

УДК 633.746:355.424.4.001

В.В. Сідаш

Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПОРЯДКУ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ЗАХОДІВ ЛЬОТНОЇ ПІДГОТОВКИ В АВІАЦІЙНИХ ЧАСТИНАХ У МИРНИЙ ЧАС

*Здійснено постановку задачі визначення раціонального порядку заходів льотної підготовки та матеріально-технічного забезпечення авіаційних частин у мирний час. В якості критерію, за яким обирається раціональний варіант організації підготовки, використовується критерій мінімізації рівню можливих ризиків втрати придбаного рівня льотної підготовки та сплати штрафів за простій залізничних цистерн.*

**Ключові слова:** процес прийняття рішень, формалізація, модель стану, критерій оптимальності

### Вступ

На цей час, в умовах жорстких обмежень щодо ресурсного забезпечення підготовки та розвитку Збройних Сил України, існує нагальна потреба в удосконаленні організації процесів бойової підготовки військ (сил). Головним напрямком удосконалення цих процесів повинен стати економічний або ресурсний фактор [1].

В Повітряних Силах найбільш ресурсномістким видом бойової підготовки є льотна підготовка екіпажів в авіаційних бригадах. Для цього виду бойової підготовки має місце таке явище як зниження ефективності використання наявних матеріально-технічних ресурсів з приводу їх зайвого розходу внаслідок перебоїв у постачанні авіаційного палива до авіаційних бригад (виникає потреба відновлення втраченого рівню підготовки).

Зменшення рівня ризику зайвого розходу авіаційного палива можливе за рахунок визначення раціонального порядку відпрацювання завдань льотної підготовки (періодичності та обсягу нальоту за видами льотної підготовки) та доцільної стратегії управління запасами палива (рівня гарантованих запасів палива та порядку здійснення замовлень щодо їх поповнення) під час проведення польотів в авіаційних бригадах.

**Постановка задачі.** Доцільні планована періодичність та обсяг нальоту при виконанні льотної підготовки визначаються шляхом складення балансу очікуваної періодичності та розмірів партій постачання авіаційного палива, з одного боку, та змісту й рівнів вирішення поставлених перед авіаційною бригадою завдань льотної підготовки, з іншого боку.

Рівень гарантованих запасів авіаційного палива визначається в залежності від розміру ймовірнісних відхилень від очікуваних значень обсягу та періодичності партій постачання палива. Під гарантованими запасами в статті розуміються такі запаси авіаційного палива в авіаційній бригаді, розмір яких визначає момент часу, в який необхідно переходити від стратегії нарощування рівня льотної підготовки екіпажів

до стратегії збереження раніше досягнутого рівня. Обсяги гарантованих запасів авіаційного палива повинні бути такими, щоб їх вистачало для підтримання досягнутого рівня льотної підготовки без накопичення надкритичних перерв в польотах льотних екіпажів за період часу з моменту відправлення заявки на поповнення запасів палива до моменту отримання замовленої партії палива.

Таким чином, завдання визначення раціональної стратегії управління запасами авіаційного палива для гарантованого підтримання досягнутого рівня льотної підготовки льотного складу у авіаційній бригаді передбачає вирішення завдання розроблення методики з визначення раціонального рівню гарантованих запасів та порядку управління запасами авіаційного палива в залежності від поточного рівня льотної підготовки екіпажів та характеристик, що визначають процес постачання авіаційного палива, з урахуванням рівня їх невизначеності і є **метою** статті.

### Основна частина

В якості параметрів, що визначають порядок здійснення заходів з організації льотної підготовки в авіаційних частинах, в даній роботі розглядаються:

– структура льотного складу за їх підготовленістю (класністю), яка повинна підтримуватися в мирний час в авіаційних частинах одного роду авіації;

– програми льотної підготовки, які встановлюються для кожної групи льотного складу;

– встановлені норми нальоту для різних груп екіпажів, які дозволяють підтримувати задану структуру льотного складу незмінною при наявній ротації льотних кадрів;

– встановлені розміри гарантованих запасів авіаційного палива, які дозволяють досягати мінімального балансу ризиків додаткових витрат на відновлення рівня льотних навичок, що втрачається при вимушених перервах в польотах, і на оплату штрафів за простій залізничних цистерн при несвоєчасному прийомі авіаційного палива, що поставляється до авіаційної частини.

Структура льотного складу за рівнями його під-

готовки кількісно визначається як  $\{N_g^{ек.}, k_g^{КБП}\}$ , де  $N_g^{ек.}$  – кількість екіпажів  $g$ -ої групи (під групою екіпажів розуміється сукупність екіпажів з однаковим кваліфікаційним рівнем);  $k_g^{КБП} = \frac{U_g^{КБП}}{U^{КБП}}$  – коефіцієнт, який характеризує обсяг програм льотної підготовки, які освоюються екіпажами  $g$ -ої групи;  $U^{КБП}, U_g^{КБП}$  – обсяги нальоту, які необхідні при проходженні всього КБП і програми підготовки екіпажів з  $g$ -ої групи, відповідно.

