

УДК 629.73.07

Б.М. Крук

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРНОСТІ НА РІВЕНЬ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТРАНСПОРТНО-БОЙОВИХ ВЕРТОЛЬОТІВ

*Розглянуто вплив характеристик маневреності на рівень бойових можливостей транспортно-бойових вертольотів при маневруванні на малих та середніх швидкостях польоту та приведені попередні оцінки ефективності застосування нових видів маневрів вертольотів.*

**Ключові слова:** транспортно-бойовий вертоліт, бойовий авіаційний комплекс, характеристики маневреності, ковзання, маневрування, плоский розворот, віраж тангажом, бойова ефективність.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Бойова авіація Сухопутних військ, маючи на озброєнні бойові вертольоти, є засобом авіаційної підтримки Сухопутних військ і призначена, в тому числі для ураження наземних об'єктів противника [1]. Вертольоти військового призначення характеризуються не тільки параметрами льотних характеристик, але й здатністю виконувати бойове завдання, бойовими можливостями, бойовою живучістю тощо [2]. Для того, щоб визначити ступінь зміни цих характеристик, необхідно проаналізувати, у якій же залежності перебувають характеристики маневреності (ХМ) і бойові характеристики літальних апаратів (ЛА).

Показники, що характеризують можливість ЛА по виконанню бойових завдань, називають показниками бойових можливостей [3]. Загальні показники визначають склад бойового авіаційного комплексу (БАК), обсяг розв'язуваних завдань, способи їхнього виконання, характеристики цілей, специфіку умов виконання бойових завдань. Показники виходу в бойове зіткнення оцінюють діапазон висот і швидкостей бойового польоту, час виходу на ціль, радіуси дії, час баражування, маневрені можливості по виходу в точку атаки і т.і. Показники виконання атак містять у собі діапазон висот і швидкостей атак, час і діапазон маневрування при виході в атаку, області можливих атак і дозволених пусків, варіанти застосування зброї, умови виходу з атаки, способи й можливості повторних атак. Імовірнісні показники характеризують якість виконання бойового завдання, імовірність ураження цілі, математичного очікування нанесеного збитку [4].

Вибір показників бойових можливостей за наявності такого широкого спектру завдань є складним процесом, який не може бути повністю формалізованим. Використовуючи логічні та евристичні методи, дослідники обґрунтовують вибір показника, що відповідає суті поставленого завдання. Визначення важливості показників не позбавлено суб'єктивізму, при забезпеченні основних вимог не забезпечується

виконання інших. Теоретично, ці недоліки можливо усунути розробкою загального показника оцінки, що відображає всі параметри вертольота. Необхідно при цьому, щоб цей загальний показник виражав головне завдання військового ЛА – бойову ефективність, або повноту виконання бойового завдання залежно від характеристик бойового навантаження та обладнання, льотних характеристик та характеристик маневреності, наземного обладнання для забезпечення польоту [5].

Так, у роботі [6] удосконалено методичний підхід до оцінювання узагальненого показника якості ударного авіаційного комплексу за рахунок комплексного застосування експертно-аналітичних процедур методом аналізу ієрархій і математичних методів факторного аналізу. Розроблена математична модель для оцінювання коефіцієнта бойового потенціалу на розширеному факторному підпросторі дозволила підвищити чутливість проведених оцінок залежно від змін значень визначальних тактико-технічних характеристик перспективних і модернізованих зразків бойової авіаційної техніки. У сукупності це дозволило сформулювати технічний вигляд ударного ЛА тактичної авіації. Проте, подібний методичний підхід до оцінювання узагальненого показника якості вертолітного БАК не розроблений.

Таким чином, із-за відсутності загального показника для оцінки льотно-тактичних характеристик транспортно-бойового вертольоту, найбільш доцільно оцінювати та порівнювати вертольоти комплексом характеристик маневреності. Оскільки характеристики маневреності суттєво впливають не лише на бойову живучість вертольоту, а на успішність його бойового наведення при виконанні ударних задач, тому пошук шляхів поліпшення маневреності транспортно-бойового вертольоту на етапі модернізації є актуальним науковим завданням.

