

УДК 629.7.017

О.А. Корочкін, А.П. Корнієнко, О.І. Крешешний

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ БОЙОВОЇ ЖИВУЧОСТІ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА ЗА УМОВОЮ АЕРОПРУЖНОСТІ

Пропонується комплексний підхід до дослідження впливу вражаючих факторів на конструкцію літальних апаратів і їхньої здатності виконувати бойові задачі в умовах протидії потужних і високоефективних засобів ППО противника. Даний підхід дозволить оцінювати бойову живучість літального апарата за умовою аеропружності на всіх етапах його життєвого циклу, визначати втрати літальних апаратів при виконанні бойових завдань, а також розробляти ефективні конструктивні заходи, спрямовані на підвищення їхньої бойової живучості.

Ключові слова: літальний апарат, аеропружність, бойова живучість, ефективність, флатер, дивергенція, бойові uszkodження, засоби ураження.

Вступ

Актуальність. Бойова живучість літального апарата (ЛА) є однією з найважливіших його властивостей, що значною мірою визначає його бойову ефективність і моральний стан екіпажу.

Під бойовою живучістю ЛА розуміють його здатність виконувати політ відповідно до бойового завдання при застосуванні по ньому вогневих засобів противника [1].

Пошкодження, що отримують ЛА в результаті дії вражаючих факторів, приводять до зниження міцності і жорсткості uszkodжених елементів. Ці uszkodження можуть викликати або часткову втрату льотних якостей або повне руйнування конструкції і загибель ЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Руйнування конструкції ЛА може відбуватися внаслідок катастрофічного падіння міцності, втрати нею статичної або динамічної стійкості через зниження характеристик жорсткості.

Питання залишкової міцності й обумовленої нею бойової живучості ЛА, uszkodжених різними засобами ураження, до теперішнього часу вивчені досить добре [1, 2, 4]. Що стосується способів оцінки бойової живучості ЛА за умовою аеропружності, то вони базуються в основному на аналізі статистичного матеріалу, накопиченого в результаті випробувань і найчастіше застарілої авіаційної техніки. Природно, такі випробування вимагають значних матеріальних і часових затрат, що утрудняє проведення і використання матеріалів цих досліджень на початкових етапах життєвого циклу літальних апаратів.

Метою статті є викладення комплексного підходу до оцінки бойової живучості літального апарату за умовою аеропружності, що дозволить проводити оцінку бойової живучості ЛА на всіх етапах його життєвого циклу і на цій основі розробляти заходи, спрямовані на її підвищення.

Виклад основного матеріалу

Комплексний підхід до оцінки бойової живучості літального апарата за умовою аеропружності по відношенню до снарядів ударної і дистанційної дії, повинен включати наступні основні етапи (рис. 1):

- по-перше, аналіз умов бойового застосування літального апарату, вибір типових засобів ураження і визначення умов їхньої взаємодії, для яких варто оцінювати бойову живучість ЛА;
- по-друге, формування поняття "поразка" ЛА і аналіз можливих причин поразки;
- по-третє, моделювання на ЕОМ кожної типової умови застосування засобів ураження на ЛА і визначення кількісних характеристик бойової живучості.

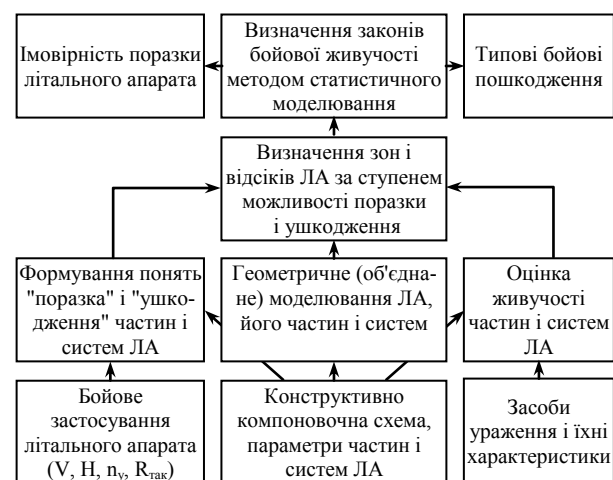


Рис. 1. Алгоритм оцінки бойової живучості ЛА

Перший етап представляє собою самостійне попереднє дослідження, що проводиться з метою визначення типових засобів ураження і умов їхнього застосування.

