

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ ГЕОСИСТЕМИ ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМІЗАЦІЇ СОЦІО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВІАЦІЙНОГО ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ

В статті наведено метод оптимізації розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден на території природно-техногенної геосистеми за критерієм максимізації авіаційного пошуку і рятування.

Ключові слова: авіаційний пошук і рятування, пошуково-рятувальне повітряне судно, соціо-еколого-економічна ефективність

Постановка проблеми. Проблематика досліджень в галузі планування розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден на території природно-техногенної геосистеми за критерієм максимізації ефективності авіаційного пошуку і рятування є досить актуальною в галузі наукових досліджень регіональної техногенно-екологічної безпеки та цивільного захисту [1-5].

Екологічні оцінки регіональних факторів загроз від надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру показали, що слід враховувати високу залежність реакції пошуково-рятувальних повітряних суден від місцезрештування їх базових аеродромів, статистики відносної кількості авіаційних інцидентів, рівня природно-техногенних загроз, кількості та динаміки надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження.

Переважно пошуково-рятувальні повітряні судна в регіоні розміщуються таким чином, щоб забезпечити автономність їх використання, швидкість реагування на НС та авіаційні інциденти, дотримання заходів безпеки та можливість здійснення маневру під час ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). До сьогодняшнього дня розміщення авіаційних сил і засобів проводилось без врахування обмежень, але події під час паводків 2008, 2010 року та останніх НС, пов'язаних з масштабними пожежами, підтвердили необхідність врахування вимог до оптимального розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден для забезпечення належного рівня техногенно-екологічної безпеки в регіонах України.

Як відомо із публікацій [2, 3, 4, 6, 7] для оптимізації розміщення техногенних об'єктів застосовуються підходи, засновані на проведенні попередніх експертних оцінок, аналізі можливого регіону впливу на навколишнє природне середовище (НПС) та прогнозуванні розповсюдження забруднень при відомих параметрах НПС. Постановка задачі оптимізації розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден із застосуванням методів дослідження операцій на сьогодняшній день у відомій науковій літературі не розглядалися [8, 10].

В зв'язку з цим, метою цієї публікації є постановка наукової задачі оптимізації розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден (ПРПС) на території регіону, яка б забезпечила швидкість реагування та прийнятні витрати на моніторинг, реагування та ліквідацію НС природного та техногенного походження.

Виклад основного матеріалу. Попередній аналіз задачі дозволяє зробити висновок, що вона відноситься до комбінаторних задач [8, 9, 10], яку можна

сформулювати так:

на множині можливих планів розміщення ПРПС на території регіону знайти такий план, що мінімізує витрати на моніторинг, реагування та ліквідацію НС природного та техногенного походження та забезпечує високу швидкість реагування.

Для визначення величини загроз виникнення НС природного та техногенного походження потрібна інформація про кількість потенційно-небезпечних техногенних об'єктів, статистику про небезпечні гідрометеорологічні процеси, статистику про НС природного та техногенного походження.

Для регіону відомий вектор складу пошуково-рятувальних повітряних суден згідно характеристики загроз НС для регіону - $Z_j = \|z_j\|_n$, ділянки території (аеродроми, аеропорти, вертольотні майданчики) регіону, де за умови виконання заходів аеродромно-технічного забезпечення та безпеки польотів можна розмістити ПРПС - $T_i = \|t_i\|_m$, площі зон виникнення НС природного та техногенного характеру - $S_{\bar{N}i} = \|t_{\bar{N}i}\|_m$, щільність розташування потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО) та інтенсивність виникнення НС на відповідних ділянках регіону - $Y_j = \|y_j\|_n$ та умовні витрати на проведення заходів для ліквідації НС та відновлення НПС $C_{ij} = \|c_{ij}\|_{m \times n}$.

У загальному вигляді ці початкові умови можна записати так

$$\dot{N} = \begin{pmatrix} & z_1 & \dots & z_j & \dots & z_n & \\ t_1 & c_{11} & \dots & c_{1j} & \dots & c_{1n} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ t_i & c_{i1} & \dots & c_{ij} & \dots & c_{in} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ t_m & c_{m1} & \dots & c_{mj} & \dots & c_{mn} & \\ & y_1 & \dots & y_j & \dots & y_n & \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Відомі також допустимі рівні ризиків виникнення НС техногенного та природного характеру (щільність НС) для відповідної зони можливого розміщення ПРПС:

- зони ризику можливих авіаційних інцидентів [од/доба] - $ar_j, j = \overline{1, m}$;
- зони точкових ПНО [од/доба] - $vpr_j, j = \overline{1, m}$;
- зони лінійних протяжних ПНО [од/доба] - $vgr_j, j = \overline{1, m}$;
- зони площинних ПНО [од/доба] - $gr_j, j = \overline{1, m}$.

Щільність НС, що характеризує відповідну концентрацію техногенного чинника в складових НПС для відповідного ПРПС, можна визначити за наступною формулою

$$N_{Tmoi} = \frac{Y_{moi}(t, x, y)}{S_{moi}}, \quad (2)$$

де $i = \overline{1, n}$ - техногенні об'єкти, S_{moi} - площа зони ризику відповідно для одного ПРПС.

