

Д.А. Іщенко, к.т.н., доц.  
В.А. Кирилюк, к.т.н., с.н.с.  
О.Л. Сидорчук, н.с.

Житомирський військовий інститут  
ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ВИМОГ ДО ЧАСОВИХ ПОКАЗНИКІВ ГОТОВНОСТІ СИСТЕМИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ

*Розглядається завдання визначення критеріїв вимог до часових показників готовності технічних засобів, що розробляються для систем ліквідації наслідків небезпечних ситуацій. Запропоновано узагальнений методичний підхід до їх визначення для ешелонованих систем.*

**Вступ. Постановка проблеми у загальному вигляді.** На сьогоднішній день практично в усіх країнах світу на державному рівні в багатьох галузях економіки створені або створюються організаційно-технічні системи виявлення, попередження і ліквідації наслідків різного роду небезпечних ситуацій [1–3]. Вимоги до таких систем формуються, головним чином, відповідно до положень галузевих та державних керівних документів.

Аналіз змісту рекомендацій і правил формування критеріїв до перспективних систем (зразків, комплексів) техніки показує, що вимоги до часових показників приведення зразка (комплексу, системи) у готовність доцільно розглядати як його відповідність заданому рівню готовності підрозділів ліквідації наслідків небезпечних ситуацій. Одним з критеріїв вимог до зразка (комплексу, системи) є вимоги до часових показників готовності системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій.

Аналіз змісту критеріїв до зразка (комплексу, системи) техніки дозволяє зробити висновок про необхідність, можливість та доцільність удосконалення методичного підходу до формування критеріїв до часових показників.

Це зумовлено:

– проблемою узгодження мінімізації витрат на створення, а в подальшому і на утримання зразка (комплексу, системи), з одного боку, та максимізацією відвернутого збитку за рахунок його застосування в разі виникнення небезпечної ситуації, викликаній діями природного або штучного походження, – з іншого боку;

– залежністю часу готовності зразка (комплексу, системи) від варіанта його утримання (експлуатації, зберігання, застосування) та витрат на реалізацію цього варіанта;

– певною відмінністю заданих рівнів готовності підрозділів системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій, що входять до складу різних відомчих функціональних структур галузі (підприємства, об'єднання, міністерства) або структур державного призначення (МНС, МВС, МО та ін.);

– потребою обов'язкового врахування економіко-ресурсних обмежень, особливо в умовах недостатнього фінансового забезпечення.

**Метою дослідження** є розробка підходу до визначення найбільш прийнятних критеріїв до часових показників готовності системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій.

**Постановка завдання дослідження.** Виходячи зі змісту критеріїв, необхідно розуміти, що часовий показник готовності зразка (комплексу, системи) ( $T_z$ ) не повинен перевищувати час директивний ( $T_d$ ), що забезпечує своєчасне приведення в готовність до виконання завдань за цільовим призначенням та успішне їх виконання підрозділами ліквідації наслідків небезпечних ситуацій, на оснащення яких передбачається даний зразок (комплекс, система):

$$T_z \leq T_d.$$

Під  $T_d$  будемо розуміти директивний (встановлений) час, що надається підрозділам, на оснащення яких передбачається зразок (комплекс, система), на підготовку (завчасну або безпосередню) до застосування за цільовим призначенням у різних умовах обстановки.  $T_d$  залежить та визначається в першу чергу належністю підрозділу, на оснащення якого передбачається зразок (комплекс, система), до певної функціональної структури галузевого або загальнодержавного призначення.

Відносно фактора часу, що заданий надсистемою і характеризується значенням  $T_d$ , підрозділи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій можна умовно прокласифікувати:

– підрозділи першої черги готовності – чергові підрозділи негайного реагування на виникнення небезпечних ситуацій, що знаходяться безпосередньо на об'єктах (в районах) можливого виникнення небезпечних ситуацій і повинні першими приступати до їх ліквідації та забезпечити можливість

посилення робіт щодо ліквідації наслідків небезпечних ситуацій шляхом використання додаткових сил та засобів підрозділів посилення,  $T_{o1} = \min T_{\delta}$ ;