**Метою статті** є визначення впливу характеристик маневреності на рівень бойових можливостей транспортно-бойових вертольотів при маневруванні на малих та середніх швидкостях польоту та оцінка ефективності застосування нових видів маневрів.

## Результати досліджень

Показником бойових можливостей застосування авіаційних комплексів притаманні деякі загальні властивості. Оскільки бойові завдання, навіть однотипні, виконуються в умовах впливу випадкових факторів, вони носять імовірнісний характер. Бойовий, чи ударний вертоліт є складовою частиною ударного БАК, для якого одним з основних показників бойових можливостей є імовірність атаки наземної цілі  $W_{ат}$  [2 – 4].

На етапі виходу вертольота на ціль необхідно вирішувати два завдання:

- вихід в район цілі та її виявлення;
- вихід у таке положення, з якого можлива атака цілі заданим способом.

Ці завдання вирішуються послідовно і визначаються добутком [12]:

$$W_{ат} = P_{зх} P_{вих}, \quad (1)$$

де  $P_{зх}$  – імовірність захвату цілі (прив'язки до цілі);  $P_{вих}$  – імовірність виходу ударного вертольота на лінію бойового шляху.

Показник  $P_{вих}$ , який визначає імовірність виходу бойового вертольота на лінію бойового шляху визначається як [7]:

$$P_{вих} = \int_{L_1}^{L_0} P_{бн}(L) f(L) dL, \quad (2)$$

де  $L$  – дальність виявлення наземної цілі екіпажем бойового вертольота, в тому числі інструментальними засобами прицільно-навігаційного комплексу;  $f(L)$  – щільність розподілення випадкової величини  $L$ ;  $L_0$  – максимальна дальність виявлення цілі екіпажем;  $L_1$  – мінімальна дальність від вертольота до цілі, при якій ще можливий вихід на лінію бойового

шляху;  $P_{бн}(L)$  – умовна імовірність ближнього наведення, тобто імовірність виходу бойового вертольота на лінію бойового шляху при умові, що дальність виявлення дорівнює  $L$ .

Під час виявлення цілі може мати місце бокове відхилення ударного вертольота  $l$  від лінії бойового шляху із-за помилок навігації та помилок розвідки цілі. Це відхилення є випадковою величиною, що підкоряється нормальному закону розподілу  $f(l)$ . Сутність ближнього наведення полягає у виправленні помилок  $l$  за рахунок маневрених можливостей ударного вертольота. Оскільки маневрені характеристики бойового вертольота обмежені, то існують граничні значення відхилень  $\pm l_{гр}$ , які ще можливо виправити шляхом маневрування. Таким чином,  $P_{бн}$  може бути визначена як [6]:

$$P_{бн} = \int_{-l_{гр}}^{+l_{гр}} f(l) dl = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_l} \int_{-l_{гр}}^{+l_{гр}} e^{-\frac{(l-m_l)^2}{2\sigma_l^2}} dl, \quad (3)$$

де  $m_l$  і  $\sigma_l$  – відповідно математичне очікування та середньоквадратичне відхилення випадкової величини  $l$ .

Середньоквадратичне відхилення  $m_l$  і  $\sigma_l$  визначаються точнісними характеристиками прицільно-навігаційного комплексу ударного вертольота. Граничні відхилення  $\pm l_{гр}$  для випадку атаки наземного об'єкту з ходу можуть бути визначені з кінематичних співвідношень (рис. 1). В умовах сучасного ведення бойових дій, коли повторний захід вертольота для атаки наземної цілі є неможливим, необхідно здійснювати атаку з ходу. Основними умовами виконання етапу виходу в атаку з ходу при застосуванні некерованих засобів поразки і бортового артилерійського озброєння є проходження курсу, або траєкторії польоту вертольота через ціль.

