

Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 633.746:355.424.4.001

В.В. Сідаш¹, О.В. Никифоров²

¹ Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

² Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ОБСЯГУ НАЛЬОТУ ЛЬОТНОГО СКЛАДУ НА АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРАХ

Запропонована методика обґрунтування доцільного обсягу нальоту льотного складу на авіаційних тренажерах на підставі розв'язання задачі максимізації рівня засвоєння програми льотної підготовки з урахуванням обмежень щодо наявного обсягу паливно-мастильних матеріалів та фінансування льотної підготовки, бюджету робочого часу льотного складу. Задача оптимізації подана у вигляді задачі лінійного програмування, яку розв'язано стосовно визначення оптимального обсягу нальоту на тренажерах для льотного складу винищувальної та штурмової (бомбардувальної) авіації.

Ключові слова: організація льотної підготовки, авіаційний тренажер, критерій оптимальності.

Вступ

Необхідність пошуку нових науково-методичних підходів щодо організації та проведення заходів льотної підготовки в умовах ресурсних обмежень у напрямку оцінки ефективності використання виділених ресурсів та авіаційних тренажерів стало потребою сьогодення [1]. Авіаційні тренажери дозволяють компенсувати негативний вплив перерв у польотах на якість техніки пілотування льотного складу.

З іншого боку формування та підтримання льотних навичок льотного складу тільки за рахунок використання авіаційних тренажерів не є ефективним. Сформовані навички будуть неповними та невірними. В подальшому, після «льотної» підготовки з надмірним застосуванням тренажерів, льотному екіпажу доведеться здійснювати додатковий наліт з виправлення невірно сформованих навичок пілотування реального літака. Отже існує задача визначення оптимальної або раціональної пропорції між нальотом, що виконується льотними екіпажами на реальному літаку та на відповідному тренажері.

Основний матеріал

Оптимальний обсяг нальоту на тренажерах визначається на підставі розв'язання задачі максимізації загального рівню льотної підготовки з проведенням реальних польотів та з використанням авіаційних тренажерів при урахуванні обмежень на матеріально-технічні ресурси, що виділяються для забезпечення заходів льотної підготовки, та на наявний бюджет робочого часу осіб льотного складу.

На рис. 1 наведено схему дії основних факторів, що визначають оптимальний обсяг нальоту льотного складу на тренажері.

Навченість льотного складу за видами льотної підготовки та типами дій екіпажу у особливих випадках польоту вимірюється ступенем засвоєння відповідних льотних навчальних вправ (навчальних вправ) [2]. Ступінь засвоєння вправ відрізняється за умовами, в яких ці вправи можуть виконуватися льотним складом. В якості умов, за якими диференціюється рівень засвоєння льотних навчальних вправ за видами льотної підготовки, беруться метеорологічні умови. Це:

- прості метеорологічні умови вдень (ДПМУ);
- складні метеорологічні умови вдень та прості метеорологічні умови вночі (ДСМУ, НПМУ);
- складні метеорологічні умови вночі (НСМУ).

Ступені засвоєння вправ стосовно дій екіпажу у особливих випадках визначаються за рівнями складності особливих ситуацій.

Чисельно ступінь засвоєння i -ї групи льотних навчальних вправ (вправ щодо дій у особливих випадках у складних умовах та ситуаціях) обчислюється за допомогою наступного виразу:

$$K_i = \delta_{i,1}^{\text{мін.пр.}} \cdot J_i, \quad J_i = 1, 2, \dots, J^{\text{макс}}; \quad (1)$$

$$\delta_{i,1}^{\text{мін.пр.}} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } T_{i,1} < T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}; \\ 0, & \text{якщо } T_{i,1} \geq T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}; \end{cases} \quad (2)$$

$$J_i = \sum_{j=1}^{J^{\text{макс}}} \delta_{i,j}; \quad (3)$$

$$\delta_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } (\varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2}) \geq \text{Pr}g_{i,j}; \\ 0, & \text{якщо } (\varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2}) < \text{Pr}g_{i,j}; \end{cases} \quad (4)$$

