

УДК 629.7.052

Є.С. Грисюк, М.В. Живиця, А.О. Поліщук, Р.П. Супрун

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## МОДЕЛЮВАННЯ ШТУРМАНСЬКИХ РОЗРАХУНКІВ НА ШИКУВАННЯ БОЙОВИХ ПОРЯДКІВ «ДОГОНОМ НА МАРШРУТІ»

У даній статті розглядаються питання методики штурманських розрахунків на шиккування груп літальних апаратів та порядок реалізації алгоритмів на основі використання обчислювальної техніки та програмного забезпечення. Методика та розроблена програма є основою для подальшого створення комплексної програми підтримки прийняття рішення штурмана при підготовці пропозицій командирів на виконання групових польотів

**Ключові слова:** штурманські розрахунки, групові польоти, програми підтримки прийняття рішення, математичне моделювання.

### Вступ

**Постановка проблеми.** При веденні будь-яких бойових дій із залученням авіації основними задачами є ефективне виконання поставленого завдання, мінімізація втрат авіаційної техніки [1].

Рішення цих задач досягається шляхом виконання польотів літальних апаратів (ЛА) в бойових порядках. Цей процес включає етапи шиккування, витримування, розпуску літаків. Складна повітряна обстановка в районі аеродрому вимагає підвищення уваги до забезпечення безпечних виконання польотів ЛА, тому є необхідність у точних і швидких розрахунках на шиккування бойових порядків. Зменшення часу знаходження ЛА в районі аеродрому забезпечується при використанні способу шиккування «догон на маршруті». Перевагами даного способу є просування літаків по маршруту в процесі збору, простота маневрування ЛА. Недоліком способу є неможливість завершення процесу шиккування до заданого рубежу при великій кількості ЛА.

**Аналіз літератури.** У теперішній час, коли ведення бойових дій на території держави не є уявним процесом, а ефективно вирішення задач авіацією є запорукою успіху дій частин, підрозділів ЗС України, при реалізації поставлених завдань, актуальним залишається питання пошуку та реалізації раціональних варіантів застосування авіації при постійній зміні та невизначеності умов [2]. Аналіз літератури, досвіду виконання різноманітних завдань авіацією, безпеки польотів свідчить про необхідність чіткого уявлення екіпажів про процес виконання збору літаків в бойовий порядок, особливості його виконання [3, 4]. Оперативність виконання розрахунків, дослідження питань штурманських розрахунків доцільно здійснювати з використанням електронно-обчислювальної техніки і відповідно програмного забезпечення.

Таким чином, розробка та реалізація алгоритмів на шиккування бойових порядків доцільна за

умови подальшого їх інтегрування у більш «масивну» програму, що забезпечувала б «розіграш» бойових дій у реальному часі, з метою підготовки спеціалістів різних спеціальностей для виконання бойових завдань.

**Мета роботи** полягає у скороченні часу необхідних розрахунків і полегшенні роботи штурмана при плануванні виконання групових польотів за рахунок автоматизації обчислень.

### Основна частина

Сутність способу шиккування бойових порядків «догон на маршруті» полягає в зменшенні дистанції між літаками до заданих шляхом збільшення швидкості польоту ведених екіпажів щодо швидкості польоту ведучого [5, 6]. Зайнявши задану дистанцію  $\Delta d_{\text{бп}}$  до літака, що йде попереду, кожен екіпаж буде самостійно займати швидкість польоту ведучого  $V_1$ . У іншому випадку, дистанції між літаками будуть продовжувати зменшуватися.

Порядок роботи екіпажів при цьому наступний: ведучий, після зльоту, набирає висоту шиккування  $H_{\text{постр.}}$  із заданим режимом, переходить у горизонтальний політ, установлює задану йому швидкість  $V_1$  і виконує політ по маршруту. Ведені злітають із заданими тимчасовими дистанціями  $\Delta t_{\text{зл}}$  між літаками, набирають висоту шиккування і виконують політ по маршруту зі швидкістю  $V_1$ . Після виходу замикаючого на висоту шиккування ведучий подає команду на змикання. По цій команді ведені вмикають секундомір, збільшують швидкість польоту до значення  $V_2 > V_1$  і після закінчення часу  $t_{\text{шик}}$  займають швидкість  $V_1$ . Дистанція до літака, що попереду, дорівнює заданій  $\Delta t_{\text{бп}}$ .