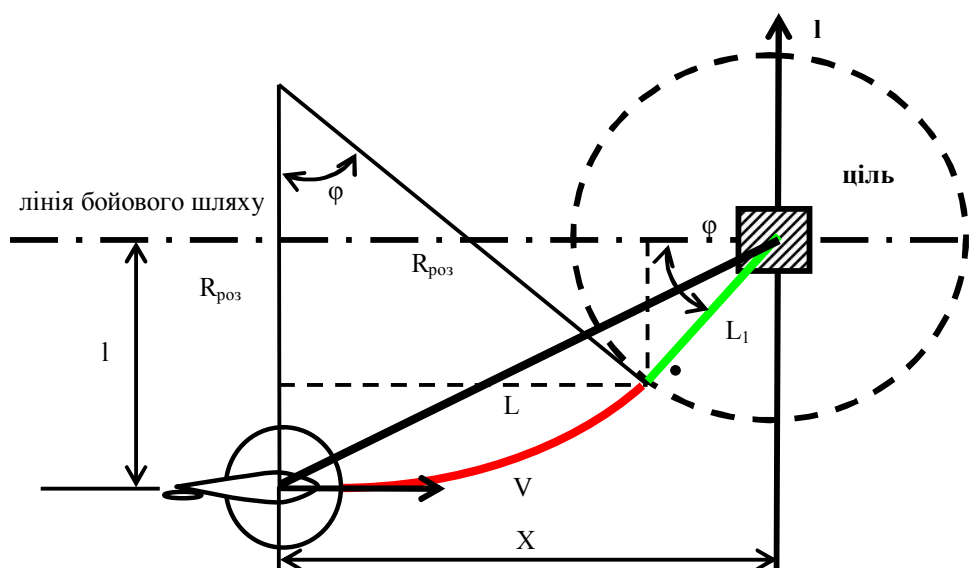


Рис. 1. Схема руху ударного вертольота під час атаки наземної цілі з ходу

Виходячи з рис. 1:

$$l_{гр}^2 = L^2 - X^2; \quad (4)$$

$$X = R_{роз} \sin \varphi + L_1 \cos \varphi; \quad (5)$$

$$l_{гр} = R_{роз} (1 - \cos \varphi) + L_1 \sin \varphi, \quad (6)$$

де  $X$  – різниця координати вертольота та цілі вздовж лінії бойового шляху;  $R_{роз}$  – радіус розвороту ударного вертольота на ціль;  $\varphi$  – кут розвороту вертольота на ціль.

Розв'язання отриманої системи рівнянь відносно  $l_{гр}$  проводиться виключенням з 5 та 6 параметру  $\varphi$ :

$$X^2 = L_1^2 \cos^2 \varphi + R_{роз}^2 \sin^2 \varphi + 2R_{роз}L_1 \cos \varphi \sin \varphi; \quad (7)$$

$$(l_{гр} - R_{роз})^2 = L_1^2 \sin^2 \varphi + R_{роз}^2 \cos^2 \varphi - 2R_{роз}L_1 \cos \varphi \sin \varphi. \quad (8)$$

Складаючи праві та ліві частини останніх двох рівнянь, отримаємо:

$$X^2 + (l_{гр} - R_{роз})^2 = L_1^2 + R_{роз}^2; \quad (9)$$

$$X^2 = L_1^2 + R_{роз}^2 - (l_{гр} - R_{роз})^2. \quad (10)$$

Підставляючи формулу (10) в рівняння (4) отримаємо:

$$l_{гр}^2 = L^2 + (l_{гр} - R_{роз})^2 - L_1^2 - R_{роз}^2. \quad (11)$$

В результаті кінцевий вираз для граничного відхилення прийме вигляд:

$$l_{гр} = \frac{L^2 - L_1^2}{2R_{роз}}. \quad (12)$$

Оскільки від граничного відхилення залежить імовірність ближнього наведення вертольота, то це дозволяє зробити висновок про суттєвий вплив маневрених характеристик на імовірність виходу бойового вертольота на лінію бойового шляху та, загалом, на імовірність ураження наземної цілі.