– підрозділи другої черги готовності – підрозділи реагування на виникнення небезпечних ситуацій, для яких директивний час готовності  $T_{o2}$  може бути визначений потребою часу на підготовку до цільового використання додаткових сил та засобів посилення, з одного боку, та можливостями підрозділів першої черги готовності самостійно виконувати заходи щодо ліквідації наслідків небезпечних ситуацій,  $T_{o2} > T_{o1}$ ;

– підрозділи третьої черги готовності – підрозділи резерву ліквідації наслідків небезпечних ситуацій, для яких директивний час готовності  $T_{o3}$  може бути визначений потребою часу на підготовку до цільового використання сил та засобів резерву, з одного боку, і максимально можливим часом ефективного використання підрозділів першої та другої черги при виконанні завдань, зумовлених даними ситуаціями,  $T_{o3} > T_{o2}$ .

Аналіз функціонування організаційно-технічної системи виявлення, попередження і ліквідації наслідків небезпечних ситуацій, з точки зору використання її за цільовим призначенням можна поділити на етапи.

Перший етап передбачає:

– повсякденний режим;  
– режим підвищеної готовності;  
– початкову фазу режиму небезпечної ситуації до початку виконання завдань ліквідації наслідків небезпечних ситуацій.

Другий етап – безпосередньо цільове використання системи для виконання завдань ліквідації наслідків небезпечних ситуацій.

При розгляді методичних аспектів визначення критеріїв до часових показників приведення зразка (комплексу, системи) техніки у готовність до застосування, встановлення його відповідності заданому рівню бойової готовності підрозділів ліквідації наслідків небезпечних ситуацій, основну увагу слід приділяти першому етапу функціонування системи.

Необхідно визначити сукупність (систему) показників якості зразка (комплексу, системи) техніки, що характеризують:

– ступінь готовності підрозділів ліквідації наслідків небезпечних ситуацій, на оснащенні яких знаходиться зразок (комплекс, система) – часові та імовірнісні показники;  
– витрати на створення та в подальшому на утримання зразка (комплексу, системи) техніки і середній розмір збитку від небезпечної ситуації – економічні показники.

Для оцінювання готовності системи до виконання завдань, обумовлених небезпечною ситуацією, введемо комплексний показник –  $S_j$ , що характеризує ступінь готовності сил та засобів системи при  $j$ -му варіанті їх утримання та застосування.

Комплексний показник  $S_j$  складається з двох груп показників, що якісно відрізняються:

– часових, що характеризують період часу з моменту виникнення небезпечної ситуації до початку дій щодо ліквідації її наслідків;  
– імовірнісних, що оцінюють спроможність сил та засобів системи до виконання цільових завдань, обумовлених небезпечною ситуацією на заданому інтервалі часу.

Першу групу показників позначимо у вигляді узагальненого показника як час готовності –  $T_c$ . У загальному випадку:

$$O_a = t_v + t_a + t_{\delta} + t_{\delta_{ic\bar{a}}},$$

де  $t_n$  – час, потрібний системі для проведення заходів підготовки (завчасної та безпосередньої) до початку виконання завдань щодо небезпечної ситуації;  $t_g$  – час висування сил і засобів системи в район функціонування за цільовим призначенням за планом ліквідації наслідків небезпечних ситуацій;  $t_p$  – час, потрібний для проведення безпосередньої розвідки району функціонування системи за цільовим призначенням за планом ліквідації наслідків небезпечних ситуацій;  $t_{\delta_{ic\bar{a}}}$  – час розгортання, потрібний для приведення системи до рівня, що відповідає небезпечній ситуації, що склалася.

Другу групу показників позначимо у вигляді узагальненого показника як коефіцієнт готовності –  $K_c$ . Показник  $K_c$  характеризує імовірність того, що елемент системи (техніка, сили підрозділів) або в цілому будуть працездатними на момент часу початку цільового застосування за небезпечною ситуацією  $t_{чзНС}$  [4].