При цьому, якщо для кожної такої групи екіпажів відомий коефіцієнт їх ротації  $\rho_g, g=1,2,3$ , тоді систему льотної підготовки, з урахуванням переходів екіпажів з однієї кваліфікаційної групи до іншої, при послідовному освоєнні ними програми курсу бойової підготовки (КБП), можна представити у вигляді наступної схеми, яка зображена на рис. 1.

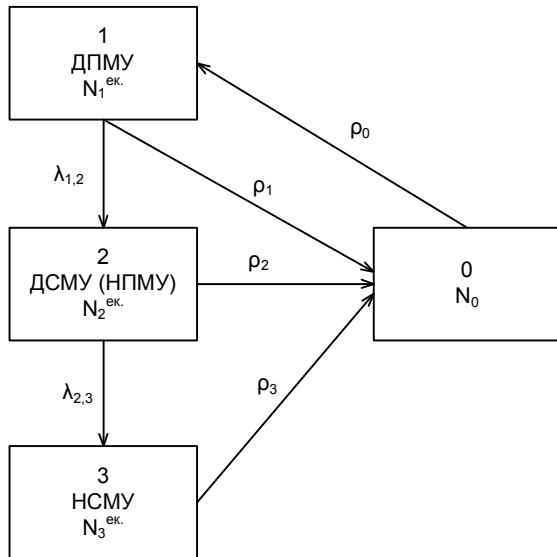


Рис. 1. Схема процесу льотної підготовки в мирний час

На наведеній схемі стани 1, 2 і 3 позначають групи екіпажів, про які велося раніше. Ці групи льотного складу відрізняються за рівнями і, відповідно, за змістом виконуваних ними програм льотної підготовки. Тобто це екіпажі, які освоюють програми льотної підготовки в обсязі підготовленості до виконання бойових завдань: вдень в простих метеорологічних умовах; вдень в складних (вночі в простих) метеорологічних умовах; вночі в складних метеорологічних умовах. Виконуючи послідовне проходження КБП льотний склад поступово здійснює перехід зі стану 1 до стану 2 і зі стану 2 до стану 3.

Нульовий стан умовно вбирає два стани або два етапи проходження військової служби льотним складом. Це етап навчання у льотному вузі та етап завершення служби й вихід у запас.

На підставі схеми, що наведена на рисунку 1, виходячи з умови, що чисельність екіпажів, які перебувають у встановлених станах незмінна або, інакше, що стан системи є стаціонарним, можна записати наступну систему лінійних рівнянь

$$\begin{cases} -N_1^{ек.} \rho_1 - N_1^{ек.} \lambda_{1,2} + N_0 \rho_0 = 0 \\ -N_2^{ек.} \rho_2 - N_2^{ек.} \lambda_{2,3} + N_1^{ек.} \lambda_{1,2} = 0 \\ -N_3^{ек.} \rho_3 + N_2^{ек.} \lambda_{2,3} = 0 \\ N_1^{ек.} \rho_1 + N_2^{ек.} \rho_2 + N_3^{ек.} \rho_3 - N_0 \rho_0 = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де  $\lambda_{1,2}, \lambda_{2,3}$  – інтенсивності проходження екіпажами з першої і другої групи, відповідно, програм льотної підготовки при вирішенні завдань підготовки на наступний клас. Дані величини можуть вимірюватися, наприклад, як кількість екіпажів відповідної групи, підготовлюваних протягом календарного року в обсязі програми підготовки екіпажів з подальшою групи;

$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_0$  – середньорічні коефіцієнти звільнення в запас для екіпажів з першої, другої і третьої груп, відповідно, а також коефіцієнт ротації льотного складу;

$N_1^{ек.}, N_2^{ек.}, N_3^{ек.}$  – чисельність екіпажів, що підтримується у встановлених групах;

$N_0$  – чисельність курсантів, що навчається у ВНЗ по розглянутій льотній спеціальності (по розглянутому роду авіації).

Виходячи з наведеної системи рівнянь, для заданої чисельності екіпажів в групах і при відомих коефіцієнтах  $\rho_g, g=1, 2, 3$ , потрібні інтенсивності підготовки екіпажів на наступний клас можуть бути обчислені як

$$\lambda_{1,2} = \rho_1 - \frac{\sum_{g=1}^3 N_g^{ек.} \rho_g}{N_1^{ек.}}, \quad (2)$$

$$\lambda_{2,3} = \frac{N_3^{ек.}}{N_2^{ек.}} \rho_3. \quad (3)$$

Знаючи величини  $\lambda_{1,2}$  і  $\lambda_{2,3}$  можна оцінити потрібний наліт, який повинен виконуватися в авіаційній частині для підтримки заданої структури готовності льотного складу протягом встановленого періоду часу. Ця величина подається як сума нальоту, що виконується при виконанні льотним складом завдань подальшого проходження КБП, удосконалення льотної майстерності, підготовки інструкторів та ведучих пар та при виконанні польотів, пов'язаних з підтримкою раніше досягнутого рівня. Виходячи з цього, інтенсивність витрачання авіаційного палива, яка потрібна для збереження встановленої структури льотного складу незмінною, буде обчислюватися як

$$\dot{G}_T^{\text{потр.}} = \left( \lambda_{1,2} N_1^{\text{ек.}} \Delta U_{1,2} + \lambda_{2,3} N_2^{\text{ек.}} \Delta U_{2,3} + \sum_{g=1}^3 N_g^{\text{ек.}} \Delta U_g \right) C_T \phi_{\text{дод.}}, \quad (4)$$