В результаті виконання цього етапу вибираються типові умови застосування засобів уражен-

ня по літальному апарату, що характеризуються:

- типом засобу ураження і його характеристиками;
- типовими дальностями, напрямками або ракурсами стрільби;
- характеристиками закону розсіювання снарядів ударної дії в залежності від дальності стрільби або закону розподілу координат точок підриву снарядів дистанційної дії при їхньому наведенні по ЛА в умовах, що розглядаються.

На другому етапі, на підставі аналізу умов бойового застосування і результатів взаємодії конструкції з засобами ураження формуються поняття "поразка" або "ушкодження" ЛА за умовою аеропружності. Для цього необхідно:

- вибрати показник бойової живучості ЛА за умовою аеропружності;
- установити значення цього показника, необхідні для успішного виконання розглянутих бойових завдань;
- визначити фактичні значення показника бойової живучості для ЛА після дії на нього розглянутих засобів ураження або характеристики пошкоджень, що забезпечують необхідні значення показника бойової живучості.

Отже, поняття "поразка" може бути застосовано у випадках, коли фактичне значення показника бойової живучості ЛА менше потрібного або розміри бойових пошкоджень перевищують припустимі для даної конструкції за умовою аеропружності.

З огляду на те, що однією з головних причин пошкодження ЛА за умовою аеропружності є руйнування частини несучої поверхні, то в якості показника бойової живучості ЛА з даної причини можна використовувати критичні швидкості флатера $V_{\phi}^{\text{пов}}$ і дивергенції $V_{\text{д}}^{\text{пов}}$ ушкодженої несучої поверхні.

Необхідне значення показника бойової живучості визначається характером виконання бойової задачі (швидкістю і висотою польоту, характеристиками необхідних маневрів, відстанню до цілі і т.д.).

Фактичне значення показника бойової живучості визначається властивостями конструкції і ефективністю взаємодіючих з нею засобів поразки.

При дослідженні дії на конструкцію ударних снарядів для кожного типу засобу ураження і ракурсу стрільби повинна бути отримана масштабна проекція ЛА на площину, перпендикулярну напрямку стрільби (картинну площину) з розбивкою всієї площі проекції на зони ураження (уразливі зони), сформовані відповідно до прийнятого поняття "поразка" літального апарату. Властивості конструкції враховуються задаванням для кожної з зон свого закону ураження, під яким розуміється залежність імовірності нанесення збитків, достатніх для поразки ЛА, від числа снарядів, що потрапили в зону.

При визначенні розмірів зон необхідно враховувати рикошетування снарядів і взаємне екранування частин ЛА. Контур проекції ЛА на картинну площину і границі всіх зон, як правило, апроксимуються відрізками прямих ліній. Це, як показують розрахунки, дозволяє забезпечити достатню для практики точність і, разом з тим, значно спростити опис границь зон у порівнянні з їхнім описом за допомогою кривих другого або більш високого порядку, що точно повторюють реально видимі контури ЛА і окремих його частин.

Для аналізу застосування дистанційних засобів ураження літальний апарат поділяється на уразливі об'єми відсіки, кожний з яких піддається впливу основних уражаючих факторів снаряда: ударної хвилі і потоку осколків (стрижнів).

В якості показників, що характеризують ураження відсіків, і які приводять до виникнення небезпечних явищ аеропружності, обираються:

- при дії ударної хвилі – питомий критичний імпульс;
- при дії потоку осколків або стрижнів – критична енергія потоку.

Реальні властивості конструкції в розглянутому випадку враховуються задаванням для кожної грані кожного з відсіків відповідних значень питомого критичного імпульсу і критичної енергії потоку осколків (стрижнів).