де J_i – дискретна оцінка рівню засвоєння i -ї вправи; $J^{\text{макс}}$ – максимальне значення оцінки щодо вимірю-

Рівень навченості за видами льотної підготовки та типами дій у особливих випадках польоту

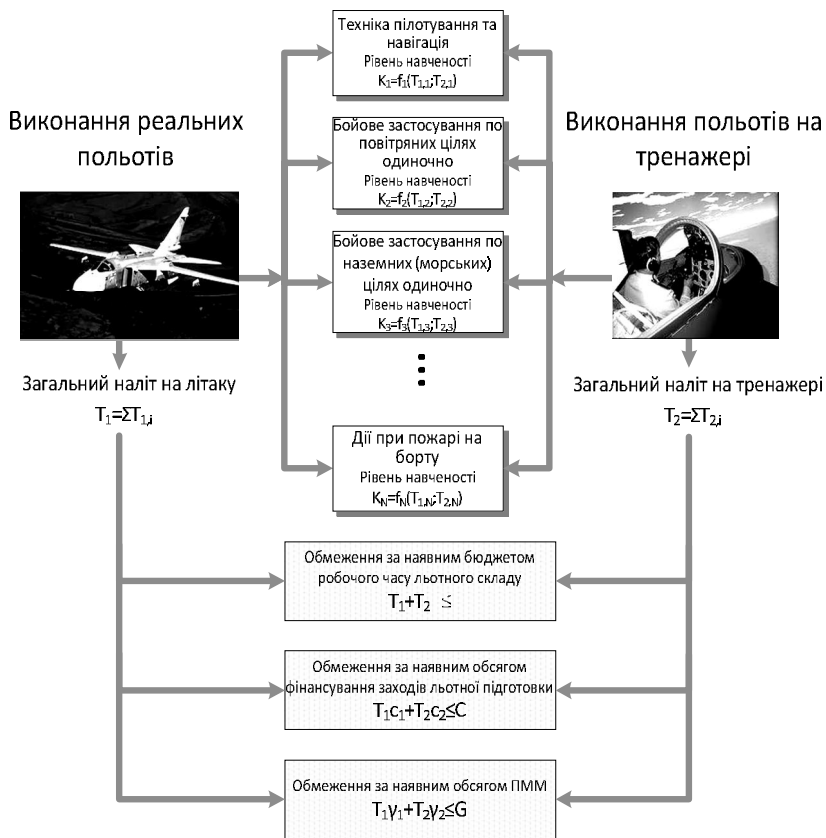


Рис. 1. Схема дії факторів, що визначають оптимальний обсяг нальоту на тренажері

вання рівню засвоєння i -ї вправи; $\delta_{i,1}^{\text{мін.пр.}}$ – показник виконання нальоту на літаку у обсязі, який дорівнює або перебільшує мінімально-припустимий обсяг реальних польотів, що необхідний для формування правильних навичок за i -м видом льотної підготовки; $T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}$ – обсяг реальних польотів, який необхідний для формування правильних навичок за i -м видом льотної підготовки; $\delta_{i,j}$ – показник засвоєння програми за i -м видом льотної підготовки у обсязі, який відповідає j -му ступеню засвоєння вправ відповідної групи; $\varphi_{i,1}, \varphi_{i,2}$ – коефіцієнти сумірності ефективності засвоєння вправ за i -м видом льотної підготовки при виконанні реальних польотів та використанні льотного тренажеру, відповідно; $\text{Prg}_{i,j}$ – сумарний обсяг програми підготовки за i -м видом льотної підготовки до j -го ступеню засвоєння вправ.

Обсяг програми підготовки за будь-яким видом льотної підготовки вимірюється у астрономічних годинах підготовки при виконанні реальних польотів або польотів на тренажері. Для кожного виду льотної підготовки існує різна ефективність стосовно засвоєння відповідних вправ при виконанні реальних польотів та при виконанні польотів на тренажері.

