

Канд. техн. наук А. В. Лось

## СОЗДАНИЕ МОДИФИКАЦИЙ – ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ВОЕННО-ТРАНСПОРТНЫХ САМОЛЕТОВ

Создание модификаций самолетов транспортной категории – весьма актуальное и широко распространенное явление в современном самолетостроении. Выделена отдельная группа военно-транспортных самолетов в связи со спецификой их предназначения:

– необходимость формирования характеристик «груз – дальность действия» для легких, средних, оперативно-тактических и стратегических военно-транспортных самолетов, поскольку именно по такой характеристике они позиционируются;

– специфические требования предъявляются к грузовой кабине военно-транспортных самолетов не только относительно ее геометрических размеров и полезного объема, но и относительно возможности одновременного размещения военной техники и людей, а также носилок с ранеными при их эвакуации из зоны военных действий;

– возможность воздушного десантирования военной техники и парашютистов, что требует специфических люков и средств поддержания весовой балансировки в полете;

– возможность базирования на малоподготовленных площадках с длиной полосы менее 800 м в режиме короткого взлета и посадки, особенно для оперативно-тактических военно-транспортных самолетов, что существенно расширяет их использование в зонах военных действий;

– возможность конвертации в самолет гражданского назначения: для доставки грузов в районы Крайнего Севера, тушения пожаров, эвакуации пострадавших из зон бедствия и т. п.

Показано, что создание модификаций дорогих военно-транспортных самолетов является основным направлением их развития. Все ведущие авиастроительные компании мира используют процедуру модификационных изменений как путь наиболее оперативного удовлетворения постоянно изменяющихся требований, предъявляемых к военно-транспортным самолетам. Наряду с традиционными методами проектирования модификаций отечественная школа предложила новую методологию определения необходимых параметров при глубоких модификационных изменениях в геометрии крыла и силовой установке. Методология базируется на использовании трех принципов:

– обеспечение роста грузоподъемности и требуемой дальности действия модификаций военно-транспортных самолетов различного назначения;

– геометрическая перекомпоновка крыла и системы несущих поверхностей «крыло + агрегаты хвостового оперения» по критерию минимума индуктивного сопротивления при равенстве подъемных сил и базового варианта;

– согласование модификационных изменений в крыле с необходимыми параметрами силовой установки как условие обеспечения требуемой топливной эффективности.

**Ключевые слова:** отличительные признаки модификации военно-транспортных самолетов, принципы проектирования модификаций военно-транспортных самолетов, геометрическая перекомпоновка крыла, замена маршевых двигателей.

Створення модифікацій літаків транспортної категорії – дуже актуальне та поширене явище у сучасному літакобудуванні. Виділено окрему групу військово-транспортних літаків у зв'язку зі специфікою їх призначення:

– необхідність формування характеристик «вантаж – дальність дії» для легких, середніх, оперативно-тактичних і стратегічних військово-транспортних літаків, оскільки саме за такою характеристикою їх позиціонують;

– специфічні вимоги ставлять до вантажної кабіни військово-транспортних літаків не лише щодо її геометричних розмірів і корисного об'єму, але й щодо можливості одночасного розміщення військової техніки і людей, а також носі з пораненими для їх евакуації із зони воєнних дій;

– можливість повітряного десантування військової техніки і парашутистів, що вимагає специфічних люків і засобів підтримання вагового балансування в польоті;

– можливість базування на малопідготовлених майданчиках з довжиною смуги менше 800 м у режимі короткого зльоту та посадки, особливо для оперативно-тактичних військово-транспортних літаків, що істотно розширює їх використання в зонах воєнних дій;

– можливість конвертації у літак цивільного призначення: для доставки вантажів у райони Крайньої Півночі, гасіння пожеж, евакуації постраждалих із зон лиха і т. ін.

