ВТС [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями: учеб. Пособие. П. В. Балабуев, С. А. Бычков, А. Г. Гребеников. Харьков: ХАИ, 2003. Ч. 2. 389 с.
2. Кривов Г. А. Производство пассажирских и транспортных самолетов в 1998–2000 г.г.: Аналитический обзор. Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, А. А. Щербак. Киев: Техника, 2001. 148 с.
3. Лось А. В. Экономическая необходимость создания модификаций отечественных военно-транспортных самолетов. *Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*. Харьков, 2019. Вып. 7/159. С. 6–11.
4. Иностранные авиационные двигатели: справ. ЦИАМ. общ. ред.: В. А. Скибин, В. И. Солонин. М.: Авиамир, 2005. Вып. 14. 592 с.
5. AN-132D Preliminary ground and flight tests first stage. Технический акт № 132D.700.024.Д3-117 ГП «Антонов», 2017. 72 с.
6. Press releases Alenia: <http://www.antonov.com/aircraft/passenger-aircraft/an>.
7. <http://www.avia.gov.ua/uploads/documents/10695.pdf>.
8. AN-178 High level roadmap. Publishing House of GP Antonov, 2016, pp. 57.

IMPLEMENTATION OF MODIFICATION CHANGES DURING CREATION LIGHT MILITARY TRANSPORT AIRPLANE AN-132D

A. Los

State Enterprise "Antonov"

vul. Academician Tupolev, 1, Kiev, 02000, Ukraine. E-mail: systems.an@ukr.net

Purpose. The implementation of the scientific provisions of the "Methodology for the design of military transport aircraft modifications taking into account profound changes in the wing and in the power plant" is presented in relation to the creation of the An-132D light military transport aircraft (MTA) with increased carrying capacity and range.

Methodology. Achieving this result is based on the use, when designing modifications, of matching models that are part of the structure of the proposed "Methodology ...". Such models include: coordination of the starting mass of the modification with the required changes in the carrying capacity and range of the light military-technical cooperation; determination of specific fuel consumption by specific parameters of carrying capacity and range at the design stage of modifications. Considering the initial parameters of the An-32 base model and the fact that the wing of this aircraft is ideally optimized, i. e. its re-arrangement is not required, PW150 engines were used to achieve the stated goals in the An-132D modification, which ensured the required increase in carrying capacity and range lung MTA. **Results.** The An-132D modification has several other advantages: variable revolutions of the propeller $n_{BB} = 850 \div 1200$ r/m; "silent taxiing" at $n_{BB} = 850$ r/m with in 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. **Originality.** The An-132D military transport aircraft was implemented in full compliance with the requirements of the Air Force, it retained the best aerodynamic properties of the base model, and the load-carrying capacity-range indicator, fuel efficiency and environmental performance exceed its competitor counterparts, which ensures this modification is in demand the market for the transportation of military goods in the light military vehicle class.

Key words: light military transport aircraft, modification, replacement of mid-flight engines, increased payload, range.

REFERENCES

1. Balabuev, P. V., Bychkov, S. A., Grebenikov, A. G. (2003), *Osnovy obshhego proektirovaniya samoletov s gazoturbinnymi dvigateljami* [Fundamentals of the general design of aircraft with gas turbine engines]. Tutorial: Kharkov, KhAI, part. 2. 389 p.
2. Krivov, G. A., Matvienko, V. A., Shherbak, A. A. (2001), *Proizvodstvo passazhirskih i transportnyh samoletov v 1998 – 2000 g. g.* [Production of passenger and transport aircraft in 1998 – 2000]. Analytical review, Kiev, Tehnika, 148 p.
3. Los', A. V. (2019), *Jekonomicheskaja neobhodimost' sozdaniya modifikacij otechestvennyh voenno-transportnyh samoletov* [The economic need for the creation of modifications of domestic military transport aircraft]. Kharkov, NAU "KhAI", Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. Vol. 7/159. Pp. 6–11.
4. *Inostrannye aviacionnye dvigateli* [Foreign aircraft engines]. CIAM reference book / general edition Skibin, V. A., Solonin, V. I., vol. 14, Moscow, «Aviamir». 2005. 592 p.
5. AN-132D Preliminary ground and flight tests first stage. Technical act no. 132D.700.024.D3-117 SE «Antonov», 2017. 72 p.
6. Press releases Alenia: <http://www.antonov.com/aircraft/passenger-aircraft/an>.
7. <http://www.avia.gov.ua/uploads/documents/10695.pdf>.
8. AN-178 High level roadmap. Publishing House of GP Antonov, 2016, pp. 57.

Стаття надійшла 28.12.2019.