Час змикання розраховується за формулою:

$$t_{\text{змі}} = \frac{V_1 \cdot (t_{\text{злі}} - t_{\text{бпі}})}{\Delta V} = \frac{d_{\text{вихі}} - d_{\text{бпі}}}{\Delta V}, \quad (1)$$

де  $d_{\text{вих.і}}$  – глибина бойового порядку після зльоту;  $d_{\text{бпі}}$  – глибина бойового порядку задана;

$t_{злі}$  – час зльоту літака;  
 $t_{БПі}$  – часовий інтервал польоту літака в групі;  
 $\Delta V = V_2 - V_1$ .

Час шиккування бойового порядку розраховується за формулою

$$t_{шик} = t_{зл} + t_{н} + t_{зм} + t_{дод}. \quad (2)$$

де  $t_{н}$  – час набору висоти шиккування, який дорівнює

$$t_{н} = \frac{H_{ПОСТР}}{V_{В}}, \quad (3)$$

де  $V_{В}$  – вертикальна швидкість набору;

$t_{дод}$  – додатковий час, що враховує можливі похибки літаків у виході на висоту шиккування через неточне витримання режиму польоту.

Довжина ділянки шиккування визначається за формулою

$$S_{шик} = S_{н} + V_1(t_{зл} + t_{зм} + t_{дод}), \quad (4)$$

де  $S_{н}$  – відстань, що проходить літак у наборі висоти,  $S_{н} = V_{н} \cdot t_{н}$ ;

$V_{н}$  – горизонтальна швидкість літака в наборі висоти.

Виконаємо дослідження побудови бойових порядків способом «Догон на маршруті» шляхом моделювання розрахунків на ПЕОМ та визначення умов застосування цього способу.

При моделюванні розглянуто наступні види бойових порядків: потік одиночних літаків, потік пар, потік загонів, клин.

Варіанти розрахунку кожного з видів бойових порядків наведено нижче.

Методика реалізація задачі на шиккування бойового порядку на ПЕОМ представляє собою виконання наступних етапів: вибір форми бойового порядку; введення вихідних даних; виконання розрахунків (програма на ПЕОМ) та виведення результатів на індикацію (рис. 1).

ПОБУДОВА БОЙОВОГО ПОРЯДКУ "ДОГОНОМ НА МАРШРУТІ"	
Виберіть тип бойового порядку:	
1) Потік одиночних літаків	
2) Потік пар	
3) Потік отрядів	
4) Колонна пар(фронтом)	
5) Колонна отрядів(фронтом)	
6) Клин	

Рис. 1. Вихідна індикація програми на ПЕОМ

Далі, згідно обраного бойового порядку відкриваються нова сторінка із трьома вікнами: «Введіть дані БП», «Відповіді», «Проміжні обчислення» (рис. 2).

Вікно вводу даних призначене для вводу початкових даних, згідно яких буде здійснюватись розрахунок усіх інших параметрів. У цьому вікні :

$n$  – загальна кількість літаків;

$\Delta t_{бп}$  – часовий інтервал між літаками у бойовому порядку;

$\Delta t$  – часовий інтервал між зльотами літаків;

Введіть дані БП		
$n$	9	
$\Delta t_{бп}$ , хв, с	1	0
$\Delta t_{зл}$ , хв.с.	2	
$V_1$ , км/г	450	
$V_2$ , км/г	680	
$V_{В}$ , м/с	15	
$V_{ср.Н}$ , км/г	450	
$H$ , м	3000	
$t_{доп}$ , хв.с		30

Рис. 2. Вікно для вводу початкових даних

$V_1$  – початкова швидкість літаків;

$V_2$  – швидкість ведучих після команди «ЗБОР»;

$V_{В}$  – вертикальна швидкість набору висоти;

$V_{ср}$  – горизонтальна швидкість ЛА при наборі висоти;

$H$  – необхідна висота набору;

$t_{доп}$  – час ГП від зайняття крайнім літаком необхідної висоти до подачі команди «ЗБОР».