Максимально використовувати можливості вертольота при маневруванні можливо в розширеному діапазоні льотних обмежень та виконанні нових видів маневрів. В якості нетрадиційних маневрів, які дозволяють повніше реалізувати маневрені можливості вертольота Ми-24 пропонуються маневри з великими кутами ковзання: польоти боком; хвостом вперед; плоский розворот та віраж тангажем [7].

Дати оцінку залежності бойових характеристик вертольотів від їхньої маневреності при використанні нетрадиційного маневрування можна оцінивши зміни основних просторових і часових характеристик.

Аналіз зміни просторово-часових параметрів вертольота при виході в точку атаки, приведений на рис. 2, дозволяє оцінити просторові зміни при застосуванні “плоского розвороту” замість тради-

ційного й форсованого розворотів при однакових початкових умовах. Час виходу в точку атаки Тат (точку, з якої можливе прицілювання й застосування зброї) становить при застосуванні “плоского розвороту” 3 с, а при застосуванні форсованого й традиційного розвороту більше 7 с та 9 с відповідно при рівних початкових умовах.

Результати розрахунків свідчать, що при вирішенні завдань по наведенню бойового вертольота на ціль найбільш ефективним, в усіх розглянутих випадках є маневр “плоский розворот”, запропонований в [7].

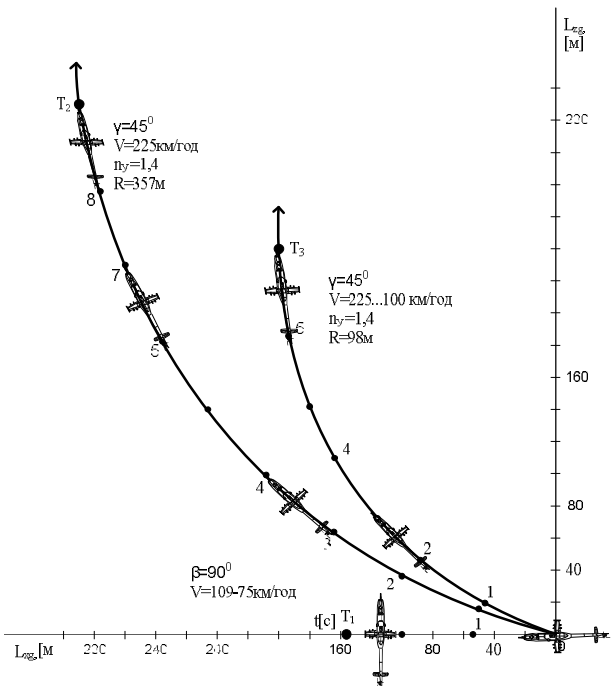


Рис. 2. Зміна просторово-часових параметрів вертольота при виході в точку атаки

Траєкторія 1 (Точка атаки  $T_1$ ) – маневром “плоский” розворот.

Траєкторія 2 (Точка атаки  $T_2$ ) – маневром “нормальний” розворот.

Траєкторія 3 (Точка атаки  $T_3$ ) – маневром “форсований” розворот

Використовуючи запропоновані імовірнісні критерії отримано імовірності ближнього наведення, що представлені в табл. 1.

## Висновки

Таким чином, поліпшення бойової ефективності транспортно-бойових вертольотів при застосуванні “плоского розвороту” буде складати більше ніж на 20 – 30 %, при порівнянні із традиційними способами маневрування.

**Перспективою подальших досліджень** є визначення характеристик віражу тангажем. Віражу тангажем також властиві всі переваги “плоского розвороту” (незначні радіус і час атаки цілі).