Якщо прийняти, що тривалість підготовки льотчика, підготовленого до бойових дій у всіх умовах, або для досягнення вищого ступеню засвоєння вправ за видами льотної підготовки, потрібне L років, тоді можна перейти до середньорічних показників з обсягів виконання реальних польотів та тренувань на тренажері:

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^N T_{i,1}; \quad (5)$$

$$\bar{T}_2 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^N T_{i,2}, \quad (6)$$

де \bar{T}_1, \bar{T}_2 – середньорічні обсяги виконання реальних польотів та польотів на тренажері, відповідно, що припадають на одного льотчика (один екіпаж); L – тривалість періоду, за який льотчиком (екіпажем) засвоюється увесь перелік вправ КБП відповідного роду авіації у обсязі, що відповідає вищому ступеню засвоєння вправ за видами льотної підготовки.

Середньорічні обсяги реальних польотів та польотів на тренажері повинні задовольняти наступним обмеженням:

– обмеженню щодо наявного бюджету робочого часу осіб льотної складу стосовно виконання заходів льотної підготовки:

$$\bar{T}_1 + \bar{T}_2 \leq B, \quad (7)$$

де B – наявний бюджет робочого часу осіб льотної складу, що відводиться щорічно на виконання заходів льотної підготовки;

– обмеженню щодо наявного фінансування заходів льотної підготовки:

$$M(\bar{T}_1 c_1 + \bar{T}_2 c_2) \leq C, \quad (8)$$

де c_1, c_2 – вартості однієї години нальоту літака та години роботи тренажеру відповідного типу; C – обсяг річного фінансування заходів льотної підготовки; M – кількість льотчиків (екіпажів), що розглядається;

– обмеженню щодо наявного обсягу паливно-мастильних матеріалів (ПММ):

$$M(\bar{T}_1 \gamma_{1,k} + \bar{T}_2 \gamma_{2,k}) \leq G_k, \quad (9)$$

де $\gamma_{1,k}, \gamma_{2,k}$ – годинні витрати ПММ k -го виду для літака та тренажеру відповідного типу; G_k – обсяг ПММ k -го виду, що виділяється на рік для забезпечення заходів льотної підготовки.

З урахуванням наведеного вище, задача обґрунтування оптимального обсягу нальоту льотчика на тренажері буде мати такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^N K_i = \max_{\{T_{i,1}\}, \{T_{i,2}\} \in Q} ; K_i = \delta_{i,1}^{\text{мін.пр.}} \cdot J_i \quad (10)$$

$$\delta_{i,1}^{\text{мін.пр.}} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } T_{i,1} < T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}; \\ 0, & \text{якщо } T_{i,1} \geq T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}; \end{cases} \quad (11)$$

$$J_i = \sum_{j=1}^{j_{\text{макс}}} \delta_{i,j}; \quad (12)$$

$$\delta_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } (\varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2}) \geq \text{Pr}g_{i,j}; \\ 0, & \text{якщо } (\varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2}) < \text{Pr}g_{i,j}; \end{cases} \quad (13)$$

$$\frac{1}{L} \left(\sum_{i=1}^N T_{i,1} + \sum_{i=1}^N T_{i,2} \right) \leq B; \quad (14)$$

$$\frac{M}{L} \left(\sum_{i=1}^N T_{i,1} c_1 + \sum_{i=1}^N T_{i,2} c_2 \right) \leq C; \quad (15)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, N^{\text{ПММ}} :$$

$$\frac{M}{L} \left(\gamma_{1,k} \sum_{i=1}^N T_{i,1} + \gamma_{2,k} \sum_{i=1}^N T_{i,2} \right) \leq G_k. \quad (16)$$

Для приведення задачі оптимізації (10) – (16) до вигляду типової задачі лінійного програмування можна замінити показник критерію ефективності (11) – (12) виразом такого вигляду:

$$K_i = \varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2}. \quad (17)$$

Вираз (11) треба замінити нерівністю:

$$T_{i,1} \geq T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}. \quad (18)$$

