

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

УДК 629.7.001

Анипко О.Б., Ковтонюк И.Б.

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ МАНЕВРЕННОСТИ, УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕХВАТЕ МАЛОСКОРОСТНЫХ ЦЕЛЕЙ

На протяжении последних двух десятилетий наблюдается стойкая тенденция ко все более широкому использованию беспилотных авиационных комплексов (БпАК) во время войн и вооруженных конфликтов [1]. БпАК постепенно становятся альтернативой пилотируемым комплексам, которые имеют аналогичное назначение.

Активное использование БпАК во время боевых действий вызывает необходимость организации и ведения противодействия им. Основными способами противодействия БпАК являются уничтожение беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) зенитными средствами и истребительной авиацией, а также радиоэлектронное подавление бортовой радиоэлектронной аппаратуры.

С учетом расширяющихся масштабов использования БпАК объем боевых задач по противодействию им истребителями будет увеличиваться. Увеличение объема этих задач в перспективе также будет вызвано необходимостью борьбы с истребительными БпЛА противника, которые будут входить в структуру смешанных сил тактической авиации и использоваться совместно с пилотируемыми ЛА.

Особенностями БпЛА как воздушных целей являются малая оптическая, радиолокационная, инфракрасная и акустическая заметность. Большинство БпЛА имеют крейсерскую скорость в диапазоне 140...170 км/час и поэтому относятся к малоскоростным целям. В тоже время эволютивная скорость полета истребителей составляет 300...400 км/час. Такое соотношение скоростей требует, при перехвате БпЛА, маневрирования истребителя на предельных режимах с максимальным использованием маневренных возможностей.

Таким образом, требования к маневренности, устойчивости и управляемости истребителя должны учитывать особенности, обеспечивающие успешное выполнение задачи перехвата и уничтожения малоскоростных БпЛА.

Цель данной работы состоит в разработке основ методического подхода к формированию требований к маневренным характеристикам и характеристикам устойчивости и управляемости перспективных и модернизируемых истребителей с учетом выполнения ими боевых задач перехвата и уничтожения БпЛА.

С учетом малой заметности малоскоростных БпЛА типовой боевой ситуацией при их уничтожении является ближний воздушный бой, а именно перехват воздушных целей истребителем. Перехват малоскоростного БпЛА истребителем включает в себя следующие этапы, приведенные на рисунке 1.

Исходя из перечисленных этапов, можно выделить следующие факторы, влияющие на перехват БпЛА (см. рисунок 2).

В данной работе рассматриваются факторы, связанные с маневренностью, устойчивостью и управляемостью истребителя.

Для обоснования перспективных требований к характеристикам маневренности, устойчивости и управляемости истребителя на первом этапе необходимо выполнить анализ истребителя как сложной технической системы (СТС), разработать структурированный иерархический набор параметров, характеристик и комплексных показателей истребителя.

Следующим этапом разработки требований является формирование рациональных параметров и характеристик маневренности, устойчивости и управляемости истребителя. Для этого используются метод экспертных оценок, математическое моделирование, летный эксперимент, аэродинамический эксперимент, ретроспективный анализ (см. рисунок 3). Этот этап включает в себя подэтап формирования требований к потребному управлению истребителя при выполнении типовых задач [2]. Разработка требований к потребному управлению истребителя возможна на основе математического моделирования и проведения летного эксперимента, так как предполагает решение задачи определения потребного отклонения органов управления на различных режимах полета.

На заключительном этапе формируются собственно требования к характеристикам маневренности, устойчивости и управляемости перспективного истребителя, которые зависят от параметрического облика его аэродинамической компоновки.

Формирование требований является итерационным процессом. После отработки заключительного этапа разработки требований оценивается возможность их осуществления в результате проведения опытно-конструкторской работы и, в случае необходимости, вносятся коррективы.

Остановимся более подробно на первом этапе обоснования требований. Рассмотрим истребитель как сложную техническую систему. Иерархическая структура СТС «истребитель» представляется в виде трех подсистем, исходя из специфики и сложности физических процессов, протекающих в полете: планер, силовая установка и комплекс бортового оборудования (рис. 4). В свою очередь, планер истребителя включает в себя: крыло, фюзеляж, оперение.