де  $\dot{G}_T^{\text{потр.}}$  – потрібний обсяг палива, який повинен поставлятися до розглянутої авіаційної частини протягом року (встановленого періоду часу) для підтримки заданої структури і рівнів готовності льотного складу;

$\Delta U_{1,2}, \Delta U_{2,3}$  – об’єми нальоту, які повинні бути виконані кожним екіпажем з першої і другої груп, відповідно, при проходженні ними програм підготовки на наступний клас;

$\Delta U_g$  – об’єм нальоту, який повинен виконуватися кожним екіпажем з  $g$ -ої групи протягом року для підтримки раніше досягнутого рівня підготовленості;

$C_T$  – коефіцієнт годинного розходу палива для того типу авіаційної техніки (АТ), що є на озброєнні у розглянутій авіаційній частині;

$\phi_{\text{дод.}}$  – коефіцієнт, що враховує додатковий наліт, який виконується при організації і проведенні польотів в авіаційній частині (польоти на розвідку погоди, на обліт АТ і т.п.). Зазвичай значення цього коефіцієнта приймається  $\phi_{\text{дод.}} = 1,2$ .

Об’єми нальоту  $\Delta U_{1,2}, \Delta U_{2,3}$  можуть бути визначені як

$$\Delta U_{1,2} = U_2^{\text{КБП}} - U_1^{\text{КБП}}, \quad (5)$$

$$\Delta U_{2,3} = U_3^{\text{КБП}} - U_2^{\text{КБП}}, \quad (6)$$

де  $U_3^{\text{КБП}}, U_2^{\text{КБП}}, U_1^{\text{КБП}}$  – об’єми нальоту, які необхідні для проходження програм підготовки до рівня підготовленості екіпажів 3, 2 і 1 груп, відповідно.

Величини  $\Delta U_g, g = 1, 2, 3$ , що входять до виразу (4), можуть бути визначені на підставі дослідження процесів льотної підготовки у мирний час. Вважаючи, що динаміку коефіцієнта рівня готовності льотного складу можна прогнозувати з допомогою диференційного рівняння вигляду [2, 3]

$$\frac{dk_g}{dt} = -\alpha_g k_g + \beta_g \dot{u}_g,$$

де  $k_g$  – поточне значення коефіцієнта рівня готовності льотного екіпажу (льотних екіпажів)  $g$ -ої групи;

$\alpha_g$  – коефіцієнт, який характеризує швидкість втрати раніше набутих навичок льотної роботи для екіпажів з  $g$ -ої групи;

$\beta_g$  – коефіцієнт, який характеризує швидкість придбання нових навичок в залежності від виконаного обсягу нальоту;

$\dot{u}_g$  – інтенсивність нальоту, що виконується з екіпажами  $g$ -ої групи,

Величину обсягу нальоту, необхідного на підтримку заданого рівня готовності екіпажів  $g$ -ої групи, можна оцінити за допомогою співвідношень:

$$0 = -\alpha_g \bar{k}_g + \beta_g \dot{u}_g, \quad (7)$$

$$\dot{u}_g = \frac{\alpha_g}{\beta_g} \bar{k}_g, \quad (8)$$

$$\Delta U_g = \int_0^{T_{\text{н.р.}}} \frac{\alpha_g}{\beta_g} \bar{k}_g dt, \quad (9)$$

де  $\bar{k}_g$  – середній коефіцієнт готовності, який підтримується для екіпажів з  $g$ -ої групи. Зазвичай прийнято вважати, що  $\bar{k}_g = 0,8k_g^{\text{КБП}}$ , тобто підтримуваний постійно рівень готовності екіпажів повинен становити приблизно 80 відсотків від розглянутого для даної групи екіпажів обсягу програми КБП;

$T_{\text{н.р.}}$  – тривалість навчального року в прийнятих одиницях виміру астрономічного часу. Якщо прийняти, що в якості одиниці виміру береться один місяць, то тоді

$$\Delta U_g = \frac{\alpha_g}{\beta_g} 0,8k_g^{\text{КБП}} \cdot 12 = 9,6 \frac{\alpha_g}{\beta_g} k_g^{\text{КБП}}. \quad (10)$$