Показано, що створення модифікацій дорогих військово-транспортних літаків є основним напрямком їх розвитку. Усі провідні авіабудівні компанії світу використовують процедуру модифікаційних

змін як шлях найоперативнішого задоволення постійно змінюваних вимог, що ставлять до військово-транспортних літаків. Поряд із традиційними методами проектування модифікацій вітчизняна школа запропонувала нову методологію визначення потрібних параметрів для глибоких модифікаційних змін у геометрії крила та силовій установці. Методологія базується на використанні трьох принципів:

- забезпечення зростання вантажопідйомності та потрібної дальності дії модифікацій військово-транспортних літаків різного призначення;
- геометричне перекомпонування крила і системи несучих поверхонь «крило + агрегати хвостового оперення» відповідно до критерію мінімуму індуктивного опору за рівності підйомних сил і базового варіанта;
- узгодження модифікаційних змін у крилі з необхідними параметрами силової установки як умова забезпечення потрібної паливної ефективності.

**Ключові слова:** відмітні ознаки модифікації військово-транспортних літаків, принципи проектування модифікацій військово-транспортних літаків, геометричне перекомпонування крила, заміна маршових двигунів.

*The process of creating modifications of aircraft in the transport category is a very relevant and widespread phenomenon in modern aircraft construction. A separate group of military transport aircraft has been distinguished in connection with the specific character of their mission:*

- *the need to formulate the characteristics “cargo – range” for light, medium, operational tactical and strategic military transport aircraft, since it is precisely according to this characteristic that they are positioned by their purpose;*
- *specific requirements are imposed on military transport aircraft cargo compartment not only with respect to its geometrical dimensions and usable volume, but also with respect to the possibility of simultaneous accommodation of military equipment and people, as well as the placement of a stretcher with the wounded during their evacuation from the war zone;*
- *the possibility of airborne landing of military equipment and paratroopers, which requires specific hatches and means of maintaining weight balance in flight;*
- *the possibility of basing on poorly prepared sites with a runway length of less than 800 m in the short take-off and landing (STL) mode, especially for operational tactical military-technical vehicles, which significantly expands their use in combat zones;*
- *the possibility of conversion into a civilian aircraft: for the delivery of goods to areas of the far north, when fighting fires, when evacuating victims from disaster zones, etc.*

*The article shows that creation of modifications of expensive military transport aircraft is the main direction of their development. All leading aircraft manufacturing companies in the world use modification procedures as the way to most quickly meet constantly changing requirements for military transport aircraft. Along with the traditional methods of designing the modifications, the domestic school proposed a new methodology for determining the necessary parameters for “deep” modifications in wing geometry and propulsion system. The methodology is based on the use of three principles:*

- *ensuring growth of carrying capacity and the required range of modifications of military transport aircraft of various purposes;*
- *geometric re-arrangement of wing and system of carrying surfaces “wing + tail units” according to the criterion of minimum inductive resistance when lifting forces are equal to basic version;*
- *coordination of modifications in wing with the required parameters of propulsion system as a condition for ensuring the required fuel efficiency.*

**Key words:** military transport aircraft, hallmarks of military transport aircraft modifications, principles of designing military transport aircraft modifications.

## Введение

Военно-транспортные самолеты (ВТС) являются составной частью самолетов транспортной категории, поэтому многие требования, предъявляемые к ним (аэродинамические, прочностные, экологические и

др.), распространяются на методы, критерии и модели создания ВТС.

Выделение ВТС в отдельную подгруппу (рис. 1) связано со спецификой их предназначения, что и предопределяет их особенности.

Таблица 1

## Основные летно-технические характеристики тяжелых транспортных самолетов-конкурентов

Характеристики	C-5M Galaxy	C-17 GIII	747-400F	747-400TRF	747-8F
Размах крыльев, м	67,89	51,75	64,4	64,4	68,5
Длина самолета, м	75,3	53	70,6	70,6	76,4
Высота самолета	19,84	16,79	19,4	19,4	19,5
Экипаж, чел.	7	3	2	2	
Взлетная масса, т	348,8-381	265,3	396,9	412,7	439,9
Максимальная целевая нагрузка, т	122,4	77,5	112,6	112,7	148
Дальность полета при максимальной нагрузке, км	11711	–	8230	9200	8275
Скорость полета, км/ч	833,5	834,3	901	901	901
Высота полета, м	10400	13716	10675	10675	10675
Силовая установка	General Electric TF-39	Pratt & Whitney F117-PW-100	Pratt & Whitney PW4062	Pratt & Whitney PW4062	GEHx-2B67
Турбовинтовые двигатели	4	4	4×281,57	4×281,57	4

Характеристики тяжелых транспортных самолетов приведены в табл. 1.