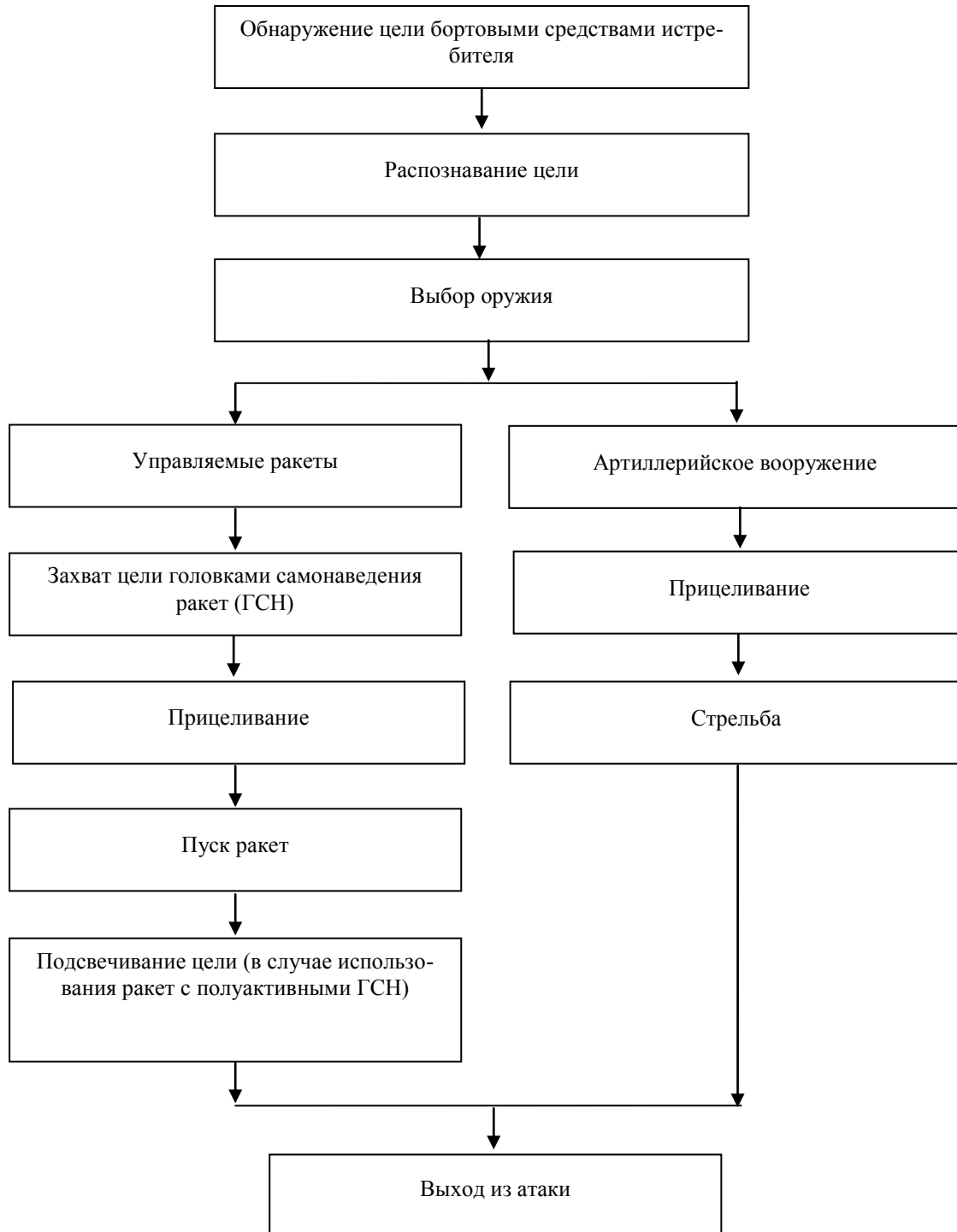


Рисунок 1 – Этапы перехвата малоскоростного БПЛА истребителем



Рисунок 2 – Факторы, влияющие на выполнение задачи перехвата БПЛА

Фюзеляжи современных истребителей выполнены несущими, способными создавать значительную часть подъемной силы летательного аппарата (ЛА). При этом используется так называемая «интегральная схема» сочленения крыла с фюзеляжем, позволяющая уменьшить силы трения и увеличить полезный объем [3].