Узагальнені показники  $T_2$ ,  $K_2$ , а також  $S_j(T_2; K_2)$  залежать від кількісного та якісного складу системи, розподілу ресурсів на вирішення всіх завдань, тобто, залежать від витрат на розвиток і експлуатацію системи. У той же час від їх значень залежить і можливий збиток підприємства, галузі, викликаний небезпечною ситуацією, і держави в цілому, позначений як середній розмір збитку від можливої небезпечної ситуації –  $U$ .

У роботі [5] наведено можливий характер залежності комплексного сумарного вартісного показника –  $C_\Sigma$ , до складу якого входять витрати на створення, утримання та цільове застосування системи –  $C_c$ , і середнього розміру збитків від можливої небезпечної ситуації  $U$  від показників  $T_2$  і  $K_2$ .

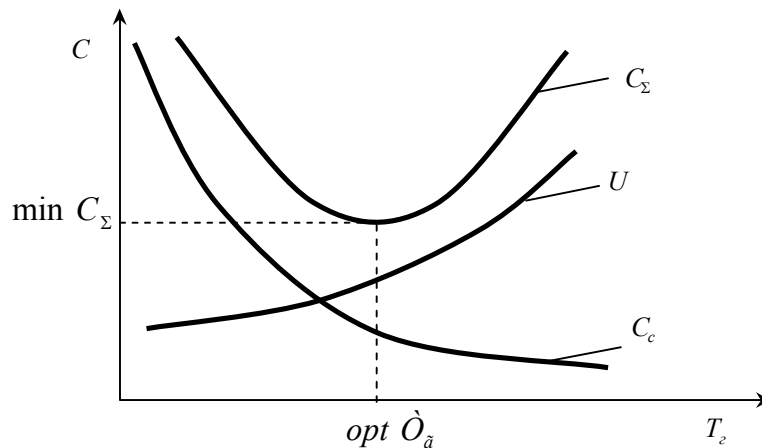


Рис. 1. Характер змін сумарного вартісного показника і його складових залежно від часу готовності ( $K_a = \text{const}$ )

На графіку (рис. 1) показано, що відповідно до зменшення часу готовності зменшується середній збиток, тому що чим раніше відносно моменту виникнення небезпечної ситуації будуть розпочаті заходи, пов'язані безпосередньо з цільовим використанням системи, тим швидше будуть локалізовані негативні фактори і наслідки небезпечної ситуації. Нелінійний характер змін графіка  $U$  при великих значеннях  $T_2$  пояснюється розповсюдженням негативних наслідків небезпечної ситуації у просторі й часі за ефектом “доміно” тощо.

Але зменшення часу готовності можна досягнути лише в разі додаткових витрат, пов'язаних, наприклад:

- зі збільшенням кількості елементів (сил та засобів) у складі підрозділів першої черги системи;
- із введенням в оснащення підрозділів додаткових засобів підвищеної готовності до застосування;
- з перерозподілом ресурсів системи на завдання підрозділів першої черги готовності.

Нелінійний характер залежності витрат на утримання системи від часу готовності пояснюється тим, що, з одного боку, за суттєво більшими витратами час готовності неможливо зменшити до  $T_2 = 0$ , з іншого – тривалість часу готовності  $T_2$  може визначатися значним віддаленням елементів систем між собою та від району небезпечної ситуації. У такому випадку невелике збільшення витрат  $C_c$  не може значно зменшити  $T_2$ , що відображено на рисунку 1 малою зміною  $C_c$  при великих значеннях  $T_2$ .

На графіку (рис. 2) показано, що середня величина можливого збитку від небезпечної ситуації  $U$  зменшується при підвищенні коефіцієнта готовності ( $K_2$ ). Зменшення збитку в цьому випадку можна пояснити тим, що збільшення  $K_2$  забезпечується за рахунок кількості засобів (елементів) системи, які можуть негайно розпочати виконання завдань, адекватних небезпечній ситуації, а також за рахунок зменшення помилкових дій обслуговуючого персоналу, задіяного при виконанні завдань забезпечення.

Нелінійний характер графіка пояснюється тим, що в разі низької готовності системи витрати від небезпечної ситуації зростають за експонентою. Але при високій готовності системи незначні зміни  $K_2$  не призводять до суттєвого зменшення збитку.