Третій етап рішення задачі включає, як уже відзначалося, моделювання стрільби і визначення кількісних характеристик бойової живучості.

Моделювання стрільби на ЕОМ снарядами ударної дії полягає у визначенні координат точок падіння кожного снаряда з черги, що дозволяє виявити число снарядів, що потрапили в кожну з уразливих зон [1, 3]. При цьому координати точок розсіювання черг і кожного снаряда в черзі визначаються як випадкові величини по схемах двох груп помилок з нормальним законом розподілу.

Кількісні характеристики бойової живучості визначаються методом статистичних випробувань. Основні співвідношення для їхнього визначення за допомогою даного методу для найбільш загального випадку – залпу черг – наступні:

$$P_{\text{нп}}(\beta, \gamma) = 1 - P_{\text{пор}}(\beta, \gamma); \quad (1)$$

$$P_{\text{пор}}(\beta, \gamma) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{\text{пор}_i}(\beta, \gamma); \quad (2)$$

$$P_{\text{пор}_i}(\beta, \gamma) = 1 - \prod_{v=1}^k (1 - G_v), \quad (3)$$

де $P_{\text{нп}}(\beta, \gamma)$ – імовірність непоразки ЛА при заданих умовах стрільби;

$P_{\text{пор}_i}(\beta, \gamma)$ – імовірність поразки ЛА i -ю чергою;

G_v – імовірність поразки v -ї зони за умовою аеропружності;

N – кількість залпів черг, змодельованих при проведенні статистичних випробувань (машинного експерименту);

k – число уразливих зон, на які розподілена площа проекції ЛА;

β, γ – кути, що визначають ракурс стрільби (рис. 2).

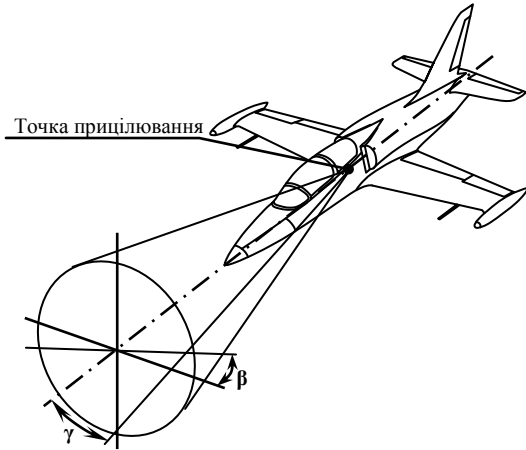


Рис. 2. Модель обстрілу ЛА снарядами ударної дії

Імовірність нанесення v -й зоні збитків, необхідних для поразки ЛА за умовою аеропружності, є функцією числа снарядів, що потрапили в зону, і визначається по одній з приведених нижче залежностей:

$$G_v = 1 - e^{-\xi_v^{зад} \cdot n_v} \quad (4)$$

або

$$G_v = \begin{cases} 0, & \text{при } n_v < n_v^{зад} \left(V_{\phi}^{пов} > V_{\phi 3} \text{ або } V_d^{пов} > V_{d 3} \right); \\ 1, & \text{при } n_v \geq n_v^{зад} \left(V_{\phi}^{пов} \leq V_{\phi 3} \text{ або } V_d^{пов} \leq V_{d 3} \right), \end{cases} \quad (5)$$

де $\xi_v^{зад}$ – коефіцієнт, що характеризує ефективність дії кожного снаряду по нанесенню v -й зоні збитків, що сприяють поразці ЛА за умовою аеропружності;

n_v – число снарядів з черги, що влучили в v -у уразливу зону;

$n_v^{зад}$ – число снарядів, влучення яких у v -у зону нанесе їй збиток, достатній для поразки ЛА за умовою аеропружності;

$V_{\phi}^{пов}, V_d^{пов}$ – критичні швидкості флатера і дивергенції ушкодженого ЛА [5, 6];

$V_{\phi 3}$ – швидкість ЛА, необхідна для виконання бойового завдання.

Вирази (4) і (5) являють собою закони ураження для v -ї зони.

