

УДК 623.463.5.001.57

А.П. Бабич, І.М. Пічугін

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЗАПАСІВ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ЧАСТИН

В статті наводиться методика розрахунку економічно обґрунтованого запасу авіаційних засобів ураження для забезпечення бойової підготовки авіаційних частин, яка базується на моделях управління запасами, що враховують ймовірнісний характер розподілу щільності витрат запасів авіаційних засобів ураження за часом.

Ключові слова: авіаційні засоби ураження, запаси, ймовірність, бойова підготовка.

Вступ

Постановка проблеми. Оптимізація величини запасів матеріальних засобів, зокрема запасу авіаційних засобів ураження, для забезпечення бойової підготовки, які повинні зберігатися на складах авіаційних частин за критерієм «достатність - економічність», в багатьох відомих наукових дослідженнях пропонується шляхом визначення економічно обґрунтованого запасу. Економічно обґрунтований запас трактується як кількість одиниць матеріального засобу, яку повинно включати одне замовлення у органів постачання і, яка дозволяє безперервно забезпечити даним матеріальним засобом процес бойової підготовки відповідної інтенсивності при мінімізації витрат на організацію замовлення, зберігання цього запасу матеріального засобу та мінімізації втрат від «надлишкових ресурсів» - ефект втрачених фінансових вигод.

В більшості досліджень для визначення економічно обґрунтованої величини одного замовлення (запасу матеріального засобу, який доцільно (економічно вигідно і достатньо для безперервного забезпечення бойової підготовки певної інтенсивності) мати на складах авіаційної частини) пропонується використовувати відомі статистичні моделі управління запасами, які передбачають постійну за часом інтенсивність використання матеріальних запасів.

Проте, практика бойової підготовки льотних екіпажів показує, що інтенсивність бойової підготовки за періодами часу, а відповідно і щільність використання матеріальних засобів, в більшості випадків, носять ймовірнісний характер.

Ймовірнісний характер щільності використання матеріальних засобів за часом найбільш характерний для такого матеріального засобу, як авіаційні боеприпаси.

Ситуація з використанням авіаційних засобів ураження (АЗУ) залежить від значної кількості факторів як зовнішнього, так і внутрішнього характеру.

Важливими зовнішніми факторами є: рівень і напрями воєнної загрози; задачі старшого начальни-

ка, метеорологічні умови, наявність і стан авіаційних полігонів, наявність у постачальників боеприпасів відповідної номенклатури. Вирішальними факторами внутрішнього середовища є рівень підготовки льотних екіпажів і стан справності авіаційної техніки.

Це мотивує подальші ґрунтовні дослідження щодо можливості застосування для розрахунку економічно обґрунтованого запасу авіаційних засобів ураження відомих ймовірнісних моделей управління запасами.

Аналіз останніх досліджень. На думку відомого українського фахівця з менеджменту організації М. Грідчиної, запаси матеріальних засобів, які необхідні для діяльності підприємства повинні підтримуватися на такому рівні, щоб у суб'єкта господарювання були створені наступні умови: своєчасне виконання замовлень споживачів; безперервність виробничих процесів; мінімізація витрат, які супроводжують процеси накопичення і зберігання запасів [1].

В більшості відомих досліджень щодо управління запасами визначається, що формування запасів пов'язано із значними витратами щодо зберігання і відновлення запасів, втратами економічних вигод від надлишкових запасів та від тимчасової відсутності запасів, втраченою економією від оптових закупівель запасів за нижчими (оптовими) цінами.

Фахівець з військової логістики армії США А. Скотт стверджує, що зберігання на складах авіаційної бази однієї авіаційної бомби калібру від 250 кг в терміни до одного року обходиться бюджету країни в 150 доларів США, кожний наступний рік зберігання потребує збільшення цих витрат на 20 %. Витрати на зберігання однієї авіаційної керованої ракети, з урахуванням витрат на регламентні роботи і додаткові перевірки технічного стану в середньому складають 800 доларів США за перший рік зберігання. В подальшому ці витрати можуть збільшуватися на 30% за кожний наступний рік зберігання [2].

Для мінімізації витрат, які пов'язані з запасами, в теорії управління запасами існують спеціальні моделі щодо визначення оптимального, найбільш еко-

номного розміру запасу, які можуть бути адаптовані до управління військовими запасами, зокрема формування запасу авіаційних засобів ураження для забезпечення бойової підготовки льотних екіпажів авіаційних частин.

Метою наукової статті є розробка методичних підходів до розрахунку економічно обґрунтованого запасу авіаційних засобів ураження за відомими ймовірнісними моделями управління запасами.

Основна частина

Для вирішення проблеми безперервності забезпечення бойової підготовки авіаційного формування авіаційними засобами ураження при економічно обґрунтованих розмірах замовлень на їх постачання та можливому ймовірнісному характері їх використання в процесі виконання завдань бойової підготовки, пропонуються наступні два підходи

Перший підхід базується на адаптації статистичної моделі управління запасами до можливого ймовірнісного характеру розподілу витрат і-го АЗУ, шляхом створення і постійного зберігання на складах авіаційної частини, так званого, «буферного» запасу і- того АЗУ (B_{AZU_i}), величина якого, з визначеною імовірністю його повного використання (α_{AZU_i}), може забезпечити безперервність бойової підготовки і – тим АЗУ за відомий термін виконання замовлення (T_{AZU_i}) щодо поповнення розрахованого економічно обґрунтованого розміру запасу (замовлення) ($y^{EO}_{AZU_i}$).

Другий підхід (стохастична модель управління запасами) визначає ймовірнісний характер витрат запасу і-го АЗУ (y_{AZU_i}), який відновлюється тоді, коли обсяг запасу досягає величини R (точка відновлення запасу), що являється функцією періоду часу виконання замовлення на поповнення запасу і-го АЗУ. В такій ситуації можливі додаткові втрати у випадку, коли запас і-го АЗУ не своєчасно поповнено.

За підходів адаптації статистичної моделі управління запасами до можливого ймовірнісного характеру попиту на і-й АЗУ задача може бути поставлена так: визначити розмір «буферного» запасу і-того АЗУ (B_{AZU_i}) для економічно обґрунтованого запасу і-го АЗУ ($y^{EO}_{AZU_i}$), при тривалості виконання замовлення T_{AZU_i} і середній величині попиту за період виконання замовлення (математичне очікування попиту) $M^T_{AZU_i}$, за умов, що ймовірність витрат «буферного» запасу за період виконання замовлення не перевищуватиме величини α_{AZU_i} (рис. 1).

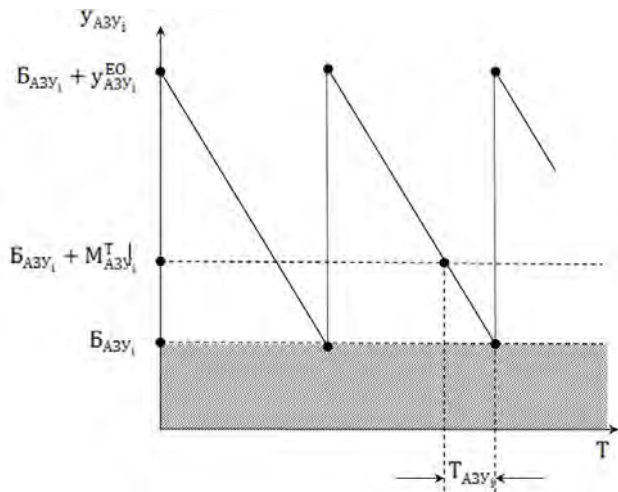


Рис. 1. Залежність між розміром «буферного» запасу і-го АЗУ, економічно обґрунтованим розміром запасу і середньою величиною витрат (математичним сподіванням) і-го АЗУ протягом виконання замовлення

Ймовірнісна умова, яка визначає розмір «буферного» запасу і- того АЗУ, має вигляд:

$$P(y_{AZU_i} \geq B_{AZU_i} + M^T_{AZU_i}) \leq \alpha_{AZU_i} \quad (1)$$

За умов центральної граничної теореми, що кожний розподіл випадкової величини (y) з математичним сподіванням μ і дисперсією σ^2 можливо привести до нормального розподілу стандартного вигляду $N(\mu, \sigma)$ шляхом заміни:

$$z = \frac{y - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

де z випадкова величина з нормованим (стандартним) нормальним розподілом ($N(0,1)$).

За таких умов формула (2) прийме вигляд:

$$P(z * \sigma + M^T_{AZU_i} \geq B_{AZU_i} + M^T_{AZU_i}) \leq \alpha$$

$$\text{або } P(z \geq B_{AZU_i} / \sigma_{AZU_i}) \leq \alpha, \quad (3)$$

де σ_{AZU_i} – середньоквадратичне відхилення величини попиту протягом терміну виконання замовлення на постачання на складі авіаційної частини і – того АЗУ.

За дослідженнями А. Хемди [3] вираз $B_{AZU_i} / \sigma_{AZU_i}$ за заданою ймовірністю витрат «буферного» запасу і-того АЗУ за термін виконання замовлення (α_{AZU_i}) має умовне позначення $K_{\alpha_{AZU_i}}$ і визначається за статистичними таблицями функції нормального розподілу, тобто:

$$\frac{B_{AZU_i}}{\sigma_{AZU_i}} \geq K_{\alpha_{AZU_i}}, \text{ або } B_{AZU_i} \geq K_{\alpha_{AZU_i}} * \sigma_{AZU_i} \quad (4)$$

За дослідженнями відомого англійського економіста Н. Прабху безперервність процесу забезпечен-

на виробництва певною сировиною при розрахованому за статистичними моделями економічно обгрунтованому запасі сировини, відомих термінах відновлення такого запасу, середніх витратах цієї сировини за період відновлення економічно обгрунтованого запасу та відхиленнях від середніх витрат можливе за умов, коли ймовірність витрат всього «буферного» запасу за період відновлення економічно обгрунтованого запасу не буде перевищувати 0,05 [4].

Наприклад, якщо для забезпечення бойової підготовки льотного складу авіаційної частини економічно обгрунтований запас авіаційних бомб складає 1000 одиниць, а денний попит визначається законами нормального розподілу випадкової величини з середнім значенням (математичним очікуванням) попиту за добу 100 авіабомб з можливим відхиленням (середньоквадратичним відхиленням) 10 авіабомб, а терміни відновлення економічно обгрунтованого запасу складають дві доби, то за умов ймовірності використання «буферного» запасу за період відновлення економічно обгрунтованого в межах 0.05, величину «буферного» запасу визначають за наступною методикою:

- визначається середнє значення попиту (математичне сподівання) y на боєприпаси за період виконання замовлення (дві доби):

$$M^T_{AZU_i} = 100 * 2 = 200 ;$$

- визначається середньоквадратичне відхилення за період виконання замовлення ($\sigma^T_{AZU_i}$):

$$\sigma^T_{AZU_i} = \sqrt{10^2 * 2} = 14,14 ;$$

- за таблицею стандартного нормального розподілу [3] визначається

$$K_{0,05_{AZU_i}} = 1,64 ;$$

- визначається розмір «буферного» запасу i -го АЗУ:

$$B_{AZU_i} = 14,14 * 1,64 = 23 \text{ ав.бомби} ;$$

- за розрахованим обсягом «буферного» запасу (23 ав. бомби) та середньою кількістю авіаційних бомб, які можуть бути витрачені за час відновлення економічно обгрунтованого запасу (200 ав. бомб) визначається запас i – того АЗУ, за яким необхідно відновлювати замовлення ($y^{TB3}_{AZU_i}$):

$$\begin{aligned} y^{TB3}_{AZU_i} &= B_{AZU_i} + M^T_{AZU_i} = \\ &= 23 + 200 = 223 \text{ ав.бомби.} \end{aligned}$$

За визначених умов на складах авіаційної частини повинен постійно зберігатися «буферний» запас в розмірі 23 авіабомб, а відновлення економічно обгрунтованого запасу повинно виконуватися при 223 авіабомбах.

Переваги розглянутої вище моделі управління запасами АЗУ для забезпечення бойової підго-

товки авіаційних частин полягає в тому, що інформація, яка стосується ймовірнісного характеру витрат авіаційних засобів ураження в процесі бойової підготовки враховується тільки на етапі визначення «буферного» запасу. Більш повно ймовірнісний характер попиту на авіаційні засоби ураження в процесі бойової підготовки враховує стохастична модель управління запасами, яка базується на тому, що замовлення i - того АЗУ обсягом U_{AZU_i} виконується (запас поповнюється) тоді, коли запас i -го АЗУ досягає рівня R_{AZU_i} , який є функцією періоду часу поповнення запасу (рис. 2).

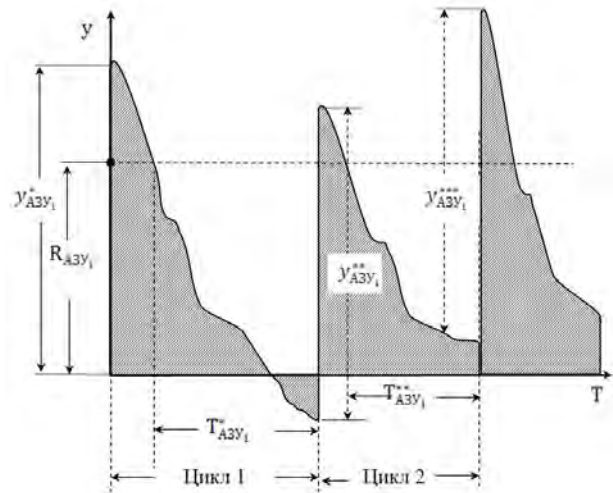


Рис. 2. Стохастична модель управління запасами авіаційних засобів ураження

Оптимальні значення U_{AZU_i} і R_{AZU_i} визначається шляхом мінімізації сумарних витрат за одиницю часу, які очікуються ($Z^*_{AZU_i}$)

$$Z^*_{AZU_i} = D^*_{AZU_i} + Z_{AZU_i} + Z_{AZU_i}^s \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $D^*_{AZU_i}$ – сумарні витрати за одиницю часу на організацію замовлення, включають витрати на: укладення угод з постачальником протягом певного періоду часу (навчального року);оплату на відрядження; оплату фахівцям щодо економічного аналізу доцільності угоди саме з цим постачальником; оформлення угоди;

Z_{AZU_i} - витрати на зберігання i -того АЗУ за одиницю часу, включають витрати на: створення і підтримання умов зберігання одиниці (комплекту) i -го АЗУ ($Z_{y_{AZU_i}}$); витрати на планові і позапланові перевірки наявності і стану i – того АЗУ та регламентні роботи (при необхідності) ($Z_{п_{AZU_i}}$); витрати на складування ($Z_{с_{AZU_i}}$); втрачені вигоди від ситуації «надлишкові запаси» ($Z_{нз_{AZU_i}}$) одиничного i -го АЗУ:

$$Z_{AZU_i} = Z_{y_{AZU_i}} + Z_{п_{AZU_i}} + Z_{с_{AZU_i}} + Z_{нз_{AZU_i}}, \quad (6)$$

Втрачені економічні вигоди від надлишкових запасів i – того типу АЗУ визначаються за виразом:

$$Z_{\text{нзАЗУ}_i} = C_{\text{АЗУ}_i} * r, \quad (7)$$

де $C_{\text{АЗУ}_i}$ – ціна одиничного АЗУ i -го типу; r – банківська процентна ставка на капітал.

$Z^{\text{с}}_{\text{АЗУ}_i}$ – можливі втрати від дефіциту (несвоечасного поповнення запасу) i – того АЗУ за одиницю часу, включають витрати, які пов'язані із змінами в плані льотної підготовки з причин несвоечасного забезпечення цього процесу необхідними боеприпасами. Якщо визначитися з приблизною інтенсивністю попиту щодо i -го АЗУ протягом навчального року (попит на боеприпаси за одиницю часу) ($\lambda_{\text{АЗУ}_i}$) і кількістю боеприпасів ($u_{\text{АЗУ}_i}$) для забезпечення бойової підготовки протягом певного періоду часу (циклу), то можливо також визначитися із щільністю заказів за одиницю часу ($\lambda_{\text{АЗУ}_i} / u_{\text{АЗУ}_i}$), а також із сумарними витратами на організацію заказів в одиницю часу:

$$D^*_{\text{АЗУ}_i} = D_{\text{АЗУ}_i} * \lambda_{\text{АЗУ}_i} / u_{\text{АЗУ}_i}. \quad (8)$$

Затрати на зберігання залежать від величини запасу ($u_{\text{АЗУ}_i}$) на зберіганні i , як правило, в розрахунках щодо витратності зберігання оперують середнім рівнем запасу ($u_{\text{АЗУ}_i} / 2$).

Якщо розрахувати витрати на зберігання одиниці i – того АЗУ за одиницю часу (h), то загальні витрати на зберігання запасу i - того АЗУ розміром (L) (визначається як середній рівень можливого запасу i – того АЗУ) за одиницю часу складуть $h * L$.

Для розрахунку середнього рівня запасу i - того АЗУ враховується те, що на початку i в кінці циклу він може перевищити рівень при якому відновлюється запас (R) на величину $M(R - x)$.

За таких умов можливий середній рівень запасу визначається за виразом:

$$L = \frac{(y + M(R - x) + M(R - x))}{2} = \frac{y}{2} + R - M(x). \quad (9)$$

Тоді загальні витрати на зберігання запасу за одиницю часу

$$Z_{\text{АЗУ}_i} = h * \left[\frac{y}{2} + R - M(x) \right]. \quad (10)$$

Кількість запасу, яка відрізняється від кількості, при якій відновлюється запас ($x - R$) (дефіцит i -го АЗУ) генерує ситуацію незадоволеного попиту. За щільністю розподілу попиту на боеприпаси в період виконання замовлення $f(x)$ можливо визначити дефіцит за одиницю часу (S):

$$S = \int_R^{\infty} (x - R)f(x)dx. \quad (11)$$

При вартості дефіциту (втрати від дефіциту) одиниці i - того АЗУ за одиницю часу (p) можливої щільності попиту ($\lambda_{\text{АЗУ}_i}$) і кількості боеприпасів ($u_{\text{АЗУ}_i}$), що прогнозується, втрати від дефіциту i - того АЗУ за одиницю часу будуть складати:

$$Z^{\text{с}}_{\text{АЗУ}_i} = p * \lambda_{\text{АЗУ}_i} * S / u_{\text{АЗУ}_i}. \quad (12)$$

Проведені дослідження дозволяють визначитися з функцією сумарних витрат в ході управління запасом i – того АЗУ за одиницю часу

$$Z^*_{\text{АЗУ}_i} = \frac{D_{\text{АЗУ}_i} * \lambda_{\text{АЗУ}_i}}{u_{\text{АЗУ}_i}} + h \left[\frac{y}{2} + R - M(x) \right] + \frac{p * \lambda_{\text{АЗУ}_i}}{u_{\text{АЗУ}_i}} \int_R^{\infty} (x - R)f(x)dx. \quad (13)$$

Оптимальне значення розміру замовлення i – того АЗУ ($y^*_{\text{АЗУ}_i}$) і оптимальне значення розміру i – того АЗУ, при якому необхідно відновлювати запас ($R^*_{\text{АЗУ}_i}$)

$$\frac{dZ^*_{\text{АЗУ}_i}}{dy} = -\frac{D_{\text{АЗУ}_i} * \lambda_{\text{АЗУ}_i}}{y^2_{\text{АЗУ}_i}} + \frac{h}{2} - \frac{p * \lambda_{\text{АЗУ}_i} * S}{y^2_{\text{АЗУ}_i}} = 0. \quad (14)$$

$$\frac{dZ^*_{\text{АЗУ}_i}}{dR} = h - \left(\frac{p * \lambda_{\text{АЗУ}_i}}{y_{\text{АЗУ}_i}} \right) * \int_R^{\infty} f(x)dx = 0. \quad (15)$$

Відповідно: оптимальний розмір замовлення (запасу) визначається за виразом:

$$y^*_{\text{АЗУ}_i} = \sqrt{\frac{2 * \lambda_{\text{АЗУ}_i} (D_{\text{АЗУ}_i} + p * S)}{h}}. \quad (16)$$

Рівень запасу(кількість одиниць i – того АЗУ), за якої відновлюється запас, як функція періоду часу між замовленням партії i – того АЗУ і доставкою цієї партії на власні склади авіаційної частини визначається за виразом:

$$\int_R^{\infty} f(x)dx = \frac{h * y^*_{\text{АЗУ}_i}}{p * \lambda_{\text{АЗУ}_i}}. \quad (17)$$

Для отримання числових значень оптимального розміру одного замовлення (запасу i – того АЗУ) і кількості i – того АЗУ при якій необхідно відновлювати замовлення ($y^*_{\text{АЗУ}_i}, R^*_{\text{АЗУ}_i}$) використовується алгоритм Хедлі – Уайтена [3]за якого (16), (17) при $R = 0$ трансформуються як:

$$y^*_{\text{АЗУ}_i} = \sqrt{\frac{2\lambda^*_{\text{АЗУ}_i} * (D_{\text{АЗУ}_i} + p * M(x))}{h}}, \quad (18)$$

$$R^*_{\text{АЗУ}_i} = D_{\text{АЗУ}_i} - \frac{y^*_{\text{АЗУ}_i}}{M(x)}. \quad (19)$$

Наприклад, потрібно визначити економічно обґрунтований запас авіаційних снарядів для гармати

(розмір одного замовлення) на перший місяць навчального року (цикл 1) щодо забезпечення підготовки льотних екіпажів, якщо витрати на замовлення і доставку партії боєприпасів (одного замовлення) становлять 100 грн., витрати на зберігання одного снаряду протягом місяця становлять 2 грн., а можливі втрати від незадоволення попиту на снаряд прогноуються на рівні 10 грн, математичне очікування величини незадоволеного попиту складає 50 снарядів, інтенсивність використання авіаційних снарядів прогноується як 1000 снарядів в місяць, або 100 снарядів за льотну зміну при 10 льотних змінах .

Розрахунки проводяться за такою методикою:

- розраховується економічно обґрунтований розмір запасу на перший місяць навчального року:

$$y^* = \sqrt{\frac{2 * 1000 * (100 + 10 * 50)}{2}} = 774,6 \approx 775 \text{ снарядів};$$

- визначається рівень запасу авіаційних патронів за якого потрібно відновлювати запас, за умов коли замовлення може бути виконано в період між льотними змінами , тобто можливо вважати що замовлення виконується миттєво:

$$R^* = 100 - \frac{775}{50} \approx 94 \text{ снаряди}$$

Економічно обґрунтований запас авіаційних снарядів для забезпечення бойової підготовки в перший місяць навчального року, при ймовірному характері попиту, складає 775 снарядів. Якщо виконання замовлення можливе в період між льотними змінами тобто, в період відновлення запасу, попит на них дорівнює 0, відновлення запасу необхідно виконувати при залишку запасу близько 94 снарядів.

Проведені дослідження і отримані результати дозволяють застосовувати відомі ймовірності моделі управління запасами при плануванні запасів АЗУ для забезпечення бойової підготовки в плані оптимізації цих запасів за критерієм «достатність - економічність».

Висновки

Бойова підготовка льотних екіпажів авіаційних частин потребує значної кількості і широкої номенклатури авіаційних засобів ураження, організація накопичення і зберігання яких пов'язана із значними фінансовими і матеріальними витратами.

В значній мірі оптимізувати процес можливо визначенням економічно обґрунтованого запасу, який дозволить, за умов безперервності процесу забезпечення, мінімізувати його витратність.

Планування економічно обґрунтованого запасу авіаційних засобів ураження ускладнюється тим, що попит на боєприпаси в ході льотної підготовки в більшості випадків має ймовірнісний характер.

За таких умов для оптимізації розмірів запасів авіаційних засобів ураження слід застосовувати ймовірнісні моделі управління запасами.

Найбільш прийнятними для процесів планування запасів авіаційних засобів ураження є такі різновиди ймовірнісних моделей управління запасами, як модель з «буферного» запасу і стохастична модель економічно обґрунтованого запасу.

Список літератури

1. Гридчина М. Финансовый менеджмент / М. Гридчина. – К.: МАУП, 2009. – 156 с.
2. Skott A. A note on transient Gaussian fluid mode its / A. Skott // *Queueing System*. – 2002. – Vol. 41. – P. 321 – 342.
3. Хемди А. Введение в исследования операций / А. Хемди. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
4. Прабху Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами/ Н. Прабху, перевод с англ. Е. Коваленко. – М.: Машиностроение, 2006. – 365 с.
5. Taha H. Simulation with SIMNET II, 2nd ed. / H. Taha. – Sim.Te Inc, Fayetteville, AR, 1995/ – 622 p.

Надійшла до редколегії 5.01.2016

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

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВОЙ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ ЧАСТЕЙ

А.П. Бабич, И.М. Пичугин

В статье раскрывается методика расчета экономически обоснованного запаса авиационных средств поражения для обеспечения боевой подготовки авиационных частей, которая основывается на моделях управления запасами, что учитывают вероятностный характер интенсивности использования запасов во времени.

Ключевые слова: авиационные средства поражения, запасы, вероятность, боевая подготовка.

RESERVE AIRCRAFT WEAPONS FORMING ECONOMIC ASPECTS FOR COMBAT TRAINING OF AVIATION UNITS

A.P. Babich, I.M. Pichugin

In the article disclosed the method of calculating economically justified reserve aircraft weapons for combat training of aviation units, which is based on inventory management models that take into account the probabilistic nature of the intensity of use of reserves in time.

Keywords: air attack, the reserves, the probability. combat training.