Крыло также состоит из элементов, к которым относятся центроплан, консоли крыла, наплыв, органы поперечного управления, закрылки, носки, предкрылки.

Крылья современных истребителей имеют передний наплыв большой стреловидности. Наплыв является генератором вихревых жгутов, которые создают значительное дополнительное разрежение над крылом, что позволяет увеличить подъемную силу крыла. Кроме того, вихревые жгуты являются своеобразными «жидкими перегородками» и препятствуют распространению срыва потока по крылу.

Оперение включает в себя следующие элементы: кили, рули направления, дифференциальный стабилизатор. Многие современные истребители имеют двухкилевую схему вертикального оперения, что уменьшает затенение килей фюзеляжем и позволяет сохранить их эффективность до больших углов атаки.

Для оценки технического совершенства СТС «истребитель» необходимо провести формализацию ее структуры. В результате формализации СТС «истребитель» представляется формализованной моделью, представляющей собой многомерный массив показателей и набор функций, отражающих основные свойства подсистем и системы в целом [4].

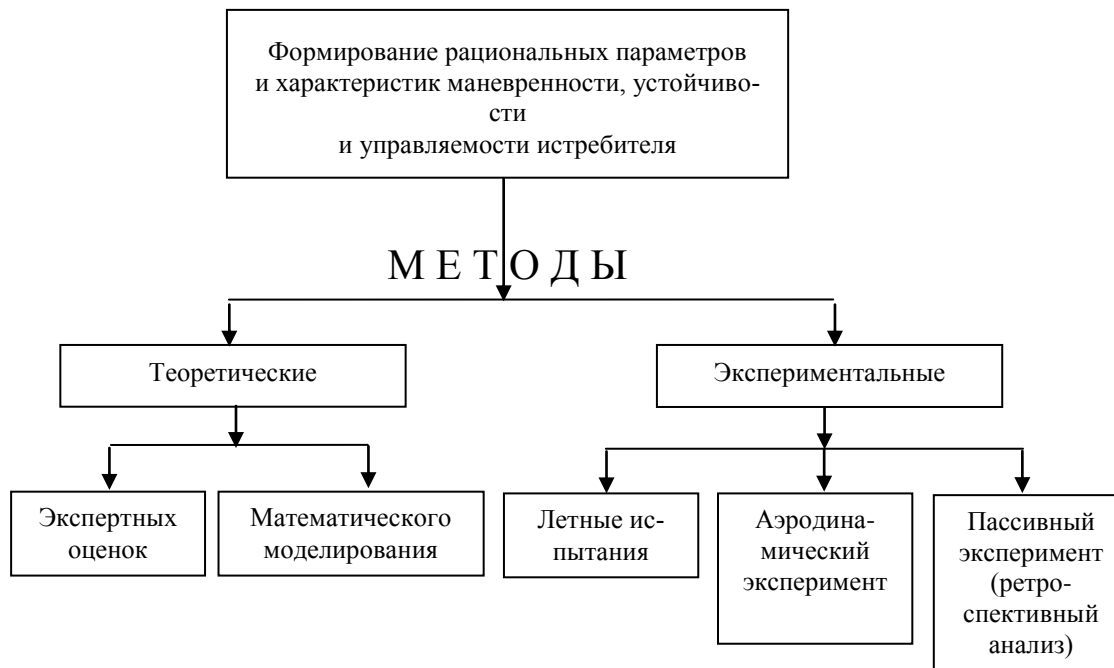


Рисунок 3 – Методы формирования рациональных параметров и характеристик маневренности, устойчивости и управляемости истребителя

Данный массив может быть представлен в виде:

$$\begin{cases} b_{i,j,\dots,m,n} \neq 0; \\ i \geq 0; j \geq 0; \dots; m \geq 0; n \geq 0; \\ i + j + \dots + m + n = M, \end{cases} \quad (1)$$

где i, j, m, n – количество подсистем или элементов на соответствующем иерархическом уровне; M – количество формальных параметров, характеризующих рассматриваемую СТС.