Після наведених перетворень задача оптимізації (10) – (16) подається як задача лінійного програмування, яка має такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^N \varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2} = \max_{\{T_{i,1}\}, \{T_{i,2}\} \in Q}; \quad (19)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, N : T_{i,1} \geq T_{i,1}^{\text{мін.пр.}}; \quad (20)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, N : \varphi_{i,1} T_{i,1} + \varphi_{i,2} T_{i,2} \leq \text{Pr}g_{i,j_{\text{макс}}}^*; \quad (21)$$

$$\frac{1}{L} \left(\sum_{i=1}^N T_{i,1} + \sum_{i=1}^N T_{i,2} \right) \leq B; \quad (22)$$

$$\frac{M}{L} \left(\sum_{i=1}^N T_{i,1} c_1 + \sum_{i=1}^N T_{i,2} c_2 \right) \leq C; \quad (23)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, N^{\text{ПММ}} :$$

$$\frac{M}{L} \left(\gamma_{1,k} \sum_{i=1}^N T_{i,1} + \gamma_{2,k} \sum_{i=1}^N T_{i,2} \right) \leq G_k, \quad (24)$$

де $N^{\text{ПММ}}$ – кількість видів ПММ, які враховуються; N – кількість видів льотної підготовки, відносно яких оптимізується оптимальний обсяг тренувань з використанням тренажеру; $\text{Pr}g_{i,j_{\text{макс}}}^*$ – обсяг програми підготовки льотного складу за i -м видом льотної підготовки з урахуванням додаткових тренувань на відновлення втраченого рівню підготовки внаслідок перерв та на підтримку раніше досягнутого рівню протягом періоду, L , необхідного для повного засвоєння відповідного курсу бойової підготовки.

Величини $\text{Pr}g_{i,j_{\text{макс}}}^*$, $i = 1, 2, \dots, N$ обчислюються за допомогою виразів наступного виду:

$$\text{Pr}g_{i,j_{\text{макс}}}^* = \text{Pr}g_{i,j_{\text{макс}}} + \text{Pr}g_{i,j_{\text{макс}}} e^{-\alpha_i L}, \quad (25)$$

де α_i – постійний коефіцієнт, який характеризує швидкість «забування» льотним складом раніше придбаних навичок за i -м видом льотної підготовки; L – період часу, протягом якого здійснюється засвоєння вправ за видами льотної підготовки у повному обсязі.

В табл. 1, 2 наведені необхідні вихідні дані щодо розв’язання задачі оптимізації (19) – (24) стосовно визначення оптимального обсягу підготовки на тренажері для льотного складу винищувальної та штурмової (бомбардувальної) авіації (K_1 – коефіцієнт ефективності виконання реальних польотів; K_2 – коефіцієнт ефективності виконання польотів на тренажері; O_1 – обсяг програми польотів та підготовки на тренажері для засвоєння вправ у повному обсязі, [г]; O_2 – обсяг програми підготовки для засвоєння вправ у повному обсязі, [г]).

Таблиця 1

Вихідні дані для задачі оптимізації обсягу підготовки на тренажерах льотного складу винищувальної авіації

Вид польотів (вид дій у особливих випадках)	K_1	K_2	O_1
1 Техніка пілотування та навігація	0,4	0,6	140
2 Бойове застосування по повітряних цілях одиночно	0,4	0,6	80
3 Бойове застосування по наземних (морських) цілях одиночно	0,4	0,6	30
4 Бойове застосування по повітряних цілях у складі пари	0,4	0,6	12
5 Бойове застосування по повітряних цілях у складі ланки	0,5	0,5	10
6 Льотно-тактична підготовка одиночного екіпажу	0,4	0,6	5
7 Льотно-тактична підготовка пари	0,5	0,5	8
8 Льотно-тактична підготовка ланки	0,8	0,2	12
9 Льотно-тактична підготовка ескадрильї	0,8	0,2	12
10 Льотно-тактична підготовка частини	1	0	4
11 Пожар на борту	0	1	5
12 Аварійне покидання літаку	0	1	5

Вихідні дані для задачі оптимізації обсягу підготовки на тренажерах льотного складу штурмової (бомбардувальної) авіації