Таким чином, враховуючи викладене вище, потрібний річний обсяг палива, який повинен витрачатися в авіаційній частині із заданою структурою льотного складу, прийме вигляд

$$\dot{G}_T^{\text{потр.}} = \left[ \sum_{g=1}^2 \lambda_{g,(g+1)} N_g^{\text{ек.}} \left( U_{g+1}^{\text{КБП}} - U_g^{\text{КБП}} \right) + 9,6 \sum_{g=1}^3 N_g^{\text{ек.}} \frac{\alpha_g}{\beta_g} k_g^{\text{КБП}} \right] C_T \phi_{\text{дод.}} \quad (11)$$

Співвідносячи одержувані для даних структур льотного складу оцінки за потрібною інтенсивністю нальоту, можна виносити висновок про можливість або неможливість реалізації того чи іншого варіанта структури мирного часу. Так, якщо розраховані інтенсивності підготовки екіпажів 1 і 2 груп на наступний клас  $\lambda_{1,2}, \lambda_{2,3}$  вимагають виконання таких обсягів нальоту, які перевищують максимально допустимі річні норми нальоту екіпажів, то тоді розглянута структура льотного складу не може бути реалізована. Умова, що визначає реалізованість варіанту структури мирного часу має вигляд

$$\lambda_{g,(g+1)} \left( U_{g+1}^{\text{КБП}} - U_g^{\text{КБП}} \right) + 9,6 \frac{\alpha_g}{\beta_g} k_g^{\text{КБП}} \leq U_{\text{макс.доп.}}, \quad g = 1, 2, \quad (12)$$

де  $U_{\text{макс. доп.}}$  – встановлена максимально допустима річна норма нальоту екіпажів.

З варіантів структур підготовленості та рівнів готовності екіпажів  $\{N_g^{\text{ек.}}, k_g^{\text{КБП}}\}$ ,  $g = 1, 2, 3$ , що задовольняють умові реалізованості (12), відбираються раціональні варіанти. Ступінь раціональності розглянутих варіантів структур визначається на основі критерію мінімізації витрат палива, що необхідні на утримання структури

$$K_V^{\text{рац.}} = \dot{G}_{T_V}^{\text{потр.}} = \left[ \sum_{g=1}^2 \lambda_{g,(g+1)}^v N_g^{\text{ек.}} \left( U_{(g+1)_V}^{\text{КБП}} - U_{g_V}^{\text{КБП}} \right) + \right. \\ \left. + 9,6 \sum_{g=1}^3 N_g^{\text{ек.}} \frac{\alpha_g}{\beta_g} k_g^{\text{КБП}} \right] C_{T_{\text{ф дод}}} \rightarrow \min_{v=1, V} \quad (13)$$

де  $\lambda_{g,(g+1)}^v$ ,  $U_{g_V}^{\text{КБП}}$ ,  $k_g^{\text{КБП}}$ ,  $N_g^{\text{ек.}}$ ,  $g = 1, 2, 3$  – параметри, що визначають  $v$ -ий варіант структури підготовленості і готовності льотної складу мирного часу;

$V$  – кількість варіантів структур, які можуть бути реалізовані за умовою (12).

Оскільки в даний час, при забезпеченні процесів льотної підготовки, мають місце значні перебої в постачанні основних видів матеріально-технічних ресурсів, і насамперед авіаційного палива, то обґрунтовані за допомогою критерію (13) і умови (12) раціональні параметри структури  $\left\{ \lambda_{g,(g+1)}^v, U_g^{\text{КБП}}, N_g^{\text{ек.}}, \dot{G}_T^{\text{потр.}} \right\}_{\text{рац.}}$  повинні бути доповнені раціональними параметрами організації процесу матеріально-технічного забезпечення авіаційних частин.

В якості показників матеріально-технічного забезпечення авіаційних частин у мирний час у статті розглядаються показники, що характеризують процес постачання в частину авіаційного палива. При відсутності збоїв у постачанні авіаційного палива або при високій мірі визначеності часових параметрів процесу забезпечення для його опису може бути використана наступна модель (рис. 2).

В авіаційній частині періодично поновлюються запаси авіаційного палива. Періодичність відновлення запасів визначається наявним об'ємом ємностей аеродромної системи прийому, зберігання та роздачі авіаційного палива  $G_T^*$  і темпом його витрачання  $\dot{G}_T$ . Тобто період відновлення запасів палива становить

$$T_B = \frac{G_T^*}{\dot{G}_T},$$

де  $G_T^*$  – запаси авіаційного палива, які визначаються місткістю ємностей аеродромної системи прийому, зберігання та роздачі авіаційного палива;

$\dot{G}_T$  – середньорічний темп витрачання авіаційного палива в авіаційній частині (вираз (11));