При цих початкових умовах необхідно знайти такий план розподілу ділянок території регіону під ПРПС, який забезпечив би мінімізацію швидкості реагування та

загальних витрат на проведення ліквідації та відновлювальних робіт на території регіону.

План призначень (розподілу) ділянок території регіону під розміщення ПРПС є матриця:

$$X = \|x_{ij}\|_{m \times n} = \begin{pmatrix} & z_1 & \dots & z_j & \dots & z_n \\ t_1 & x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_i & x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_m & x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

де $x_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{якщо } i\text{-та ділянка призначається для розміщення } j\text{-го ПРПС,} \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \end{cases}$

Тоді постановка задачі оптимального розміщення ПРПС в можливих зонах ризику на території регіону формулюється таким чином:

на множині можливих планів розміщення ПРПС (розподілу призначень) $\{X\}$ на території регіону, кожний з котрих $\|x_{ij}\|_{m \times n}$ задовольняє системі обмежень:

- на площі розміщення для ПРПС:

$$\sum_{i=1}^{\bar{n}} z_{ij} \cdot s_{yj} \leq s_{xi}, j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

- на припустимі рівні ризику виникнення НС в зоні розміщення ПРПС

$$\sum_{i=1}^m ax_i \cdot y_{ij} \leq ar_j, j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m vpx_i \cdot y_{ij} \leq vpr_j, j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m vgx_i \cdot y_{ij} \leq vgr_j, j = \overline{1, m}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m gx_i \cdot y_{ij} \leq gr_j, j = \overline{1, m}, \quad (8)$$

знайти такий оптимальний план $X^i = \|x_{ij}^i\|_{m \times n}$, що мінімізує швидкість реагування та загальні витрати на підтримання екологічно-безпечного стану регіону при цьому плані розміщення ПРПС

$$CS(X^i) = \min_{\{X\}} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}^o \cdot y_j. \quad (9)$$

Ця задача відноситься до класу задач дискретного програмування, для вирішення якої можна застосувати метод переваг.

Ефективність розміщення ПРПС на території регіону може бути оцінена

співвідношенням її рівня $WS^{ПД}$ і витрат на її проведення, в тому числі з урахуванням витрат на ліквідацію НС та відновлення НПС

$$ES = \frac{WS^{ПД}}{CS} . \quad (10)$$

Оскільки розглянута задача мінімізує витрати CS та час реагування, то при цьому максимізується ефективність використання ПРПС на території регіону

$$ES^{ПД} = \frac{WS_{\text{потр}}^{ПД}}{\min CS} = \max ES^{ПД} . \quad (11)$$

Це забезпечить максимальну ефективність використання ПРПС в регіоні для виконання авіаційних пошуково-рятувальних робіт за умови забезпечення достатнього рівня екологічної та техногенної безпеки.

Висновки. Еколого-економічне обґрунтування оптимального розміщення ПРПС може бути використане при розробці нормативних документів та методик для вибору місця розташування інфраструктури ДСНС за умови забезпечення високої ефективності авіаційних пошуково-рятувальних робіт на території регіону.

Результати, проведених досліджень можуть застосовуватись при розробці рекомендацій для вибору оптимального розміщення ПРПС та їх інфраструктури на території України в умовах реформування і скорочення кількісного складу авіації. Обґрунтований вибір ділянки території регіону для розміщення ПРПС дозволить підвищити рівень техногенно-екологічної безпеки при виконанні робіт з попередження, моніторингу та ліквідації НС природного та техногенного характеру.

Вирішення цієї задачі дозволить більш виважено підійти до планування інфраструктури ДСНС регіону.

Список використаних джерел.

1. Скурихин В. И., Забродский В. А., Богословская И. Ю. и др. Автоматизация организационного проектирования промышленных предприятий. – К.: Техника, 1992. – 147 с.
2. Загальні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв з урахуванням ризику надзвичайних ситуацій техногенного походження / Наук. керівн.: С. І. Дорогунцов і В. Ф. Гречанинов. – К.: РРЕГІОНУС України НАН України, 1995. – 119 с.
3. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. — К.: Наук, думка, 1997. — 367 с.
4. Лакомова О.В. Применение метода "анализ решений" для оптимизации размещения АЭС на уровне областей // В кн.: Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования. - М., 1988. – С. 80-102.
5. Лисенко О.І., Чеканова І.В., Чумаченко С.М., Турейчук А.М. Про розвиток поняття “воєнна екологія”.// Наука і оборона – 2004, -№3. – С. 45-49.
6. Тутьгин А.Г., Коробов В.Б., Скибинский Л.Э. Возможности применения экспертных оценок в некоторых задачах охраны окружающей среды.// Экономика и управление, 2003, №2. – С.37-41.
7. Семенова Л. А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду // В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. - М., Изд-во МГУ, 1985. – С. 17-32.
8. Анфилов В.С. и др. Системный анализ в управлении. Уч. пособие. – М. Финансы и статистика, 2003. – 368 с. .

9. Философско-методологические основания системных исследований. Системный анализ и системное моделирование. Под ред. Гвишиани Д.М. – М.: Наука, 1983. – 324 с. .
10. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций. – М.: МВТУ им. Баумана, 2004. – 440 с.