Вікно «Відповіді» призначене для зняття основних параметрів при шикванні бойового порядку: час змикання і-го літака; загальний час шиккування бойового порядку; дистанція, необхідна від точки зльоту до закінчення шиккування бойового порядку.

Вікно «Проміжні обчислення» поділене на дві таблиці. Верхня призначена для розрахунку таких даних як  $t_{шик}$ ,  $S_{шик}$ , (рис. 3)

Вікно «Проміжні обчислення»					
$S_{постр}$	368750				
1) $S_{наб}$	25000				
1.1) $T_{наб}$	200	3	20		
2) $S_{гп}$	343750				
2.1) $T_{взл}$	960	16	0		
2.2) $T_{см}$	1760	29	20		
$T_{постр}$	2950	49	10		

	№ЛА	$T_{взл}$ ,с	$T_{бп}$ ,с	$D_{пч}$ ,км	$D_{бп}$ ,км	$T_{см}$ ,с
	2	120	60	15	7,5	117
	3	240	120	30	15	234
	4	360	180	45	22,5	352
	5	480	240	60	30	469
	6	600	300	75	37,5	586

Рис. 3. Вікно «Проміжні обчислення»

Обчислення здійснюються за формулами (1 –4).

Нижня таблиця демонструє параметри шиккування бойового порядку для кожного екіпажу. Для кращого усвідомлення схеми побудови бойових порядків до кожного виду бойового порядку додатково додається рисунок із частиною даних з таблиць і обов'язково необхідний параметр для екіпажу – час змикання (рис. 4).