Вид польотів (вид дій у особливих випадках)	K ₁	K ₂	O ₂
1 Техніка пілотування та навігація	0,4	0,6	250
2 Бойове застосування по наземних (морських) цілях	0,4	0,6	180
3 Бойове застосування по повітряних цілях	0,4	0,6	80
4 Льотно-тактична підготовка одиночного екіпажу	0,4	0,6	8
5 Льотно-тактична підготовка пари	0,5	0,5	45
6 Льотно-тактична підготовка ланки	0,8	0,2	12
7 Льотно-тактична підготовка ескадрильї	0,8	0,2	4
8 Льотно-тактична підготовка частини	1	0	4
9 Пожар на борту	0	1	5
10 Аварійне покидання літаку	0	1	5

При цьому встановлено, що тривалість періоду, протягом якого здійснюється повне засвоєння вправ за всіма видами льотної підготовки, становить:

– для льотного складу винищувальної авіації 3 роки;

– для льотного складу штурмової авіації 4,5 роки.

Для наведених в табл. 1, 2 вихідних даних, з урахуванням тривалості засвоєння повного обсягу вправ, отримано, що оптимальний обсяг тренувань для одного екіпажу на тренажері на рік становить:

– для винищувальної авіації 140 годин;

– для штурмової (бомбардувальної) авіації 155 годин.

Висновки

Таким чином в статті наведено формалізовану постановку та розв'язання задачі оптимізації обсягу нальоту льотного складу на авіаційному тренажері. Характер функції цілі, на якій побудований критерій оптимальності, та ресурсних обмежень, що враховується, дозволяють подати цю задачу оптимізації як задачу лінійного програмування.

За результатами розв'язання сформульованої задачі оптимізації в середньому обсяг нальоту льотного складу на тренажері має складати 60 – 70 % від

загального бюджету його робочого часу, що витрачається на льотну підготовку.

Отримані результати можуть бути використаними для обґрунтування заходів з організації льотної підготовки льотного складу Повітряних Сил Збройних Сил України, а також для розробки методик планування льотної підготовки на рік.

Список літератури

1. Зайцев В. Использование тренажеров при подготовке лётчиков ВМС США / В. Зайцев // Зарубежное военное обозрение. – 2005. – № 2.

2. Никифоров А.В. Измерение уровня решения задач лётной подготовки при планировании боевой подготовки авиационной части на год / А.В. Никифоров // Мат-ли між-нар. наук.-пр. конф. «Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем». – Кіровоград, ДЛАУ, 28 – 29 жовтня 2009 р. – С. 211-219.

3. Жуков Г.П. Военно-экономический анализ и исследование операций / Г.П. Жуков, С.Ф. Викулов. – М.: Воениздат, 1987. – 440 с.

Надійшла до редколегії 3.03.2016

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ОБЪЁМА НАЛЁТА ЛЁТНОГО СОСТАВА НА АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

В.В. Сидаш, А.В. Никифоров

Предложена методика обоснования рационального объёма налёта лётного состава на авиационных тренажерах на основании решения задачи максимизации уровня освоения программы лётной подготовки с учётом ограничений на располагаемый объём горюче-смазочных материалов и финансирования лётной подготовки, на бюджет рабочего времени лётного состава. Задача оптимизации рассматривается как задача линейного программирования, которая решена относительно определения оптимального объёма налёта на тренажерах для лётного состава истребительной и штурмовой (бомбардировочной авиации).

Ключевые слова: организация лётной подготовки, авиационный тренажер, критерий оптимальности.

DETERMINATION OF OPTIMUM VOLUME OF RAID OF FLYING COMPOSITION ON AVIATION TRAINEGER

V.V. Sidash, A.V. Nikiforov

The method of ground of rational volume of raid of flying composition is offered on aviation traineger on the basis of decision of task of maximization of level of mastering of the program of flying preparation taking into account limits on the disposed volume of aviation kerosene materials and financing of flying preparation, on the budget of working hours of flying composition. The task of optimization is consider as a task of the linear programming, which is decided in relation to determination of optimum volume of raid on traineger for flying composition destructive and assault (to the bombing aviation).

Keywords: organization of flying preparation, aviation traineger, criterion of optimality.