Підвищення коефіцієнта  $K_2$  вимагає певних витрат, обумовлених створенням додаткових резервів, збільшенням кількості сил та засобів тощо. Вказані витрати нелінійно збільшуються зі зростанням  $K_2$ , тому що чим більший рівень готовності системи, тим більшого рівня витрат потребує подальше збільшення готовності.

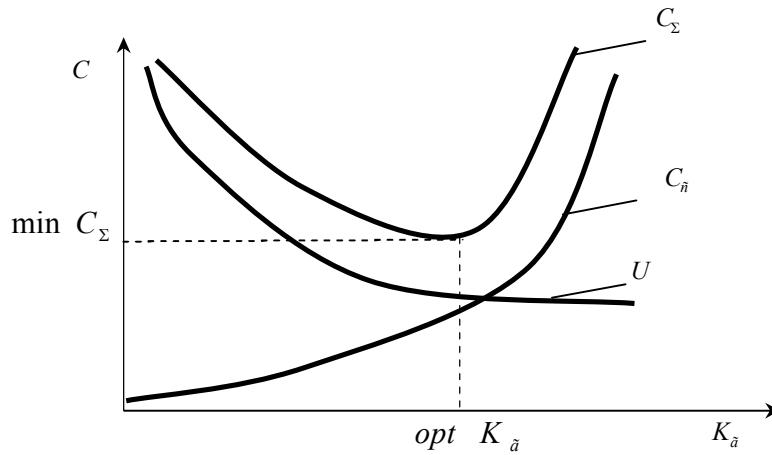


Рис. 2. Характер змін сумарного вартісного показника та його складових залежно від коефіцієнта готовності ( $T_a = const$ )

Як видно з графіків (рис. 1 і 2), сумарний вартісний показник, що включає витрати на розвиток, підтримку функціонування та застосування за цільовим призначенням системи і середню величину збитку від можливої небезпечної ситуації, має мінімум при певних значеннях  $T_a$  і  $K_a$ . Визначення цього мінімуму дозволить забезпечити ефективність вкладання ресурсів у розвиток системи та вибір оптимальних за критерієм “ефективність – вартість” варіантів побудови системи на основі оцінювання і визначення раціональних значень готовності.

Тому, як один із критеріїв вибору раціонального варіанта зразка (комплексу, системи) можна запропонувати критерій мінімуму сумарного вартісного показника  $C_\Sigma$ :

$$\begin{cases} C_\Sigma(T_a, K_a) = \min_{T_a, K_a} C_\Sigma, \\ T_a \min \leq T_a \leq T_a \max; \quad K_a \min \leq K_a \leq K_a \max, \end{cases} \quad (1)$$

де  $T_a \min$ ,  $T_a \max$  – задані надсистемою відповідно мінімальне і максимальне значення часу готовності зразка (комплексу, системи) до виконання завдань за призначенням, адекватних небезпечної ситуації;  $K_a \min$ ,  $K_a \max$  – задані надсистемою відповідно мінімальне і максимальне значення коефіцієнта готовності зразка (комплексу, системи) до виконання завдань за призначенням, адекватних небезпечної ситуації.

Задача визначення оптимального варіанта зразка (комплексу, системи) відповідно до критерію (1) у графічному вигляді наведена на рисунку 3. Критерій (1), на думку авторів статті, може бути застосований при визначенні критеріїв до часових показників готовності системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій в цілому, для її підсистем (підрозділів кожної черги готовності) окремо та як пріоритетний для підсистеми – підрозділів другої черги готовності.

Крім розглянутого (1), залежно від задач і цілей можуть бути використанні такі критерії:

$$\begin{cases} \hat{O}_a(\tilde{N}_a, U, K_a) = \min_v T_a; \\ \tilde{N}_a \leq \tilde{N}_{a\hat{c}\hat{a}\hat{a}}, \quad U \leq U_{i\hat{d}\hat{e}\hat{i}}, \quad \hat{E}_a \geq \hat{E}_{a\hat{i}\hat{d}\hat{e}\hat{i}}, \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \hat{E}_a(\tilde{N}_a, U, \hat{O}_a) = \max_v \hat{E}_a; \\ \tilde{N}_a \leq \tilde{N}_{a\hat{c}\hat{a}\hat{a}}, \quad U \leq U_{i\hat{d}\hat{e}\hat{i}}, \quad \hat{O}_a \leq \hat{O}_{a\hat{i}\hat{d}\hat{e}\hat{i}}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $C_c$  – заданий рівень витрат на розвиток, функціонування та цільове застосування системи;  $U_{nprun}$  – припущений рівень можливого збитку від небезпечних ситуацій;  $T_{cnprun}$  – припущений максимальний час готовності;  $K_{cnprun}$  – припущене мінімальне значення коефіцієнта готовності.