На Государственном предприятии «Антонов» сложилась своя уникальная школа создания ВТС различных весовых категорий:

легких (Ан-26, -32), средних (Ан-12, -70), тяжелых (Ан-22, -124) и их модификаций.

Модификационные изменения, характерные для отечественной школы, хорошо просматриваются на примере легких ВТС (табл. 2).

Таблица 2

## Модификационные изменения в легких ВТС Ан-26, -30, -32

Некоторые параметры	Модификации		
	Ан-26	Ан-30	Ан-32
Макс. взлетная масса, кг	24000	23000	27000
Площадь крыла, м <sup>2</sup>	74,98	74,98	74,98
Удельная нагрузка на крыло	320	306,7	360
Максимальная платная нагрузка, кг	5500	–	6700
Тяга разбега, м	2×2820 лс	2×2820 лс	2×5180 лс
Длина разбега, м	870	770	880
Длина пробега, м	650	525	505

Характерная особенность приведенных изменений – неизменная площадь крыла и замена маршевых двигателей, что и обеспечивает выполнение требований заказчика к грузоподъемности и дальности действия.

**Востребованность ВТС на рынках авиационной техники**

Рынки военно-транспортной авиатехники делятся на регулярные и ситуационные.

Регулярные закупки осуществляются в целях плановой замены морально или физически устаревшей техники (рис. 1). Выбор поставщика зачастую происходит на основе не технических, а политических и экономических факторов, в том числе на основе способности экспортера гарантировать долгую и безопасную эксплуатацию приобретенного самолета. Чем меньше реальная угроза войны для импортера, тем большее значение для него имеют многочисленные политические и экономические

факторы (передача технологий, качество послепродажного обслуживания и т. п.). На рынке регулярных закупок к преимуществам тендерных заявок относят не цену, а качество техники. Например, цены на самолет C-27J выше, чем на самолеты семейства Ан-32, но возможности компании Alenia (офсетные предложения, услуги послепродажного обслуживания) на ряде рынков являются определяющими – встречные предложения могут достигать 100 % стоимости контракта (рис. 2).

Ситуационные закупки на рынках второго типа осуществляются в состоянии вооруженного конфликта или же при существовании реальной угрозы его возникновения. Здесь прежде всего имеет значение возможность экспортера осуществить поставку в сжатые сроки. В подобных ситуациях закупается относительно простая, часто подержанная авиатехника. Ресурс и стоимость эксплуатационных расходов

не имеют такого значения, как на регулярном рынке. Ключевыми факторами являются летно-технические характеристики (ЛТХ) и возможность быстрого и эффективного освоения этой техники импортером.

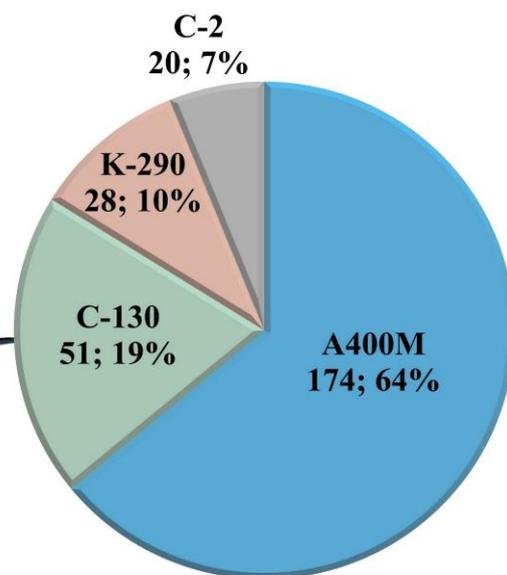
На этих рынках Украина не имеет конкурентных преимуществ: нет возможности поставлять самолеты военно-транспортной авиации в сжатые сроки.