Порівняння імовірностей ближнього наведення на різних маневрах

Швидкість польоту V, км/год	Імовірність ближнього наведення $P_{\text{бн}}$ , з відстані $L$ , км	Плоский розворот	Форсований розворот	Розворот
25	5	0,9999	0,9987	0,9798
	10	0,9999	0,9968	0,9957
	15	0,9999	0,9999	0,9999
50	5	0,9999	0,9765	0,8567
	10	0,9999	0,9976	0,9948
	15	0,9999	0,9999	0,9999
75	5	0,9876	0,7787	0,6545
	10	0,9999	0,9979	0,9934
	15	0,9999	0,9992	0,9991
100	5	0,9790	0,6778	0,5527
	10	0,9998	0,9968	0,9857
	15	0,9999	0,9981	0,9983
150	5	0,8789	0,4907	0,3899
	10	0,9982	0,9935	0,9968
	15	0,9996	0,9985	0,9974

Та найбільш суттєва його перевага полягає в тому, що в процесі маневрування можливо безперервно візуально супроводжувати ціль та застосовувати вогневий вплив, підвищуючи тим самим ймовірність ураження цілі.

### Список літератури

1. Сідаш В.В. Структура, стан, перспективи розвитку Повітряних Сил до 2025 року, тенденція змін форм, та способи застосування Повітряних Сил Збройних Сил України: консп. лекції / В.В. Сідаш – Х.: ХУПС, 2009. – 30 с.

2. Корочкін О.А. Оцінка ефективності виконання бойових задач бойового авіаційного комплексу / О.А. Корочкін, Д.В. Дяченко, Ю.А. Олійник // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС. – 2009. – Вип. 1(1). – С. 35-39.

3. Лисицький П.Е. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность / П.Е. Лисицький. – М.: Воздушная военно-инженерная академия им. проф. Н.Е. Жуковского. – 1980. – 311 с.

4. Хижняк В.М. Системний аналіз бойового застосування комплексів авіаційного озброєння / В.М. Хижняк, П.В. Гарнець, Б.Б.Головко. – Х., 2008. – 202 с.

5. Анипко О.Б. Синтез аэродинамической компоновки боевых и транспортных летательных аппаратов с рациональным сочетанием аэродинамических и демаскирующих характеристик / О.Б. Анипко, Е.А. Українець // Вісник Міжнародного Слов'янського університету. – Х.: Міжнародний Слов'янський університет. – 2008. – Т. XI. – № 2. – С. 11-19.

6. Леонт'єв О.Б. Визначення вагового внеску основних груп властивостей ударного авіаційного комплексу в узагальнений показник бойової ефективності шляхом експертного оцінювання / О.Б. Леонт'єв, Д.А. Гриб, Є.О. Українець, О.М. Компанієць // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2009. – Вип. 3 (21). – С. 5-10.

7. Крук Б.М. Надманевреність вертольота та її застосування / Б.М. Крук // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2014. – Вип. 2(15). – С. 53-55.

Надійшла до редколегії 3.06.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. Є.О. Українець, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРЕННОСТИ НА УРОВЕНЬ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНО-БОЕВЫХ ВЕРТОЛЕТОВ

Б.М. Крук

Рассмотрено влияние характеристик маневренности на уровень боевых возможностей транспортно-боевых вертолетов при маневрировании на малых и средних скоростях полета и представлены предварительная оценка эффективности применения новых видов маневров вертолетов.

**Ключевые слова:** транспортно-боевой вертолет, боевой авиационный комплекс, характеристики маневренности, скольжения, маневрирования, плоский разворот, выраж тангажом, боевая эффективность.

### INFLUENCE OF DESCRIPTIONS OF FLEXIBILITY ON THE LEVEL OF BATTLE POSSIBILITIES OF TRANSPORT-BATTLE HELICOPTERS

B.M. Kruk

Influence of descriptions of manoeuvrability is considered on the level of battle possibilities of transport-battle helicopters at manoeuvring on small and middle speeds of flight and presented preliminary estimation of efficiency of application of new types of manoeuvres of helicopters.

**Keywords:** transport-battle helicopter, battle aviation complex, descriptions of manoeuvrability, sliding, manoeuvrings, flat turn, turn of pitch, battle efficiency.