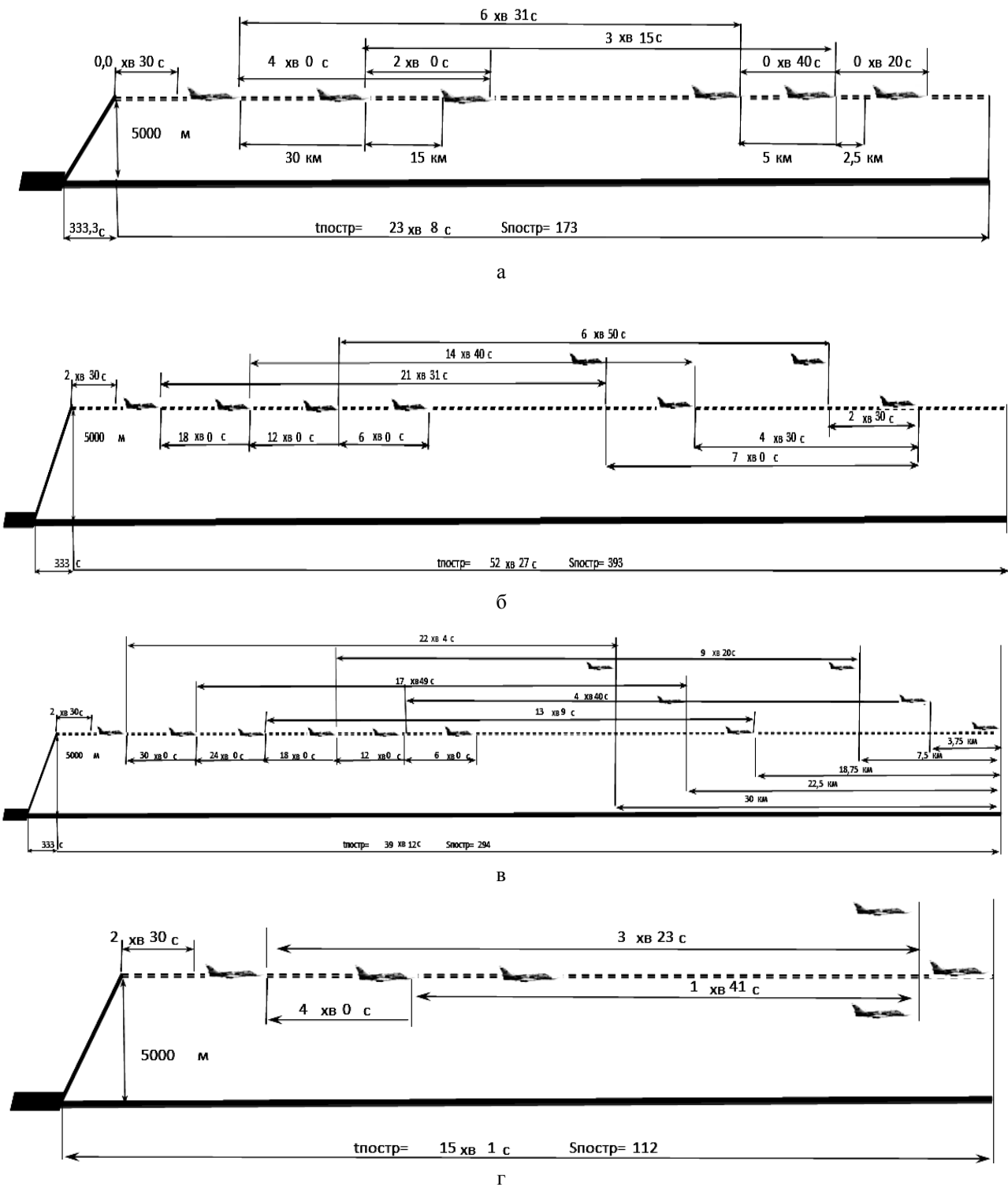


Рис. 4. Схеми шикуння способом «Догон на маршруті» для форм бойових порядків:  
 а – потік поодиноких літаків, б – потік пар, в – потік загонів, г – клін

Аналіз методики розрахунку параметрів шикуння бойового порядку «Догон на маршруті» показує, що час змикання, довжина ділянки та час шикуння залежать від багатьох факторів, які залежать від ТТХ літального апарата, навігаційної та тактичної обстановки. Відповідно, однозначно визначити найвигідніші параметри вихідних даних неможливо, необхідно виконати розрахунки декількох варіантів,

що займає багато часу. Застосування запропонованої розрахункової моделі, а в подальшому системи розрахункових програм дозволить оперативно визначати вихідні дані при зміні початкових умов.

Проаналізовано зміну довжини ділянки шикуння при зміні висоти (рис. 5) та швидкості змикання (рис. 6) для умов польоту літаків тактичної авіації.

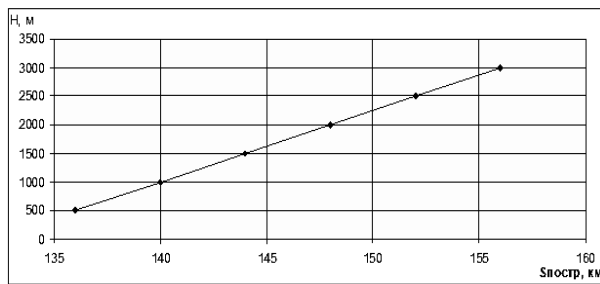


Рис. 5. Залежність довжини ділянки шиккування від висоти шиккування бойового порядку літаків

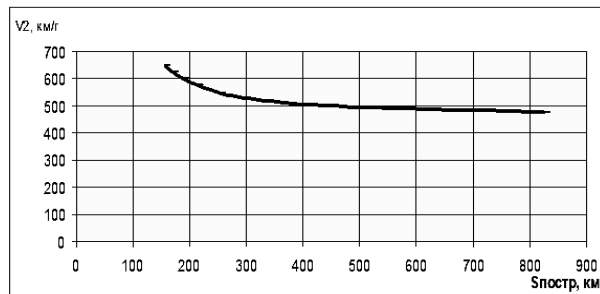


Рис. 6. Залежність довжини ділянки шиккування від швидкості маневрування ведених літаків

Визначено, що збільшення висоти шиккування приводить до збільшення довжини ділянки шиккування. Для параметрів дослідження – при зміні висоти на 500 м довжина ділянки змінюється на 4-5 км (3-4%). Інші результати отримано при аналізі впливу швидкості змикання. Так, зміна довжини ділянки має нелінійний характер, при збільшенні швидкості довжина ділянки зменшується.