Значення параметрів $\xi_v^{зад}$ і $n_v^{зад}$, необхідні для кількісної оцінки бойової живучості, визначаються

як типом застосовуваних снарядів, так і властивостями конструкції ЛА.

Блок-схема моделювання стрільби по ЛА, визначення події "влучення – промах" і обчислення імовірності ураження ЛА показана на рис. 3.

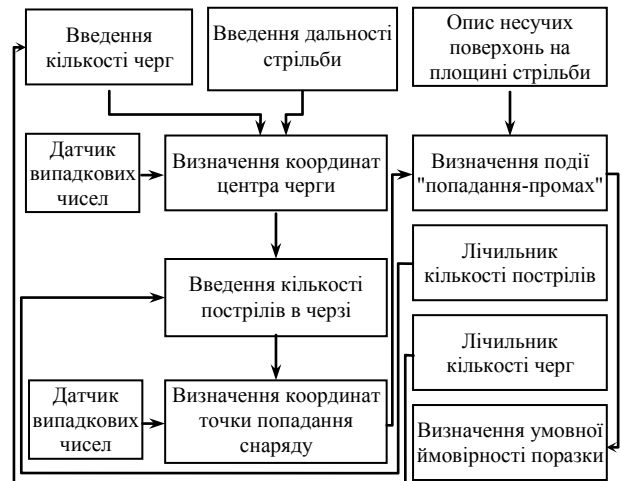


Рис. 3. Блок-схема моделювання стрільби по ЛА

Моделювання впливу на ЛА дистанційних снарядів за допомогою ЕОМ включає:

- моделювання закону розподілу координат точок підриву;
- моделювання поширення ударної хвилі і її дії на окремі грані відсіків;
- моделювання поширення потоку осколків (стрижнів);
- визначення математичного очікування числа осколків, що потрапили в кожний з відсіків, середньої питомої енергії і площі накриття.

Кількісні характеристики бойової живучості в даному випадку також визначаються методом статистичних випробувань, причому розглядається ряд різних положень снаряду (ракети) по відношенню до ЛА в момент підриву.

Характеристики бойової живучості ЛА при застосуванні по ньому снарядів дистанційної дії (рис. 4) визначається за допомогою формул:

$$P_{нп} (x, y, z, \beta, \gamma) = \frac{1}{N_T} \cdot \sum_{i=1}^{N_T} P_{нп_i} (x, y, z, \beta, \gamma); \quad (6)$$

$$P_{нп_i} (x, y, z, \beta, \gamma) = \prod_{\mu=1}^k (1 - G_{\mu}), \quad (7)$$

де $P_{нп_i} (x, y, z, \beta, \gamma)$ – імовірність непоразки ЛА за умовою аеропружності при підриві ракети в i -й точці;

G_{μ} – імовірність нанесення μ -му відсіку пошкоджень, що викликають явище аеропружності;

x, y, z – координати точки підриву ракети (рис. 4);

β, γ – кути, що визначають положення вектора швидкості ракети (рис. 4);

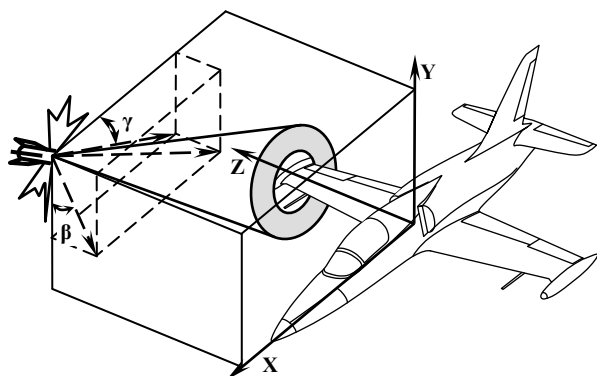


Рис. 4. Модель обстрілу ЛА снарядами дистанційної дії

N_T – число точок підриву, змодельованих при проведенні статистичних випробувань;

k – число відсіків, на які розділений весь об'єм ЛА.