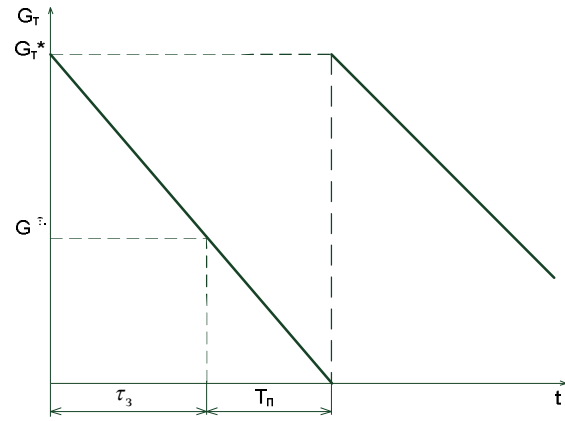


Рис. 2. Процес забезпечення авіаційним паливом при визначеності часових параметрів процесу постачання палива

$T_B$  – періодичність відновлення запасів авіаційного палива, вимірювана в частках календарного року.

При цьому для здійснення процесу забезпечення авіаційної частини авіаційним паливом може бути використаний наступний порядок дій. У міру вироблення аеродромних ємностей і за зменшення запасів палива до певної величини  $G_T^3$  службою матеріально-технічного забезпечення авіаційної частини у відповідні органи забезпечення Повітряних Сил подається заявка на постачання чергової партії авіаційного палива. Розмір замовленої партії дорівнює  $G_T^*$ . З моменту подачі заявки до моменту прибуття замовленої партії авіаційного палива в авіаційну частину проходить деякий відомий час поставки  $T_п$ . На момент прибуття замовленої партії палива вичерпується запас палива, що залишився, і паливні аеродромні ємності звільнюються для прийому нової партії палива.

Величина запасу палива  $G_T^3$ , за якою службою матеріально-технічного забезпечення авіаційної частини визначається момент відправки заявки, визначається на підставі співвідношення

$$G_T^3 = T_п \dot{G}_T.$$

Даний порядок дій характерний для випадку, коли величина  $T_п$  жорстко визначена або для випадку безперебійного матеріально-технічного забезпечення авіаційних частин. У разі, коли має місце невизначеність термінів постачання авіаційного палива, стратегія управління запасами при забезпеченні польотів повинна бути іншою. При цьому модель процесу постачання та витрачання авіаційного палива прийме вигляд, який наводиться на рис. 3.

В даному випадку величина  $T_п$  приймає випадкові значення, які підпорядковуються нормальному закону розподілу випадкових величин з центром розподілу, рівним математичному сподіванню  $[T_п]$ . При відомому середньоквадратичному відхиленні

величини  $T_{\Pi}$  може бути визначений деякий інтервал  $[T_{\Pi}^{\min}; T_{\Pi}^{\max}]$ , який буде охоплювати всі можливі випадкові значення моментів часу доставки палива з заданою довірчою ймовірністю  $P_d$ .

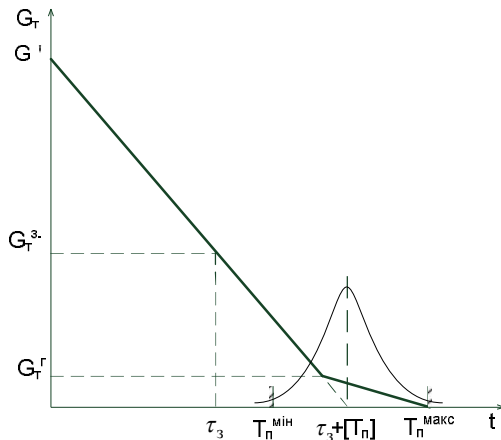


Рис. 3. Процес забезпечення авіаційним паливом при невизначеності часових параметрів процесу постачання палива

Значення границь зазначеного інтервалу можуть бути обчислені за допомогою наступних співвідношень

$$T_{\Pi}^{\max} = \tau_3 + [T_{\Pi}] + \sigma^{T_{\Pi}} \operatorname{arg}\left(\Phi = \frac{P_d}{2}\right), \quad (14)$$

$$T_{\Pi}^{\min} = \tau_3 + [T_{\Pi}] - \sigma^{T_{\Pi}} \operatorname{arg}\left(\Phi = \frac{P_d}{2}\right), \quad (15)$$

де  $\operatorname{arg}\left(\Phi = \frac{P_d}{2}\right)$  – аргумент функції Лапласа, значення якої дорівнює  $\frac{P_d}{2}$ ;

$P_d$  – задана довірка ймовірність;

$[T_{\Pi}]$  – математичне сподівання тривалості періоду доставки заявленої партії авіаційного палива в частину, починаючи від моменту відправки заявки в органи забезпечення;

$\sigma^{T_{\Pi}} = \frac{[T_{\Pi}]^2 - T_{\Pi}^2}{N - 1}$  – оцінка середньоквадратичного відхилення випадкової величини  $T_{\Pi}$  від його середнього значення  $[T_{\Pi}]$ ;

$N$  – об'єм статистичної вибірки спостережень процесу задоволення заявок на постачання авіаційного палива для даної авіаційної частини.