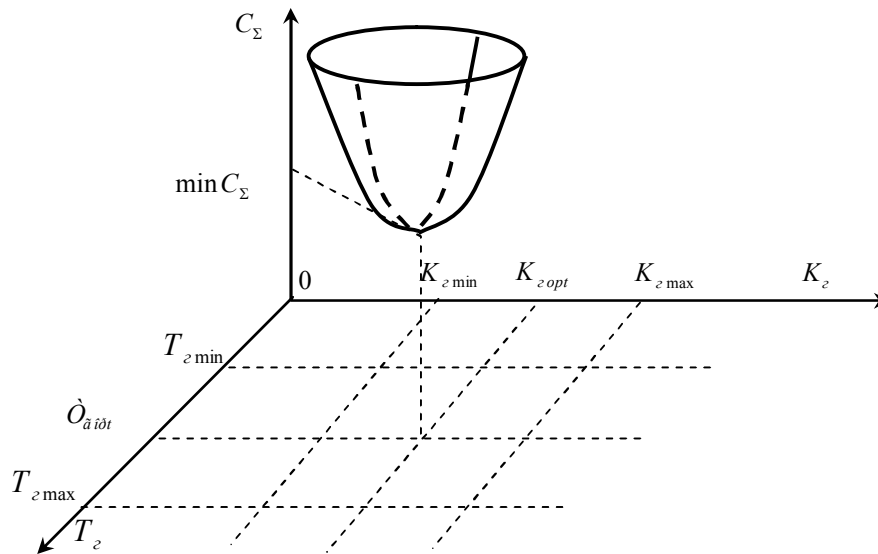


Рис. 3. Графічне зображення задачі вибору оптимального варіанта системи

На думку авторів, другий критерій (2) найбільш прийнятний при визначенні критеріїв до часових показників готовності до цільового застосування сил та засобів підсистеми підрозділів першої черги готовності, що повинні бути в постійній готовності до негайного застосування. Третій критерій (3) як норма визначення критеріїв до показників готовності більш відповідає змісту вимог до підсистеми резерву – підрозділів третьої черги готовності.

У загальному випадку функцію витрат  $C_c$  можна виразити таким чином:

$$y = \left(\frac{1}{2}\right)^{x-n} \quad \text{або} \quad C_c = \left(\frac{1}{2}\right)^{T_c-n},$$

де  $n$  – певна задана величина (час).

Для функції збитку вираз набуде вигляду:

$$y = (2)^{x-n} \quad \text{або} \quad U = (2)^{T_c-n}.$$

Функція, що виражає результат, матиме такий вигляд:

$$y = (x-n)^2 + k \quad \text{або} \quad P_k = (T_c-n)^2 + k.$$

Як було визначено раніше, сума функцій витрат ( $C_c$ ) та збитку ( $U$ ) буде дорівнювати шуканому значенню ( $C_\Sigma$ ). Таким чином, шукане значення набуде вигляду:

$$C_\Sigma = \left(\frac{1}{2}\right)^{T_c-n} + (2)^{T_c-n}.$$

Виходячи з наведених залежностей, можна виразити екстремум функції, який буде відповідати його оптимальному значенню на певному відрізку часу при заданій вартості, тобто:

$$C_c = U, \quad \text{тому} \quad \left(\frac{1}{2}\right)^{(T_c-n)} = (2)^{(T_c-n)} \quad \text{або} \quad (2)^{-(T_c-n)} = (2)^{(T_c-n)}, \quad \text{або} \quad (2)^{-(T_c-n)} - (2)^{(T_c-n)} = 0;$$

$$(2)^{(T_c-n)} \left( (2)^{-(T_c-n)-(T_c-n)} - 1 \right) = 0;$$

$$2^{(-2T_c+2n)} - 1 = 0;$$

$$2^{(-2T_c+2n)} - 1 = 0;$$

$$-2T_c + 2n = 0;$$

$$-2T_c = -2n;$$

$$T_c = n = T_{c\,opt}.$$

**Висновки.** Розроблено підхід до визначення найбільш прийнятних критеріїв вимог до часових показників готовності системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій.