Відсік вважається ураженим, якщо сумарна енергія осколків $E_{\mu j}$, що діють на j -у грань відсіку, більше або дорівнює критичній енергії $E_{\mu j}^{кр}$ для даної грані.

Аналогічно визначається і факт ураження відсіку ударною хвилею: відсік вважається ураженим, якщо питомий імпульс ударної хвилі $I_{\mu j}$ перевищує критичне значення $I_{\mu j}^{кр}$ для даної грані.

Висновки

Описаний вище підхід дозволяє оцінювати бойову живучість ЛА або окремих його частин за умовою аеропружності на всіх етапах його життєвого циклу, а також розробляти раціональні конструктивні заходи, спрямовані на підвищення його бойової

живучості без значних часових і матеріальних витрат, пов'язаних із проведенням її експериментальної оцінки.

Список літератури

1. Шевченко С.В. Конструкція та міцність літальних апаратів. Часть. I / С.В. Шевченко, А.Г. Тарасцев. – Х.: ХУПС, 2002. – 252 с.
2. Корочкин А.А. Дискретно-континуальная модель несущей поверхности в задачах определения остаточной жесткости конструкции при ее боевых повреждениях / А.А. Корочкин // Научно-технический сборник. – Х.: ХВВАИУ, 1985. – Вып. 6. – С. 54-60.
3. Болховитинов О.В. Боевые авиационные комплексы и их эффективность / О.В. Болховитинов, В.В. Иванов и др. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990. – 194 с.
4. Шевченко С.В. К истории вопроса об аэродинамических характеристиках летательных аппаратов, имеющих повреждения несущей (рулевой) поверхности / С.В. Шевченко, А.Д. Бердочник // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2006. – Вып. 2(8) – С. 100 – 102.
5. Корочкин А.А. Модель исследования аэроупругих характеристик летательного аппарата при разрушении части несущей поверхности / А.А. Корочкин, В.С. Гриценко // Динамика систем, несущих подвижную распределенную нагрузку: Тематический сборник научных трудов. – Х.: ХАИ, 1984. – Вып. 4. – С. 74-83.
6. Гуцевич А.П. Определение пораженных состояний крыльев самолетов по условиям аэроупругости / А.П. Гуцевич, А.А. Корочкин // Боеприпасы. Технический бюллетень. – М.: Машиностроение, 1982. – № 4. – С. 5-9.

Надійшла до редколегії 18.12.2009

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. О.Б. Леонтьев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БОЕВОЙ ЖИВУЧЕСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО УСЛОВИЮ АЭРОУПРУГОСТИ

О.А. Корочкин, А.П. Корниенко, А.И. Кремешный

Предлагается комплексный подход к исследованию воздействия поражающих факторов на конструкцию летательных аппаратов и их способности выполнять боевые задачи в условиях противодействия мощных и высокоэффективных средств ПВО противника. Данный подход позволит производить оценку боевой живучести летательного аппарата по условию аэроупругости на всех этапах его жизненного цикла, определять потери летательных аппаратов при выполнении боевых заданий, а также разрабатывать эффективные конструктивные мероприятия, направленные на повышение их боевой живучести.

Ключевые слова: летательный аппарат, аэроупругость, боевая живучесть, эффективность, флаттер, дивергенция, боевые повреждения, средства поражения.

COMPLEX GOING NEAR THE ESTIMATION OF BATTLE VITALITY OF AIRCRAFT ON THE CONDITION OF AERORESILIENCY

O.A. Korochkin, A.P. Kornienko, A.I. Kremeshnyy

The complex going is offered near research of influence of striking factors on the construction of aircrafts and their ability to execute urgent tasks in the conditions of counteraction of powerful and high-efficiency facilities air DEFENCE of opponent. This approach will allow to make the estimation of battle vitality of aircraft on the condition of aeresiliency on all of the stages of his life cycle, to determine the losses of aircrafts at implementation of combat missions, and also to develop effective structural measures, directed on the increase of their battle vitality.

Keywords: aircraft, aeresiliency, battle vitality, efficiency, flutter, divergence, battle damages, decimators.