У разі існуючої невизначеності щодо термінів постачання авіаційного палива, крім визначення величини запасів палива  $G_T^3$ , по досягненні яких відправляється заявка на постачання авіаційного палива у вищестоящі органи, ще встановлюється рівень гарантованого запасу авіаційного палива на аеродромному складі

$G_T^{\Gamma}$ . При цьому командуванням авіаційної частини використовується така стратегія управління запасами. По виробленню запасів авіаційного палива до рівня  $G_T^3$  у вищестоящий орган відправляється заявка на постачання партії авіаційного палива в об'ємі  $G_T^*$  і продовжують виконувати польоти з інтенсивністю, що забезпечує вирішення задач льотної підготовки в повному обсязі. Дана інтенсивність польотів характеризується витратою палива  $\dot{G}_T$ . За зменшення рівня запасів авіаційного палива до величини  $G_T^{\Gamma}$ , у разі якщо замовлена партія палива ще не доставлена, інтенсивність польотів знижується до рівня, який забезпечує тільки рішення задач підтримки раніше досягнутого рівня льотної підготовки. Тобто здійснюється перехід на режим економії палива. Величина потрібної витрати авіаційного палива, який необхідний для підтримки режиму економії, може бути оцінена як

$$\dot{G}_T^{\text{економ.}} = 9,6 C_{\Gamma} \varphi_{\text{дод.}} \sum_{g=1}^3 N_g^{\text{ек.}} \frac{\alpha_g}{\beta_g} K_g^{\text{КБП}}. \quad (15)$$

де  $\dot{G}_T^{\text{економ.}}$  – інтенсивність витрати запасів авіаційного палива при виконанні польотів в режимі економії (при підтримці раніше досягнутого рівня льотної підготовки).

Величина гарантованих запасів авіаційного палива визначається виходячи з умови їх вичерпання не раніше, ніж настане момент часу  $T_{\Pi}^{\max}$

$$G_T^{\Gamma} = \left( T_{\Pi}^{\max} - \frac{G_T^* - G_T^{\Gamma}}{\dot{G}_T^{\text{потр.}}} \right) \dot{G}_T^{\text{економ.}}. \quad (16)$$

При даній величині гарантованих запасів, рівень ризику втрати досягнутого рівня льотної підготовки із-за відсутності своєчасного постачання авіаційного палива буде дорівнювати величині ймовірності непотрапляння випадкової величини часу доставки партії палива  $(\tau_3 + T_{\Pi})$  в інтервал  $[\tau_3; T_{\Pi}^{\max}]$ . Дана ймовірність характеризує ймовірність того, що паливо буде доставлено пізніше, ніж буде вичерпано гарантований запас палива. Враховуючи симетрію нормального закону розподілу, ця ймовірність, або рівень ризику втрати льотної підготовки, може бути обчислена за допомогою виразу

$$R^{\text{втр.}} = \frac{1 - P_d}{2}, \quad (17)$$

де  $R^{\text{втр.}}$  – рівень ризику втрати досягнутого рівня льотної підготовки.

У грошовому вираженні величина ризику втрати навичок може бути оцінена як

$$C^{\text{втр.}} = R^{\text{втр.}} \varphi_{\text{дод.}} c_{1\Gamma} \sum_{g=1}^3 N_g^{\text{ек.}} \Delta X_g^{\text{відн.}}, \quad (18)$$

де  $\Delta X_g^{\text{відн.}}$  – нормативний обсяг програми відновлення раніше втраченого рівня льотної підготовки для екіпажів з g-ої групи;

$c_{1g}$  – вартість однієї години нальоту для того типу АТ, який знаходиться на озброєнні у розглянутій авіаційній частині;

$\Phi_{\text{дод}}$  – коефіцієнт додаткового нальоту.

При збільшенні розміру гарантованих запасів, якщо момент часу відправлення заявки на постачання авіаційного палива залишається незмінним, значення ризику втрати льотних навичок із-за невчасного постачання палива зменшується. При зменшенні гарантованих запасів – збільшується. Величина ризику втрати навичок в залежності від встановленого обсягу гарантованих запасів  $G_T^r$  має вигляд

$$R^{\text{втр.}} = 1 - P(G_T^r), \quad (19)$$

$$P(G_T^r) = 0,5 + \Phi \left( \frac{T_0(G_T^r) - (\tau_3 + [T_{\text{п}}])}{\sigma_{T_{\text{п}}}} \right), \quad (20)$$

$$T_0(G_T^r) = \frac{G_T^* - G_T^r}{\dot{G}_T^{\text{потр.}}} + \frac{G_T^r}{\dot{G}_T^{\text{економ.}}}, \quad (21)$$

де  $P(G_T^r)$  – ймовірність того, що встановлений гарантований запас авіаційного палива буде вичерпаний після доставки замовленої партії палива в частину;

$T_0(G_T^r)$  – момент часу, який відповідає повному вичерпанню встановлених гарантованих запасів авіаційного палива при інтенсивності витрати палива, до рівня  $G_T^r$ ,  $\dot{G}_T^{\text{потр.}}$  і потім, після зниження рівня запасів менше, ніж  $G_T^r - \dot{G}_T^{\text{економ.}}$ ;

$\sigma_{T_{\text{п}}}$  – середньоквадратичне відхилення  $T_{\text{п}}$ .

