

УДК 629.73.017.2

О.Б. Анипко, И.Б. Ковтонюк

*Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков***СТАТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ РАЦИОНАЛЬНОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ ОРГАНОВ ПОПЕРЕЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ**

Рассмотрен ряд реализованных проектов пассажирских самолетов, для которых определены значения показателя рациональности аэродинамической компоновки органов управления креном U . Установлены диапазоны изменения показателя U для различных групп пассажирских самолетов.

Ключевые слова: аэродинамическая компоновка, органы управления креном, пассажирские самолеты.

Введение

Разработка и модернизация летательных аппаратов (ЛА) требует решения задачи обеспечения приемлемых характеристик их устойчивости и управляемости. Устойчивость и управляемость относятся к основным характеристикам летательного аппарата, от которых во многом зависят безопасность полетов, точность и простота пилотирования и возможность реализации в полете летно-технических характеристик ЛА. Требования к характеристикам устойчивости и управляемости меняются с очень высокой скоростью, что связано с ускорением научно-технического прогресса и внедрением его результатов в объекты авиационной техники (АТ).

Для пассажирских самолетов характеристики устойчивости и управляемости определяют комфортность полета, работу автопилота, возможность маневрирования на взлетно-посадочных режимах (заход на посадку и снижение над промышленной зоной, в межгорье и т.д.) и в целом безопасность полета. Поэтому разработка при проектировании пассажирских самолетов рациональной аэродинамической компоновки органов управления является актуальной.

В предыдущих работах авторами разработан статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета U [1]:

$$U = \frac{S_p L_p G}{S_{кр} L S_{кр} \eta}, \quad (1)$$

где $S_{кр}$ – площадь крыла; S_p – площадь руля поперечного управления ЛА; L – размах крыла; L_p – расстояние вдоль размаха крыла от середины средней аэродинамической хорды (САХ) руля до продольной оси самолета; G – вес самолета; η – сужение крыла.

В работе [2] проведен анализ значений показателя U для различных типов истребителей.

Целью данной статьи является определение и анализ значений статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления U для различных типов пассажирских самолетов.

Результаты исследований

В настоящее время необходима разработка эффективных методов проектирования ЛА, особенно на ранних стадиях, когда закладываются концептуальные принципы, направленные на достижение приоритетов, обусловленных применением объектов АТ. Эти методы должны базироваться на простых укрупненных соотношениях, позволяющих определять непротиворечивые параметры конструктивно-компоновочных решений.

Для повышения эффективности этапа концептуального проектирования на этом этапе необходима отработка аэродинамической компоновки органов управления креном, которая реализуется в процессе синтеза. Концептуальные проработки органов поперечного управления могут опираться на различного рода моделирование. Однако, до проведения моделирования необходим этап предварительных вариантных проработок, который основывается на использовании укрупненных соотношений для определения параметров органов управления креном. Укрупненные соотношения должны позволять определять непротиворечивые геометрические и аэродинамические характеристики органов поперечного управления.

На этапе предварительных многовариантных проработок должно быть рассмотрено достаточное количество альтернативных вариантов органов управления креном, проведен их анализ и оценка с целью выбора рационального варианта.

На последующих этапах происходит уточнение полученных аэродинамических характеристик путем математического моделирования и проведения трубного эксперимента

В работах [3, 4] авторами разработан подход к синтезу аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета. Логико-структурная схема предлагаемого подхода среди прочих этапов включает в себя этап определения рациональных параметров и характеристик органов поперечного управления по критерию качества и этап выбора рациональных органов поперечного управления ЛА.

При обработке этих этапов для пассажирских ЛА в качестве критерия возможно использование статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета U . Для подтверждения этого предположения необходимо провести анализ статистических данных пассажирских самолетов и установить чувствительность данного показателя к особенностям их аэродинамической компоновки и типу силовой установки.

Выполнен ретроспективный анализ ряда реализованных ранее проектов пассажирских самолетов, эксплуатирующихся на авиалиниях различных стран мира, имеющих различную аэродинамическую компоновку и оснащенных различными силовыми установками [5]. Для каждого самолета, который рассматривался, определялись параметры, входящие в выражение для статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета U и вычислялось значение самого показателя. Полученные параметры и характеристики приведены в табл. 1. Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что величина показателя U для групп пассажирских самолетов, имеющих различную аэродинамическую компоновку и оснащенных различными типами силовых установок, находится в определенном ограниченном диапазоне значений. Исходя из значения статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета, можно выделить три основные группы пассажирских самолетов.

Первая группа – это пассажирские самолеты, выполненные по нормальной аэродинамической схеме и оснащенные турбореактивными двигателями (ТРД) или двухконтурными турбореактивными двигателями (ТРДД). В эту группу входят самолеты Боинг 707-120, Бак (Виккерс) VC-10, Мак Доннелл-Дуглас DC 10-10, Фоккер-VFW F-28-1000, Локхид L-1011-1 и другие. Величина показателя U для этой группы находится в пределах $U = 10...41,2 \text{ Н/м}^2$.