Анализ рынков показывает, что отечественная авиационная промышленность имеет хорошо зарекомендовавшие себя базовые самолеты (Ан-32, -70, -124), на основе которых могут быть созданы их модификации, отвечающие всем техническим требованиям и жестким условиям рынков самолетов и авиаперевозок.

- ◆ Легкие ВТС (43%) CN-234, C-295, DHC-5, G222 и C-27J, C-1 находятся на вооружении 67 стран



- ◆ Средние ВТС C-130, A400M, C-160, Y-8/Y-9, C-2 (1244 ВС – 39% парка) находятся на вооружении 68 стран



- ◆ Тяжелые и сверхтяжелые ВТС (18%) Ил-76, C-17, C-5 – на вооружении 12 стран

Рис. 1. Мировой парк ВТС различных весовых категорий

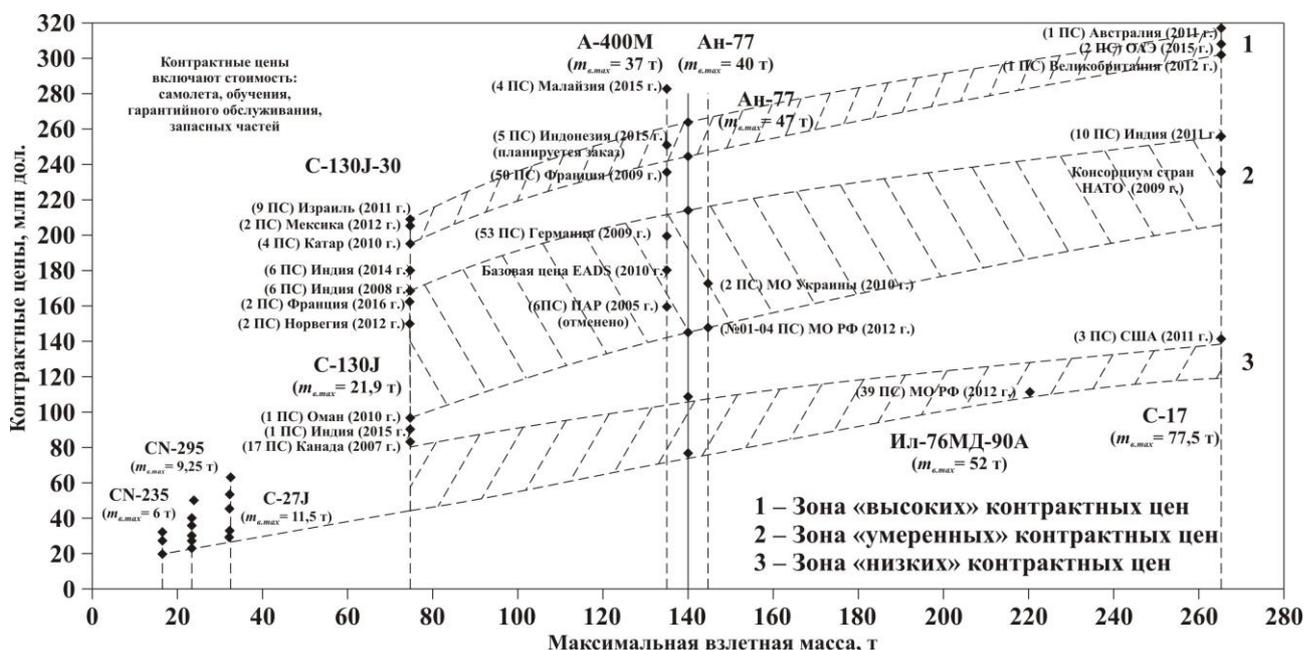


Рис. 2. Ценовые коридоры ВТС различного назначения

### **Современные методы создания модификаций и их реализация в военно-транспортных самолетах**

В процедуре создания модификаций, как в науке, существуют два признанных метода – модульный метод и метод резервирования.