Поряд з ризиком втрати і подальшого відновлення втрачених навичок внаслідок несвоєчасного постачання авіаційного палива ще присутній ризик простою залізничних цистерн внаслідок їх несвоєчасною розвантаження через зайнятість аеродромних ємностей. Якщо замовлена партія палива прибуває в авіаційну частину в той момент, коли ще є невироблені запаси авіаційного палива, командуванням приймається рішення про перехід знову до інтенсивних польотів, а залізничні цистерни ставляться в стан очікування до повного вироблення аеродромних запасів палива. На рис. 4 показана загальна схема даного процесу. Величина ризику простою залізничних цистерн із-за несвоєчасного їх розвантаження в грошовому вираженні може бути виражена як

$$C^{\text{прст.}} = \sum_{i=1}^{(T_0 - \tau_3)/\Delta t} P(i\Delta t \leq T_{\text{п}}^{\Phi} \leq (i+1)\Delta t) \times c_1^{\text{прст.}} \cdot T^{\text{прст.}} \cdot 365, \quad (22)$$

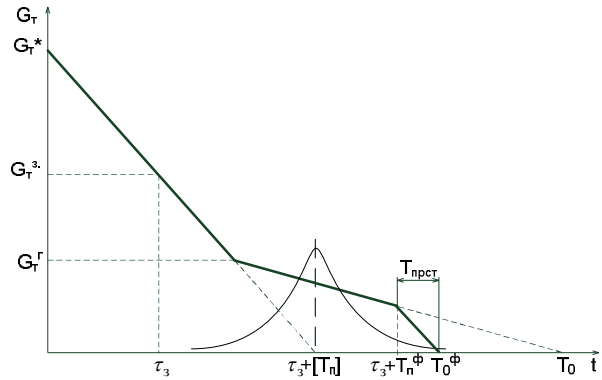


Рис. 4. Схема постачання авіаційного палива та співвідношення ризиків за втрату рівня льотної підготовки і простою залізничного транспорту

$$T^{\text{прст.}} = T_0^{\Phi} - (\tau_3 + T_{\text{п}}^{\Phi}), \quad (23)$$

$$T_0^{\Phi} = \tau_3 + T_{\text{п}}^{\Phi} + \left( G_T^r - \left( T_{\text{п}}^{\Phi} - \frac{(G_T^3 - G_T^r)}{\dot{G}_T^{\text{потр.}}} \right) \dot{G}_T^{\text{економ.}} \right) \cdot \frac{1}{\dot{G}_T^{\text{потр.}}}, \quad (24)$$

$$P(i\Delta t \leq T_{\text{п}}^{\Phi} \leq (i+1)\Delta t) = \Phi \left( \frac{(i+1)\Delta t - (\tau_3 + [T_{\text{п}}])}{\sigma_{T_{\text{п}}}} \right) - \Phi \left( \frac{i\Delta t - (\tau_3 + [T_{\text{п}}])}{\sigma_{T_{\text{п}}}} \right), \quad (25)$$

де  $C^{\text{прст.}}$  – величина штрафу за простій залізничних цистерн;  $T_{\text{п}}^{\Phi}$  – фактичне або випадково реалізоване значення періоду поставки замовленої партії авіаційного палива;  $T_0^{\Phi}$  – фактичне або реалізоване в залежності від випадкового значення моменту постачання авіаційного палива в частину значення часу повного вироблення старих запасів палива;  $T_0$  – розрахункове значення часу повного вироблення старих запасів палива, якщо після введення використовується тільки економний режим польотів;  $c_1^{\text{прст.}}$  – величина штрафу за добу простою залізничних цистерн;  $T^{\text{прст.}}$  – тривалість простою залізничних цистерн, вимірювана в частках календарного року;  $P(i\Delta t \leq T_{\text{п}}^{\Phi} \leq (i+1)\Delta t)$  – ймовірність випадкового попадання значення періоду поставки заявленої партії авіаційного палива в інтервал значень від  $i \cdot \Delta t$  до  $(i+1) \cdot \Delta t$ ;  $\Phi$  – функція Лапласа;  $\Delta t$  – встановлений інтервал кроку для просування по осі часу.

Зі збільшенням гарантованих запасів  $G_T^r$  величина ризику простою залізничних цистерн із-за їх несвоєчасного розвантаження збільшується. При зменшенні – зменшується.