Ко второй группе относятся самолеты, выполненные по нормальной аэродинамической схеме и имеющие турбовинтовые двигатели (ТВД): Бристоль-175, Канадер CL-44, Локхид L-100-20-30, Уитворд-Глостер AW-650 Аргосп, Локхид L-188А Электра и другие. Для этой группы величина показателя U заключена в диапазоне $U = 12,36...47,87 \text{ Н/м}^2$.

Третью группу составляют пассажирские самолеты, выполненные по нормальной аэродинамической схеме с установленными поршневыми двигателями (ПД): Дуглас DC-3С, Дехевилленд AS-57 Амбассадор, Бристоль 170, Хендли Пейдж HP81, Гермес 4А и другие. Показатель U для этой группы находится в пределах $U = 12,95...16,68 \text{ Н/м}^2$.

Таким образом, статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета U чувствителен к типу силовой установки и особенностям аэродинами-

ческой компоновки пассажирских самолетов и может быть использован для оценки аэродинамической компоновки при проведении многовариантных проработок разрабатываемых и модернизируемых пассажирских самолетов. Применение показателя U при синтезе аэродинамических характеристик органов поперечного управления пассажирских самолетов позволит оценить влияние принимаемых на ранних стадиях проектирования конструктивно-компоновочных решений на эффективность управления самолетом по крену.

Установленные диапазоны и соответствующие им конструктивно-компоновочные решения могут быть использованы и для решения обратной задачи, когда задан тип силовой установки и аэродинамическая схема пассажирского самолета, его взлетная масса, площадь крыла $S_{кр}$, а требуется определить рациональные значения площади руля поперечного управления ЛА S_p и расстояния вдоль размаха крыла от середины средней аэродинамической хорды руля до продольной оси самолета L_p .

Решение этой задачи необходимо на этапе параметрического согласования технического проекта при анализе конструктивно-компоновочных схем пассажирских самолетов и определении основных проектных параметров планера и органов поперечного управления ЛА.

Выводы

Таким образом, выявлены диапазоны изменения статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления для различных групп пассажирских самолетов.

При проведении экспресс-анализа вариантов аэродинамических компоновок органов управления пассажирского самолета по крену на этапе концептуального проектирования применение данного показателя позволяет из всей массы альтернативных вариантов выбрать рациональный вариант, обеспечивающий необходимую аэродинамическую эффективность поперечного руля. Выбор рационального варианта аэродинамической компоновки органов поперечного управления пассажирского самолета на этапе предэскизных концептуальных проработок обеспечивает значительное уменьшение изменений, вносимых в проект на последующих стадиях разработки, его стоимости и затрачиваемого времени.

Перспектива дальнейших исследований в данном направлении состоит в установлении, исходя из значения показателя U , подгрупп пассажирских самолетов, входящих в рассмотренные основные группы, а также соответствующих им поддиапазонов статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета. Это позволит более детально учесть особенности аэродинамической компоновки и силовой установки пассажирских самолетов при выборе рациональных органов поперечного управления.

Таблиця 1

Значения статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления для различных типов пассажирских самолетов