Метод модульного проектирования заключается в одновременной разработке семейства самолетов с одинаковыми значениями многих из основных параметров и на основе применения общих решений в области аэродинамики, компоновки, систем оборудования и управления, конструкций и технологии.

Семейство самолетов при таком проектировании как бы образуется на основе унифицированных частей конструкции из взаимозаменяемых агрегатов и систем, выполняющих аналогичные функции. Не унифицируются только те части конструкции, которые и отличают каждую модификацию от базового самолета.

Путем модификаций достигается или создание ряда самолетов (т. е. совокупности самолетов с различными характеристиками) или улучшение характеристик базового самолета с ростом, как правило, производительности. Описываемый метод позволяет использовать наибольшее число элементов конструкции и систем оборудования при разработке семейства модификации и, следовательно, создавать многообразие самолетов с различными характеристиками, но с однотипной конструкцией и едиными системами.

Преимущества семейства модификаций на основе единого базового самолета даже при частичных весовых и иных издержках весьма значительны и при изготовлении, и при эксплуатации. Они достигаются снижением затрат на проектирование, испытание, серийное производство и обслуживание, а также сокращением производственно-технических и научно-экспериментальных ресурсов благодаря общности большей части чертежей, определенной части расчетов и результатов проверок, статических, повторных и летных испытаний. На производстве сохраняется большая часть оснастки (стапели, стыковочные шаблоны, шаб-

лоны разжгутовки и др.), стоимость которой значительна даже в сравнении с высокой стоимостью современных самолетов.

Преимущество данного метода – сохранение всей внутренней компоновки, кабины экипажа, разводки всех проводок и увязки оборудования; в основном сохраняются системы управления, все принципиальные схемы систем самолета, а иногда и силовая установка. При этих условиях затраты на разработку составляют небольшую часть полной стоимости разработки базового самолета. Сохраняется в основном и производственная оснастка. Это позволяет изготовить агрегаты для различных модификаций самолета в одном производственном потоке. Улучшаются и условия эксплуатации: сокращается номенклатура запасных частей, инструмента, агрегатов и наземного оборудования, что снижает эксплуатационные расходы.

Недостатком метода модульного проектирования является возможная неоптимальность аэродинамических и весовых характеристик модификаций, приводящая к некоторому увеличению себестоимости перевозок.

В качестве другого научного подхода следует признать метод проектирования модификаций на основе резервирования.

Этот метод заключается в выборе некоторых параметров самолета с заранее определенным технически и экономически целесообразным завышением в целях создания потенциала для осуществления модификационных изменений.

Разработка модификаций на основе такого метода таит в себе определенное противоречие: с одной стороны, планируемые резервы утяжеляют конструкцию и тем препятствуют достижению максимальной эффективности, с другой – их отсутствие усложняет решение задачи модификации базового самолета. Известно, что одно ценное качество самолета обычно достигается за счет частичного ущемления другого: нельзя создать самолет, емкий для модификаций и одновременно обладающий максимальной эффективностью.

Резервирование осуществляется, как правило, по следующим параметрам: тяга двигателей, длина и объем фюзеляжа, высота стоек основного шасси, емкость топливной системы и площадь крыла.

Вопрос резервирования, особенно в количественном представлении, весьма сложен, поскольку связан с основными требованиями, обеспечивающими длительную летную жизнь самолета и серийность его производства. Нетрудно себе представить, сколь противоречив путь обеспечения таких резервов в оптимальном самолете.

Следовательно, процесс модификаций, основанный на методе резервирования, состоит в поисках компромиссных решений и определении минимальных, экономически целесообразных весовых потерь ради создания резервов.