Для набора функций можем записать:

$$F_S(b_i, j, \dots, m, n; \Psi_1; \Psi_2; \dots; \Psi_\ell),$$

где Ψ_ℓ – различные факторы, включая прямые и обратные связи; S – число характеристик.

По плану базовые единичные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Базовые единичные показатели планера истребителя

№ п/п	Наименование параметра или показателя	Обозначение	Размерность
1	2	3	4
1.	центральная хорда крыла	b_0	м
2.	бортовая хорда крыла	$b_б$	м
3.	концевая хорда крыла	$b_к$	м
4.	средняя аэродинамическая хорда (САХ) крыла	b_A	м
5.	абсцисса носка САХ	X_A	м
6.	ордината носка САХ	Y_A	м
7.	размах крыла	ℓ	м
8.	площадь крыла	S	м ²
9.	максимальная толщина профиля	c	м

1	2	3	4
10.	максимальная вогнутость профиля	f	М
11.	абсцисса точки максимальной вогнутости профиля	x_f	м
12.	хорда поворотной консоли стабилизатора	$b_{ст}$	м
13.	средняя аэродинамическая хорда дифференциального стабилизатора	$b_{А ст}$	м
14.	хорда поворотной консоли стабилизатора по перпендикуляру к его оси вращения	$b_{ст\perp B}$	м
15.	средняя аэродинамическая хорда дифференциального стабилизатора по перпендикуляру к его оси вращения	$b_{А ст\perp B}$	м
16.	размах горизонтального оперения	$l_{г.о}$	м
17.	площадь горизонтального оперения	$S_{г.о}$	м ²
18.	габаритная площадь горизонтального оперения	$S_{г.о\ габ}$	м ²
19.	площадь вертикального оперения	$S_{в.о}$	м ²
20.	площадь закрылка	S_z	м ²
21.	площадь предкрылка	$S_{пр}$	м ²
22.	площадь миделевого сечения фюзеляжа	$S_{м.ф}$	м ²
23.	площадь поверхности фюзеляжа, омываемая потоком	$S_{ф}$	м ²
24.	площадь проекции боковой поверхности фюзеляжа на базовую плоскость	$S_{бок.ф}$	м ²
25.	местный угол крутки крыла	$\varphi_{кр}$	град.
26.	местный угол стреловидности по передней кромке крыла	$\chi_{п.к}$	град.
27.	местный угол стреловидности крыла по задней кромке крыла	$\chi_{з.к}$	град.
28.	местный угол стреловидности крыла по линии 1/4 хорд	$\chi_{1/4}$	град.
29.	местный угол поперечного V крыла	Ψ	град.
30.	угол установки крыла	φ_0	град.
31.	угол стреловидности вертикального оперения	$\chi_{в.о}$	град.
32.	длина фюзеляжа	$l_{ф}$	м
33.	максимальный эквивалентный диаметр фюзеляжа	$d_{ф.э}$	м
34.	высота фюзеляжа	$h_{ф}$	м
35.	ширина фюзеляжа	$d_{ф}$	м
36.	хорда элерона	$b_э$	м
37.	хорда руля направления	$b_{н}$	м
38.	хорда элерона по перпендикуляру к оси вращения	$b_{э\perp}$	м
39.	хорда руля направления по перпендикуляру к оси вращения	$b_{н\perp}$	м
40.	размах элеронов	$l_э$	м
41.	размах предкрылков	$l_{пр}$	м
42.	размах закрылков	l_z	м
43.	площадь элеронов	$S_э$	м
44.	плечо горизонтального оперения	$L_{г.о}$	м
45.	плечо вертикального оперения	$L_{в.о}$	м
46.	угол стреловидности оси вращения закрылка	χ_z	град.
47.	угол стреловидности оси вращения элерона	$\chi_э$	град.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

К удельным параметрам, характеризующим планер истребителя, относятся параметры, приведенные в таблице 2.

К известным комплексным показателям, характеризующим истребитель, относятся: коэффициент устойчивости по перегрузке σ_n , коэффициент устойчивости по скорости σ_v , коэффициент расхода усилий на перегрузку P^n , коэффициент расхода рычага управления на перегрузку X^n и др.

Таблица 2 – Удельные параметры, характеризующие планер истребителя

N п/п	Наименование параметра или показателя	Обозначение	Размерность
1	удлинение крыла	λ	–
2	удлинение предкрылка	$\lambda_{\text{пр}}$	–
3	удлинение закрылка	λ_3	–
4	сужение крыла	η	–
5	относительная хорда элерона по потоку	\bar{b}_3	–
6	относительная хорда элерона по потоку в начале элерона	\bar{b}_{30}	–
7	относительная хорда элерона по потоку в конце элерона	$\bar{b}_{3к}$	–
8	относительная хорда элерона по перпендикуляру к оси вращения	$\bar{b}_{3\perp}$	–
9	относительная хорда руля направления	\bar{b}_H	–
10	относительная площадь горизонтального оперения	$\bar{S}_{г.о}$	–
11	относительная габаритная площадь горизонтального оперения	$\bar{S}_{г.о \text{ габ}}$	–
12	относительная площадь вертикального оперения	$\bar{S}_{в.о}$	–
13	относительная площадь руля направления	\bar{S}_H	–
14	относительная площадь элеронов	\bar{S}_3	–

Разработка комплексных и интегрального показателя, характеризующего свойства планера с точки зрения устойчивости и управляемости истребителя, представляет собой отдельную задачу, базирующуюся на разработанном перечне показателей.

Литература

1. Илюшко В.М., Митрахович М.М., Самков А.В., Силков В.И., Соловьев О.В., Стрельников В.И. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик. Под общ. ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины – 2009. – 302 с.
2. Ковтонюк И.Б., Анипко О.Б. Потребное управление при синтезе средств обеспечения устойчивости и управляемости летательного аппарата // Интегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2009. – №2. – с. 153–158.
3. Ганиев Ф.И., Новад А.А., Петренко В.Н., Счисленок А.М., Тарасенков А.М., Трёмбач В.М. Летно-технические характеристики самолета МиГ-29. Под общ. ред. А.М. Тарасенкова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского – 1985. – 85 с.

4. Аніпко О.Б., Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники. – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2008. – 196 с.

УДК 629.7.001

Ковтонюк І.Б., Аніпко О.Б.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРЕНОСТІ, СТІЙКОСТІ ТА КЕРОВАНОСТІ ВИНИЩУВАЧІВ ПРИ ПЕРЕХОПЛЕННІ МАЛОШВИДКІСНИХ ЦІЛЕЙ

Пропонується підхід до обґрунтування вимог до характеристик маневреності, стійкості та керованості винищувачів при перехопленні малошвидкісних цілей. Підхід включає в себе етапи аналізу винищувача як складної технічної системи, формування раціональних параметрів і характеристик маневреності, стійкості та керованості, та заключний етап формування власне вимог до характеристик маневреності, стійкості та керованості винищувача.

Kovtonyuk I.B., Anipko O.B.

GROUND OF REQUIREMENTS TO CHARACTERISTICS OF MANEUVERABILITY, STABILITY AND CONTROLLABILITY OF INTERCEPTORS, AT INTERCEPT OF LITTLESPEED AIMS

Offered approach to the ground requirements to characteristics of maneuverability, stability and controllability of interceptors, at the intercept of littlespeed aims. Approach includes for itself the stages of analysis of interceptor as a difficult technical system, forming of rational parameters and characteristics of maneuverability, stability and controllability, and final stage of forming actually of requirements to characteristics of maneuverability, stability and controllability of interceptor.