На думку авторів:

- критерій (1) може бути застосований при визначенні вимог до часових показників готовності системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій в цілому, для її підсистем (підрозділів кожної черги готовності) окремо та як пріоритетний для підсистеми – підрозділів другої черги готовності;
- критерій (2) найбільш прийнятний при визначенні вимог до часових показників готовності до цільового застосування сил та засобів підсистеми підрозділів першої черги готовності, що повинні бути в постійній готовності до негайного застосування;
- критерій (3) як норма визначення вимог до показників готовності більш відповідає змісту вимог до підсистеми резерву – підрозділів третьої черги готовності.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Про затвердження Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях : Постанова КМ України від 15.02.1999 р. – № 192.
2. Про затвердження Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення : наказ Міністра України з питань надзвичайних ситуацій від 15.05.2006 р. № 288.
3. *Волков Л.И.* Безопасность и надежность систем / *Л.И. Волков.* – М. : СИП РИА, 2003. – 268 с.
4. *Кривошеин Д.А.* Экология и безопасность жизнедеятельности : учебн. пособ. для вузов / *Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева.* – М. : ЮНИТИ–ДАНА, 2000. – 447 с.
5. *Агапов А.М.* Методический подход к определению вариантов развития отраслевой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечивающей требуемый уровень мобилизационной готовности / *А.М. Агапов, В.Н. Смалюк* // Двойные технологии. – 2003. – № 4. – С. 21–26.
6. *Бакка М.Т.* Охрана безпеки життєдіяльності людини : конспект лекцій / *М.Т. Бакка, А.С. Мельничук, В.І. Сівко.* – Житомир : Льонок, 1995. – 165 с.
7. *Шубин Е.П.* Гражданская оборона / под ред. Е.П. Шубина. – М. : Просвещение, 1991.

ЩЕНКО Дем'ян Андрійович – кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- системи моніторингу та ліквідації наслідків небезпечних ситуацій;
- моделювання операцій.

КИРИЛЮК Володимир Анатолійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- системи моніторингу та ліквідації наслідків небезпечних ситуацій;
- інформаційні технології.

СИДОРЧУК Ольга Леонідівна – науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- радіотехнічні антенні системи;
- системи моніторингу та ліквідації наслідків небезпечних ситуацій.

Подано 17.11.2010

**Ищенко Д.А., Кирилюк В.А., Сидорчук О.Л.** Методичний підхід визначення критеріїв вимог до часових показників готовності системи ліквідації наслідків небезпечних ситуацій

**Ищенко Д.А., Кирилюк В.А., Сидорчук О.Л.** Методический подход к определению требований к часовым показателям готовности системы ликвидации последствий опасных ситуаций

Methodical going is near determination of requirements to sentinel indexes of readiness of system of liquidation of consequences of near-accidents

УДК 355.24:519.874

**Методический подход к определению требований к часовым показателям готовности системы ликвидации последствий опасных ситуаций / Д.А. Ищенко, В.А. Кирилюк, О.Л. Сидорчук**

Рассматривается задача определения требований к временным показателям готовности технических средств, разрабатываемых для систем ликвидации последствий опасных ситуаций. Предложен обобщенный методический подход к их определению для эшелонированных систем.

УДК 355.24:519.874

**Methodical going is near determination of requirements to sentinel indexes of readiness of system of liquidation of consequences of near-accidents /**

The task of determination of requirements is examined to the sentinel indexes of readiness of hard wares which are developed, systems of liquidation of consequences of near-accidents. The generalized methodical going is offered near their determination for the echeloned systems.