На основе модульного метода и метода резервирования создан ряд модификаций военно-транспортных самолетов фирмами США и России, а также европейским консорциумом Airbus (таблица). Характерной чертой таких модификаций является изменение не только параметров фюзеляжа, но и крыла, силовой установки, что согласно классификации относится к глубоким модификационным изменениям, метод реализации которых в научном понимании еще не разработан.

Отечественное самолетостроение создало базовые ВТС различного назначения: легкие – Ан-26, -32, -32Б, средние – Ан-12 и -70, тяжелые – Ан-22 и -124, – эксплуатация которых выявила все положительные свойства и недостатки. Процесс их развития состоит в создании на их основе модификаций, отвечающих современным требованиям и условиям заказчика.

Процесс реализации таких изменений должен базироваться на достижениях научно-технического прогресса на момент ввода модификации в эксплуатацию, а также на весь календарный ее ресурс, учитывая тенденции в развитии маршевых двигателей и особенности применения ВТС различного назначения.

Этим объясняется необходимость в постоянном совершенствовании методов и моделей формирования на этапе предварительного проектирования модификаций.

С учетом таких обстоятельств осуществлено следующее:

– предложена новая методология формирования основных параметров модифи-

кации при глубоких изменениях в геометрии крыла и силовой установке;

– разработан метод геометрической переконфигурации системы несущих поверхностей «крыло + агрегаты хвостового оперения» на основе впервые введенного понятия коэффициента эллиптичности трапециевидного крыла;

– сформированы основы согласования глубоких модификационных изменений в крыле и силовой установке с учетом показателя топливной эффективности модификации;

– представлена реализация научных основ такой методологии при создании:

- отечественного легкого ВТС Ан-132Д;
- среднего ВТС Ан-178 на базе пассажирского самолета Ан-148;
- среднего оперативно-тактического самолета Ан-188.

## **Выводы**

Показано, что создание модификаций дорогих военно-транспортных самолетов является основным направлением их развития. Все ведущие авиастроительные компании мира используют процедуру модификационных изменений как путь наиболее оперативного удовлетворения постоянно изменяющихся требований, предъявляемых к ВТС.

Наряду с традиционными методами проектирования модификаций отечественная школа предложила новую методологию определения необходимых параметров при глубоких модификационных изменениях в геометрии крыла и силовой установке.

Методология базируется на использовании трех принципов:

– обеспечение роста грузоподъемности и требуемой дальности действия модификаций ВТС различного назначения;

– геометрическая переконфигурация крыла и системы несущих поверхностей «крыло + агрегаты хвостового оперения» по критерию минимума индуктивного сопротивления при равенстве подъемных сил с базовым вариантом;

– согласование модификационных изменений в крыле с потребными параметрами

силовой установки как условие обеспечения требуемой топливной эффективности.

Реализация этих принципов с помощью новых методов и моделей позволила обеспечить в модификациях отечественных ВТС Ан-132Д, -178 и -188 топливную эффективность, которая существенно выше, чем в их базовых моделях.

#### **Список использованных источников**

1. Кривов Г. А. *Мировая авиация на рубеже XX – XXI столетий. Промышленность, рынки.* Киев, 2003. 295 с.

2. Андриенко Ю. Г. *Метод формирования совокупности технико-экономических характеристик в процедуре выбора проектных решений при разработке транспортных самолетов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии:*

*сб. науч. тр. НАУ им. Н. Е. Жуковского «ХАИ».* Харьков, 2002. Вып. 12. С. 125–138.

3. Шейнин В. М. *Роль модификаций в развитии авиационной техники.* 1983. 226 с.

4. Бабенко Ю. В. *Методика стоимостной оценки модификаций ближнемагистральных пассажирских самолетов. Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. НАУ им. Н. Е. Жуковского «ХАИ».* Харьков, 2015. Вып. 7(126). С. 145–149.

5. Лось А. В. *Понятие коэффициента эллиптичности трапецевидного крыла и метод его оценки. Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. НАУ им. Н. Е. Жуковского «ХАИ».* Харьков, 2019. Вып. 9. С. 9–15.

Статья поступила 04.12.2019