| № п/п | Самолет | Количество и тип силовой установки | Максимальная взлетная масса, кг | Площадь крыла, м ² | Угол стреловидности | Размах крыла, м | Сужение крыла | Показатель U |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------|
| 1. | Боинг 707-120 | 4 ТРД | 116 575 | 226 | 35° | 39,88 | 3,0 | 34 |
| 2. | Боинг 707-220 | 4 ТРД | 112 040 | 226 | 35° | 39,88 | 3,9 | 32,6 |
| 3. | Боинг 707-320 | 4 ТРД | 141 523 | 275 | 35° | 43,41 | 3,2 | 27,6 |
| 4. | Боинг 707-720 | 4 ТРД | 103 874 | 226 | 35° | 39,88 | 3,0 | 34 |
| 5. | Боинг 727-200 | 3 ТРДД | 76 658 | 153,3 | 32° | 32,92 | 2,91 | 24,5 |
| 6. | Боинг 747-100В | 4 ТРДД | 322 050 | 511 | 37,5° | 59,66 | 3,22 | 33 |
| 7. | Боинг 747 SP | 4 ТРДД | 299 380 | 511 | 37,5 | 59,64 | 3,22 | 29,7 |
| 8. | Бристоль 170 | 2 ПД | 19 958 | 138,1 | ≈ 0° | 32,92 | 1,77 | 14,2 |
| 9. | Бристоль 175 | 4 ТВД | 70 310 | 192,8 | ≈ 0° | 43,36 | 3,43 | 29,7 |
| 10. | Виккерс, Виконт 701 | 4 ТВД | 27 896 | 89,5 | ≈ 0° | 28,55 | 3,64 | 17,7 |
| 11. | БАК (Виккерс) VC-10 | 4 ТРДД | 141 520 | 272,4 | 32°5' | 44,55 | 3,19 | 32,3 |
| 12. | БАК Ш-500 | 2 ТРДД | 45 200 | 95,58 | 20° | 28,5 | 3,17 | 35,4 |
| 13. | Дехевиленд, AS-57, Амбассадор | 2 ПД | 24 950 | 111,5 | 0° | 35,05 | 3,47 | 17 |
| 14. | Дехевиленд 106, Комета 4 | 4 ТРД | 73 480 | 197 | 22° | 34,96 | 4,23 | 10,2 |
| 15. | ДНС-7, Дэш | 4 ТВД | 19 730 | 79,9 | 0° | 28,35 | 2,36 | 12,6 |
| 16. | Дуглас ДС -3С | 2 ПД | 11 430 | 91,7 | 11° | 28,96 | 3,28 | 13,2 |
| 17. | Мак -Доннел-Дуглас ДС 10-10 | 3 ТРДД | 206 400 | 330 | 35° | 47,34 | 3,32 | 42 |
| 18. | Канадер CL-44 | 4 ТВД | 95 255 | 192,8 | ≈ 0° | 43,36 | 3,43 | 39,2 |
| 19. | Локхид L-188А Электра | 4 ТВД | 52 620 | 120,8 | ≈ 0° | 30,18 | 2,5 | 48,8 |
| 20. | Локхид L-100-20-30 | 4 ТВД | 70 310 | 162,1 | ≈ 0° | 40,41 | 2,37 | 46,8 |
| 21. | Локхид L-1011-1 | 3 ТРДД | 195 050 | 321 | 35° | 47,34 | 3,35 | 37,2 |
| 22. | Уитворд-Глостер AW-650, Аргосп | 4 ТВД | 39 917 | 135,4 | 0° | 35,05 | 2,39 | 30,4 |
| 23. | Фоннер-VFW, F-28-1000, -2000, -6000 | 2 ТРДД | 29 480 | 76,4 | 16° | 23,58 | 2,66 | 21,5 |
| 24. | Хендли Пейдж HP81, Гермес 4А | 4 ПД | 39 010 | 130,9 | 0° | 34,44 | 2,76 | 54,9 |

Список литературы

1. Ковтонюк И.Б. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета / И.Б. Ковтонюк // *Интегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал.* – 2011. – № 1. – С. 32–34.

2. Ковтонюк И.Б. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов управления истребителя для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на эффективность поперечного управления / И.Б. Ковтонюк, О.Б. Анипко, Я.И. Ковтонюк, Е.Ю. Иленко // *Интегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал.* – 2011. – №2. – С. 135–138.

3. Анипко О.Б. Обоснование требований к характеристикам маневренности, устойчивости и управля-

мости истребителей при перехвате малоскоростных целей / О.Б. Анипко, И.Б. Ковтонюк // *Интегровані технології та енергозбереження.* – 2010. – №3. – С. 36–43.

4. Ковтонюк И. Б. Рациональный синтез аэродинамической компоновки органов управления креном маневренного самолета / И. Б. Ковтонюк // *Интегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал.* 2012. – № 1. – С. 32–34.

5. Статистические данные зарубежных пассажирских самолетов (по данным иностранной печати) // *Обзор ЦАГИ № 601.* – 1981. – 240 с.

Поступила в редколлегию 7.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук с.н.с. В.В. Логинов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

СТАТИЧНИЙ ПОКАЗНИК РАЦІОНАЛЬНОСТІ АЕРОДИНАМІЧНОГО КОМПОНУВАННЯ ОРГАНІВ ПОПЕРЕЧНОГО КЕРУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ЛІТАКІВ

О.Б. Аніпко, І.Б. Ковтонюк

Розглянута низка реалізованих проектів пасажирських літаків, для яких визначені значення показника раціональності аеродинамічного компонування органів керування креном U. Встановлені діапазони зміни показника U для різних груп пасажирських літаків.

Ключові слова: аеродинамічне компонування, органи керування креном, пасажирські літаки.

STATIC INDEX OF RATIONALITY OF AERODYNAMIC ARRANGEMENT OF LATERAL CONTROLS OF PASSENGER AIRPLANE

O.B. Anipko, I.B. Kovtonyuk

The row of the realized projects of passenger airplanes which the values of index of rationality of aerodynamic arrangement of the heel management organs of U are certain for is considered. The turn-downs of index of U for the different groups of passenger airplanes are set.

Keywords: aerodynamic arrangement, heel management organs, passenger airplanes.