Тобто існує протиріччя. Для зменшення ризику втрати досягнутого рівня льотної підготовки і пов'язаної

них з цим витрат на виконання спеціальних програм відновлення льотної підготовки екіпажів необхідно збільшувати рівень гарантованих запасів авіаційного палива. Тобто необхідно переходити на режим економії якомога раніше після відправки заявки на поставання нової партії авіаційного палива. З іншого боку, таке раннє здійснення польотів в режимі економії, швидше за все, призведе до ситуації, коли в частину прибуде заявлена партія авіаційного палива при зайнятих аеродромних ємностях для прийому і зберігання авіаційного палива. Залізничні цистерни, що прибули, необхідно буде затримувати на період вироблення старих запасів палива.

Зменшення гарантованих запасів палива, коли перехід на режим економії здійснюється як можна пізніше, призводить до зростання ймовірності повного вироблення запасів палива до того, як буде поставлена його нова партія. У льотних екіпажів виникнуть перерви в польотах, та відбудеться втрата раніше досягнутого рівня льотної підготовки.

Таким чином, існує оптимальний рівень гарантованих запасів авіаційного палива, при якому забезпечується рівність ризиків втрати льотних навичок і простою залізничних цистерн при їх вираженні в грошовому виміру. На рис. 5 показано принцип знаходження раціонального значення рівня гарантованих запасів для заданої структури льотного складу.

Величина  $G_{T\text{opt}}^r$  розраховується рівнянням

$$\frac{T_0 - \tau_3}{\sum_{i=1}^{\Delta t} P(i\Delta t \leq T_T^\phi \leq (i+1)\Delta t)} \cdot c_1^{\text{прст}} \cdot T^{\text{прст}} \cdot 365 = (1 - P(G_T^r)) \phi_{\text{дод}} c_{1r} \sum_{g=1}^3 N_g^{\text{ек}} \Delta X_g^{\text{відн}}$$

### Висновки

Таким чином, в статті здійснено постановку задачі визначення раціонального порядку заходів льотної підготовки та матеріально-технічного забезпечення авіаційних частин у мирний час.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОРЯДКА ОРГАНИЗАЦИИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ЛЁТНОЙ ПОДГОТОВКИ В АВИАЦИОННЫХ ЧАСТЯХ В МИРНОЕ ВРЕМЯ

В.В. Сидаш

Выполнена постановка задачи по определению рационального порядка осуществления мероприятий лётной подготовки и материально-технического обеспечения авиационных частей в мирное время. В качестве критерия, по которому выбирается рациональный вариант организации подготовки, используется критерий минимизации уровня возможных рисков по утрате достигнутого уровня лётной подготовки и уплате штрафов за простой железнодорожных цистерн.

**Ключові слова:** процес прийняття рішення, формалізація, модель стану, критерій оптимальності.

### DETERMINATION OF RATIONAL ORDER OF ORGANIZATION AND REALIZATION OF FLYING PREPARATION MEASURES IN AIR-UNITS IN A PEACE-TIME

V.V. Sidash

Raising of task is executed on determination of rational order of realization of measures of flying preparation and logistical support of air-units in a peace-time. As a criterion which the rational variant of organization of preparation gets out on, the criterion of minimization of possible risks is used on the loss of the attained of flying preparation and payment of fines for the outage of railway cisterns.

**Keywords:** decision-making process, formalization, model of the state, criterion of optimality.

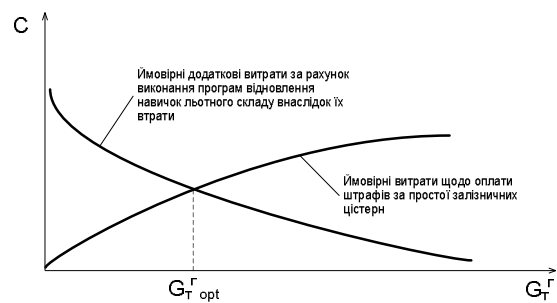


Рис. 5. Принцип знаходження оптимального значення гарантованих запасів авіаційного палива для заданої структури льотного складу мирного часу

Створені математичні моделі та сформульований критерій дозволяють обґрунтовано визначати доцільні показники з організації і порядку забезпечення льотної підготовки для встановленої структури підготовленості льотного складу на мирний час. В якості критерію, за яким обирається доцільний варіант організації підготовки, використовується критерій мінімізації рівню можливих ризиків втрати придбаного рівня льотної підготовки та сплати штрафів за простою залізничних цистерн.

### Список літератури

1. Рекомендації щодо доцільної організації підготовки льотного складу та кадрової політики у авіаційних частинах зі зниженим рівнем бойової готовності // Труды НАО України. Вып. 48. – К.: НАО України, 2003. – С. 289 – 294.
2. Динамічна модель льотної підготовки в авіаційній частині / Труды НАО України. Вып. 37. – К.: НАО України, 2002. – С. 38 – 46.
3. Измерение уровня решения задач лётной подготовки при планировании боевой подготовки авиационной части на год // Матеріали міжн. НПК "Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем", 28-29 жовтня 2009 року: тези доповіді. – Кіровоград, ДЛАУ, 2009. – С. 211 – 219.

Надійшла до редколегії 3.06.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Г.В. Певцов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків