

*Р.Г. Мелещенко, к.т.н., доцент каф, НУЦЗУ,  
В.К. Мунтян, к.т.н., доцент, зав. каф., НУЦЗУ,  
О.А. Тарасенко, д.т.н., с.н.с., пров. наук. співр., НУЦЗУ*

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ ЛІТАКІВ АН-32П ТА КРИТЕРІЙ ДОЦІЛЬНОСТІ ЇХ ЗАЛУЧЕННЯ ПРИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДНОЇ ПОЖЕЖІ

Наведено дані щодо ефективності застосування пожежних літаків Ан-32П при використанні отриманих раніше оптимальних параметрів скидів води. Показано переваги запропонованих тактичних прийомів в порівнянні з нормативними. Наведено методику оцінки доцільності залучення авіації під час локалізації природної пожежі.

**Ключові слова:** пожежний літак Ан-32П, локалізаційний бар'єр, природна пожежа, ефективність, доцільність.

**Постановка проблеми.** На озброєнні ДСНС України знаходяться пожежні літаки Ан-32П (місткість резервуарів – 8 м<sup>3</sup>), які неодноразово застосовувалися для боротьби з природними пожежами, як на території України, так і за її межами.

Конструкційні особливості системи скидання води літака Ан-32П призводять до утворення порівняно невеликих водяних плям, а недостатня прицільність разом з впливом випадкових чинників не гарантують можливості формування неперервного протипожежного бар'єра серією послідовних скидань для локалізації динамічної області природної пожежі. Це призводить до необхідності ліквідації виникаючих розривів між водяними плямами за допомогою наземних сил. Таким чином, неперервний протипожежний бар'єр (НПБ) створюється сумісними зусиллями авіаційних і наземних сил.

Для розрахунку сил і засобів для ліквідації природної пожежі керівник гасіння повинен оперувати значенням швидкості (продуктивності) створення НПБ (швидкості локалізації пожежі). В той же час, вказана швидкість залежить від інтенсивності пожежі, продуктивності наземних бойових одиниць, а також від параметрів, що пов'язані з застосуванням пожежного літака – прицільності скидань, характеру розподілу шару води в межах окремої водяної плями, величини розривів між плямами. Останні фактори залежать від параметрів скидання води з пожежного літака, а саме – від висоти скидання і дистанції між послідовними точками прицілювання.

Маючи ряд істотних переваг перед наземними силами і засобами пожежогасіння, пожежна авіація вимагає більших витрат. Тому актуальними є питання підвищення ефективності застосування літаків Ан-32П та доцільності їх залучення при локалізації природних пожеж.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В циклі робіт [1-5]

отримано данні стосовно прицільності скидів води та розподілу її товщини  $\delta(x, y)$  на поверхні землі в залежності від висоти  $H$  скидання. На основі отриманих даних побудовано моделі оптимальної висоти  $H^*$  скидання в залежності від необхідної для зупинки фронту пожежі товщини шару води  $\delta^*$ . Застосування даних параметрів дозволяє підвищити швидкість  $V_{loc}$  створення НПБ.

Отримані моделі демонструють відмінність оптимальних параметрів від тих, що визначені в нормативних документах [6-7].

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є демонстрація переваги застосування оптимальних параметрів скидання води з пожежних літаків Ан-32П в порівнянні з параметрами, що визначені в нормативних документах.

Переваги застосування оптимальних параметрів скидання можна оцінити кількісно.

Порівнюючи значення максимально можливої швидкості  $V_{loc}^*(H^*(\delta^*))$  створення НПБ сумісними зусиллями авіаційних і наземних сил (при скиді води з оптимальної висоти  $H^*$ , яка, в свою чергу, залежить від необхідної товщини шару води  $\delta^*$ ) і швидкості, що визначена нормативним документом [7]  $V_{loc}(H, \delta^*)_{H=40m}$  (де вважається, що оптимальною є мінімально можлива висота скидання – 40 м) за одних і тих самих значень продуктивності  $V_g$  наземних сил, можна знайти відносну різницю між ними

$$W_v(\delta^*) = \frac{|V_{loc}^*(H^*(\delta^*)) - V_{loc}(H, \delta^*)_{H=40m}|}{V_{loc}^*(H^*(\delta^*))} \cdot 100\%. \quad (1)$$

На рис. 1 і рис. 2 наведено графіки залежностей  $W_v(\delta^*)$  і  $W_T(\delta^*)$  (остання величина шукається подібно  $W_v(\delta^*)$ , але для часу  $T$  локалізації одного кілометра крайки пожежі). Видно, що максимальна відносна різниця між параметрами досягає 34 % і 52 % відповідно.

При цьому абсолютна різниця за кількістю необхідних скидань може досягати 5 скидань на 1 км (рис. 3), що приводить до істотного зниження витрат на локалізацію пожежі (рис. 1-3 отримані при  $V_g = 2 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$ ).

Величину виграшу  $K$  по швидкості створення НПБ при застосуванні запропонованого тактичного прийому обчислимо за виразом

$$K(\delta^*) = \frac{V_{loc}^*(H^*(\delta^*))}{V_{loc}^M(H, \delta^*)_{H=40m}}. \quad (2)$$

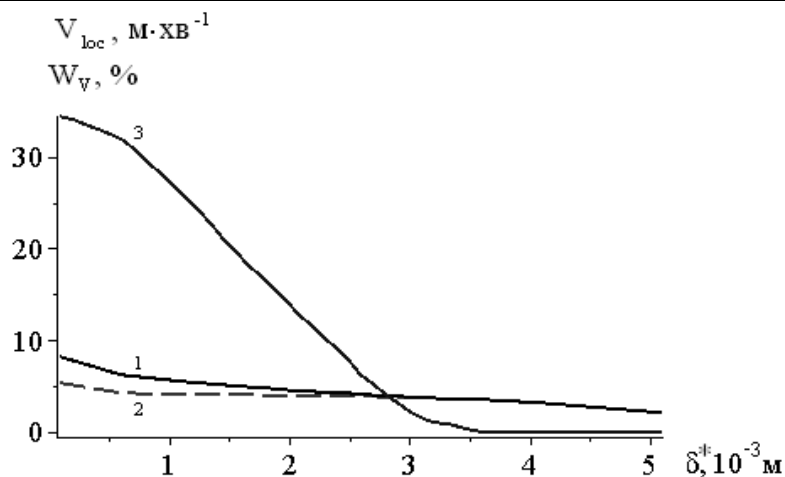


Рис. 1. Швидкість локалізації та відносна різниця: 1 –  $V_{loc}^*(H^*(\delta^*))$ ; 2 –  $V_{loc}(H, \delta^*)_{H=40m}$ ; 3 –  $W_V(\delta^*)$

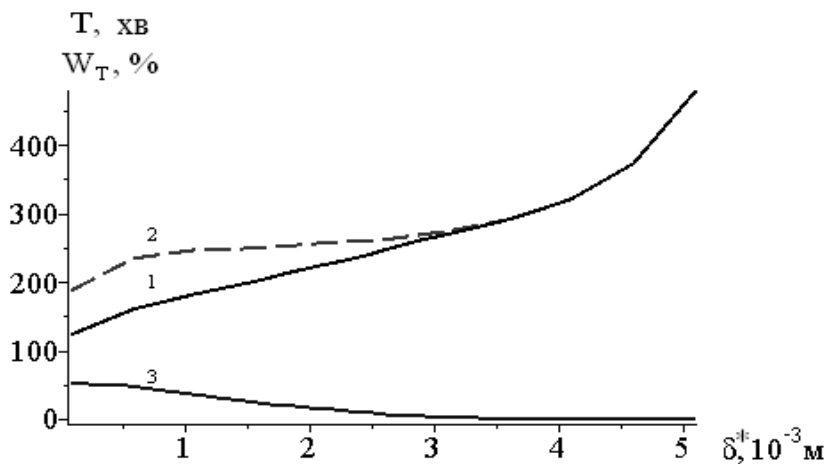


Рис. 2. Час локалізації 1 км і відносна різниця: 1 –  $T_{loc}^*(H^*(\delta^*))$ ; 2 –  $T_{loc}(H, \delta^*)_{H=40m}$ ; 3 –  $W_T(\delta^*)$

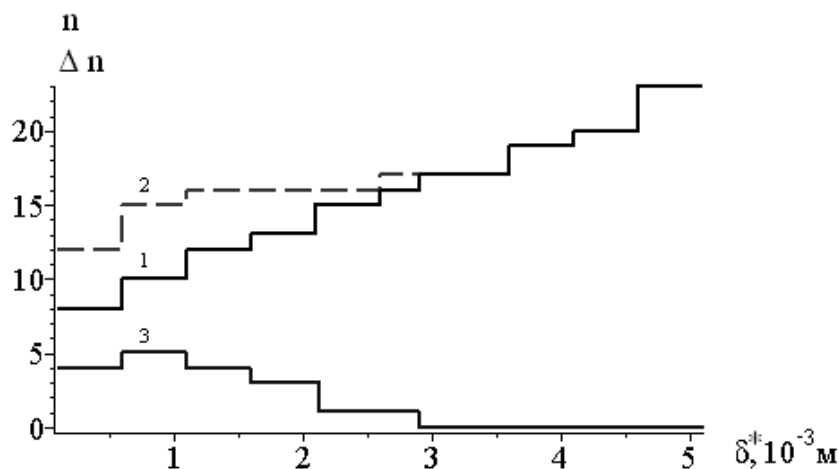


Рис. 3. Кількість скидань на 1 км і абсолютна різниця: 1 –  $n_{loc}^*(H^*(\delta^*))$ ; 2 –  $n_{loc}^M(H, \delta^*)_{H=40m}$ ; 3 –  $\Delta n(\delta^*)$

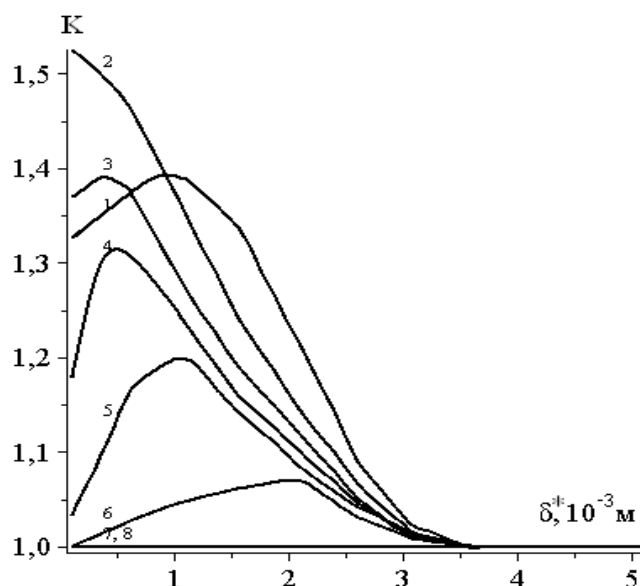


Рис. 4. Графік ефективності  $K(\delta^*)$  за різних значень  $V_g$  (нумерація ліній відповідає швидкості  $V_g$  в  $\text{м} \cdot \text{хв}^{-1}$ )

На рис. 4 наведено графіки  $K(\delta^*)$  для значень  $V_g = 1 \dots 8 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$ .

З аналізу рисунка випливає, що величина виграшу зі зростанням  $V_g$  змінюється немонотонно, в цілому знижуючись. Максимальне значення  $K(\delta^*)$  має місце при  $V_g = 2 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$  і  $\delta^* = 10^{-4} \text{ м}$  (більше 1,5).

Зі зростанням продуктивності наземних сил ефект від даного тактичного прийому нівелюється.

Таким чином, тактика скидання з висоти  $H^*(\delta^*)$  (залежність якої наведено в роботі [3]) найбільш ефективна для локалізації малоінтенсивних пожеж за малої продуктивності наземних сил пожежогасіння.

Отримані оцінки величини ефективності справедливі лише в випадку доцільності залучення пожежної авіації для локалізації природної пожежі.

Виграш в швидкості створення НПБ при залученні авіації в порівнянні з використанням лише наземних сил може бути оціненим за графіком, наведеним на рис. 5.

Даний графік демонструє в скільки разів  $K_e$  збільшується швидкість створення НПБ при залученні авіації (вважаючи, що при цьому застосовується оптимальні параметри тактики скидання) в порівнянні з локалізацією лише наземними силами (в залежності від продуктивності наземних сил і необхідної товщини шару води в неповному діапазоні  $1 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1} \leq V_g \leq 8 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$ ,  $1 \text{ мм} \leq \delta^* \leq 5 \text{ мм}$ )

$$K_e(V_g, \delta^*) = \frac{V_{\text{loc}}^*(H^*(\delta^*))}{V_g}. \quad (3)$$

Неповність діапазону обумовлена обмеженістю обчислених значень величини  $V_{loc}^*$ .

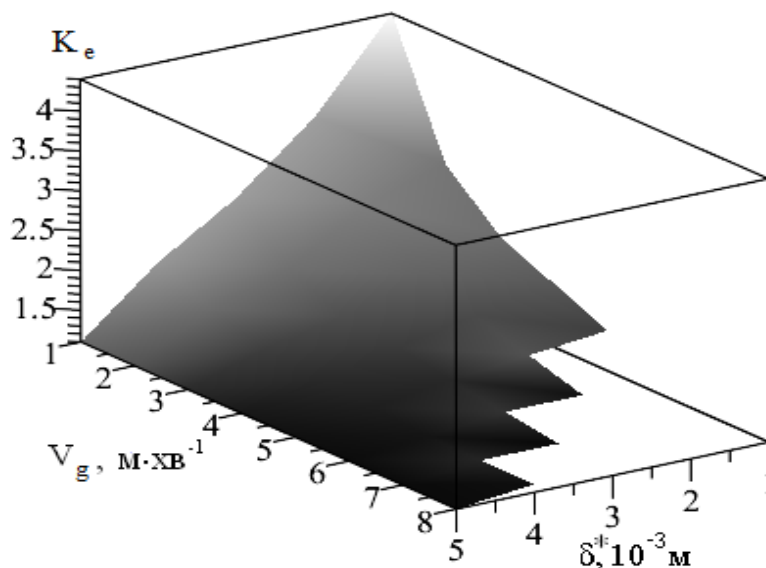


Рис. 5. Графік залежності  $K_e(V_g, \delta^*)$

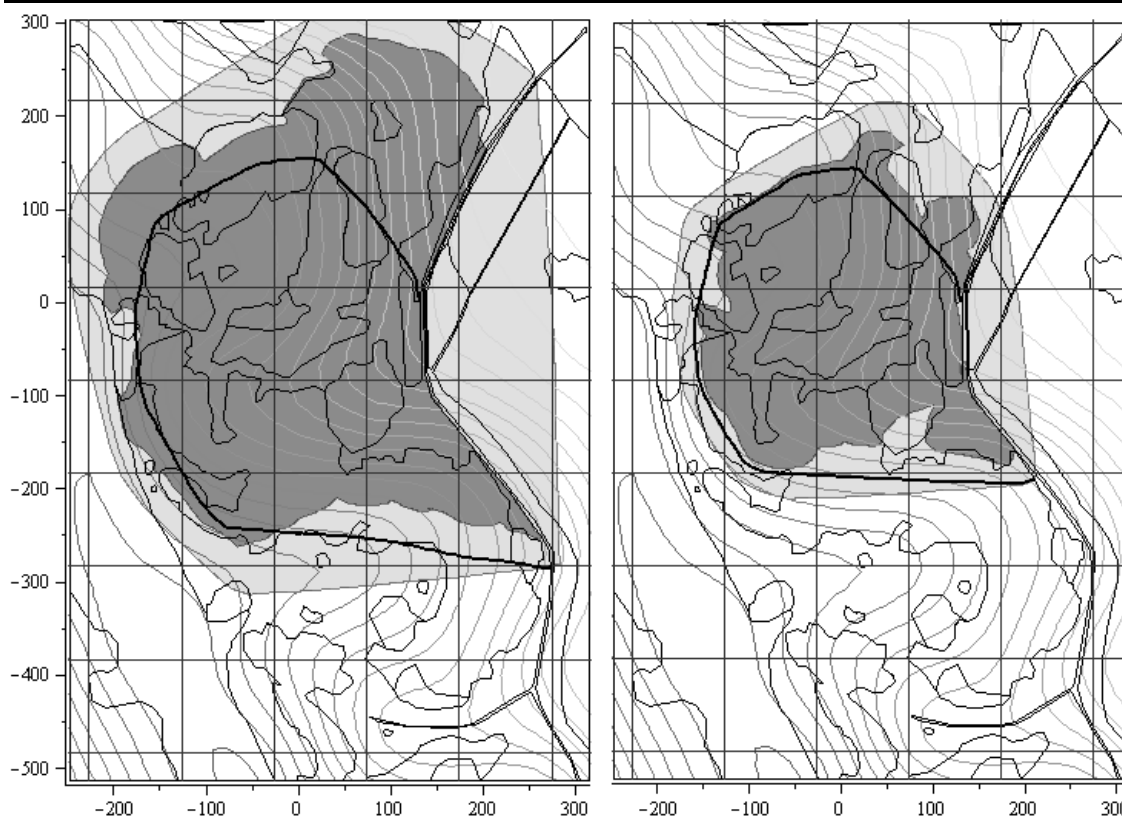
З рис. 5 видно, що ефект від застосування авіації тим більший, чим нижча інтенсивність пожежі (і, відповідно, товщина шару води) і менша продуктивність наземних сил та може перевищувати значення 4,5 (для  $V_g = 1 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$  і  $\delta^* = 1 \text{ мм}$ ). В той же час для пожеж високої інтенсивності ефект зменшується і вирішальними стають економічні міркування.

В той же час наведені оцінки не враховують економічної складової вартості доставки води до місця пожежі авіацією, залишаючи питання про залучення авіації відкритим.

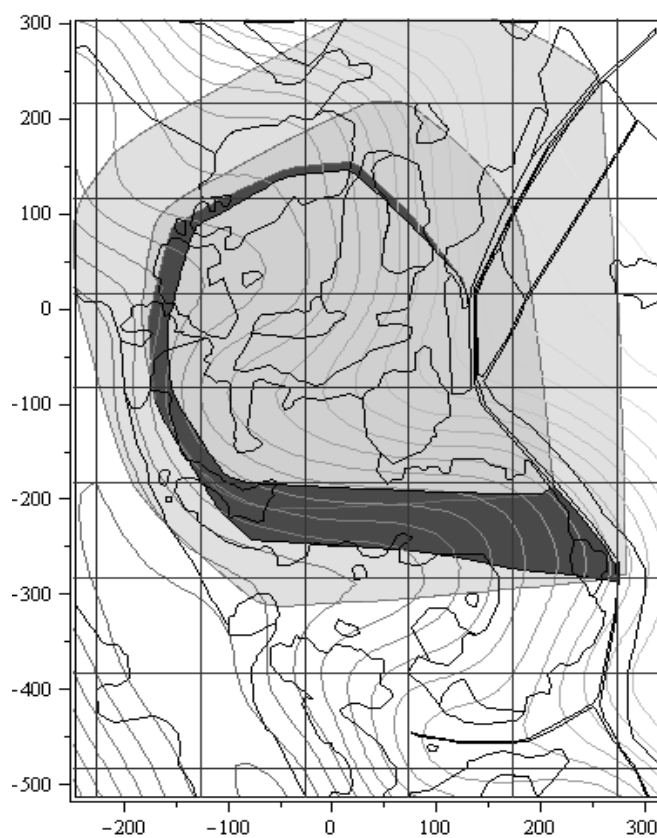
Урахування економічної складової можливе за наявності прогнозу динаміки області конкретної пожежі, що приймає до уваги вплив на неї сил пожежогасіння. Таке урахування вимагає використання спеціалізованого комп'ютерного ГІС-забезпечення, що здійснено в роботі [8].

На рис. 6 наведено порівняльний результат розрахунку локалізованої області пожежі (розташованої усередині локалізаційної лінії) при реалізації тактичного прийому одностороннього оточення з використанням природного протипожежного кордону) при створенні загороджувальної смуги окремо наземними силами (при  $V_g = 6 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$ ) і спільними зусиллями наземних і авіаційних сил (при  $V_{loc} = 8,8 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$ , що відповідає  $\delta^* = 2 \text{ мм}$ ). Очевидно, що величина площі  $S$ , що локалізується (тобто вигорілої), залежить від швидкості локалізації.

Різниця у площі між першим і другим варіантами локалізації проілюстрована на рис. 7.



**Рис. 6. Результат розрахунку вигорілої області пожежі при локалізації:**  
**а) лише наземними силами; б) спільними зусиллями наземних і авіаційних сил**



**Рис. 7. Різниця (темний колір) у вигорілій площі для ситуації, зображеної на рис. 6**

В роботі [8] продемонстровано можливість програмної реалізації обчислення величини збитку від пожежі на основі ГІС-прогнозу розвитку пожежі. Показано, що збиток залежить від величини вигорілої площі  $S$  і вартості  $P$  одиниці площі пошкодженого рослинного покриву. Тому існує технічна можливість визначення величини прямого збитку  $U(S, P)$ .

У тому випадку, якщо різниця

$$\Delta U = U(S_1(V_g), P) - U(S_2(V_{loc}), P) > U_a \quad (4)$$

де  $U_a$  – витрати по експлуатації літаків, використання авіації є виправданим.

В силу високої вартості експлуатації авіації й відносно невисокої швидкості прокладання протипожежного бар'єра виконання критерію (4) буде мати місце лише в тому випадку, якщо пожежа загрожує населеним пунктам, особливо цінним об'єктам або об'єктам підвищеної небезпеки.

**Висновки.** Рішення про доцільність залучення авіації при локалізації природної пожежі визначається унікальним сценарієм розвитку пожежі в унікальних ландшафтно-метеорологічних умовах, тому воно може бути прийняте лише на підставі прогностичної інформації, одержуваної при використанні спеціалізованих ГІС при можливості врахування прямих і непрямих збитків від пожежі і витрат, пов'язаних з її ліквідацією.

У тому випадку, якщо залучення авіації є виправданим, застосування отриманих в роботах [1-5] рекомендацій щодо висоти скидання води дозволяє підвищити швидкість створення неперервного локалізаційного бар'єру більш ніж на 30%, скоротити в окремих випадках кількість скидів на 1 км крайки пожежі з 15 до 10, тим самим суттєво знизити прямі і непрямі витрати на локалізацію пожежі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мелешенко Р.Г. Критерий принятия решения о целесообразности привлечения авиации для локализации лесного пожара / Р.Г. Мелешенко, В.К. Мунтян // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Вып. 33. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – С.122-132. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol33/meleschenko.pdf>.

2. Мелешенко Р.Г. Модель локализации природного пожара с помощью авиационной техники / Р.Г. Мелешенко, В.К. Мунтян // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Вып. 34. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – С.126-136. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol34/meleschenko.pdf>.

3. Мелешенко Р.Г. Моделирование скорости создания противопожарного барьера при взаимодействии наземных и авиационных сил по-

жаротушения / Р.Г. Мелешенко, В.К. Мунтян // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Вып. 36. – Харьков: НУГЗУ, 2014. – С.155-164. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/meleschenko.pdf>.

4. Мелешенко Р.Г. Практичні рекомендації щодо застосування пожежних літаків Ан-32П при локалізації природної пожежі / Р.Г. Мелешенко, В.К. Мунтян, О.А. Тарасенко // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Вып. 38. – Харьков: НУГЗУ, 2015. – С. 114-122. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/meleschenko.pdf>.

5. Мелешенко Р.Г. Статистический анализ модели параметров сброса воды с пожарного самолета Ан-32П / Р.Г. Мелешенко, В.К. Мунтян // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Вып. 35. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – С. 151-163. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol35/meleschenko.pdf>.

6. Руководство по летной эксплуатации Ан-32П. – Киев: 1989.

7. Положення про застосування авіації МНС для гасіння пожеж. Київ: 2008.

8. Абрамов Ю.А. Моделирование пожаров, их обнаружения, локализации и тушения. Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, А.А. Тарасенко. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – 927 с.

Р.Г. Мелешенко, В.К. Мунтян, А.А. Тарасенко

**Оценка эффективности применения пожарных самолетов Ан-32П и критерия целесообразности их привлечения при локализации природных пожаров**

Приведены данные по эффективности использования пожарных самолетов Ан-32П при применении полученных ранее оптимальных параметров сбросов воды. Показаны преимущества предложенных тактических приемов по сравнению с нормативными. Приведена методика оценки целесообразности привлечения авиации при локализации природного пожара.

**Ключевые слова:** пожарный самолет Ан-32П, локализационный барьер, природный пожар, эффективность, целесообразность.

R.G. Meleschenko, V.K. Muntyan, A.A. Tarasenko

**Evaluating the effectiveness of fire aircraft An-32P and feasibility test of their involvement in the localization of wildfires**

The data on the efficiency of use of the An-32P aircraft fire when using the optimal parameters of water discharges previously obtained. The advantages of the proposed tactics in comparison with normative. The technique of assessing the feasibility of attracting aviation during wildfire localization.

**Keywords:** Firefighter plane An-32P, localization barrier, wildfires, efficiency, expediency.