## Висновки

При виконанні досліджень виконано обчислення параметрів шиккування різних форм бойових порядків способом «Догон на маршруті», що дає змогу значною мірою спростити та зменшити час на розрахунки штурмана при підготовці до виконання групових польотів, так час розрахунку за існуючою

методикою складає в середньому 20 хв, при автоматизації обчислень час витрачається тільки на введення початкових даних та виведення результатів на друк і складає до 2 хв.

Модель розрахунків, що запропонована в роботі, разом із графічною частиною дозволяє штурману оперативно готувати довідкові дані при обґрунтуванні пропозицій командирів на виконання поставленого завдання.

Наступні дослідження необхідно здійснювати в напрямку моделювання інших способів шиккування та розпуску бойових порядків. Зведення таких програм в єдину розрахункову систему дозволить в подальшому визначати не тільки задані параметри, оцінювати навички підлеглих у виконанні розрахунків, а й вирішувати зворотню задачу – обґрунтування вибору способу шиккування, розпуску та параметрів бойового порядку.

## Список літератури

1. Болховитинов О.В. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность : уч. пос. / О.В. Болховитинов. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990. – 135 с.
2. Воздушная навигация : учебник для курсантов лётных училищ ВВС / Б.А. Таранов, С.Г. Федоритенко, И.И. Свириденко, В.В. Ходотов и др. Под ред. И.А. Саутина. – М. : ВИ., 1990. – 464 с.
3. Карлов Д.В. Расчет ресурса времени на принятие решения на этапе непосредственного планирования боевых действий истребительной авиации / Д.В. Карлов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХУПС, 2015. – № 4 (21). – С. 29-31.
4. Воздушная навигация и элементы самолетовождения: учебн. пос. / В.Я. Мамаев, А.Н. Синяков, К.К. Петров, Д.А. Горбунов. – СПб: ГИИТ, 2002. – 256 с.
5. Боевые порядки тактической авиации (по опыту локальных войн) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://commi.narod.ru/txt/1990/0308.htm>.

Надійшла до редколегії 18.02.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.І. Тимочко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТУРМАНСКИХ РАСЧЕТОВ НА ПОСТРОЕНИЕ БОЕВЫХ ПОРЯДКОВ «ДОГОНОМ НА МАРШРУРЕ»

Е.С. Грисук, М.В. Живиця, А.О. Полищук, Р.П. Супрун

В статье рассматриваются вопросы методики штурманских расчетов на построение групп летательных аппаратов и порядок реализации алгоритмов на основе применения вычислительной техники и программного обеспечения. Методика и разработанная программа являются основой для дальнейшего развития комплексной программы поддержки принятия решения штурманом при подготовке предложений командиром на выполнение полетов в составе групп.

**Ключевые слова:** штурманские расчеты, групповые полеты, программы поддержки принятия решения, математическое моделирование.

## SIMULATION OF THE NAVIGATION CALCULATIONS ON THE CONSTRUCTION OF MILITARY ORDERS «CATCH UP ON THE ROUTE»

E.S. Grisuk, M.V. Givica, A.O. Polishuk, R.P. Suprun

This article examines the methodology of the Navigator's calculations to build groups of aircraft and the implementation of algorithms through the application of computer technology and software. The method and the developed program are the basis for further development of the complex program of support of decision-making Navigator in the preparation of proposals to the commander for flight operations teams.

**Keywords:** navigational calculations, group flights, decision support, mathematical modeling.