

## УДК 621.395

*Л. В. Борисова, к.ю.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-6554-1949)*  
*О. В. Загора, к.т.н., доцент, ст. викл. каф. (ORCID 0000-0001-9042-6838)*  
*А. Б. Феценко, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-4869-6428)*  
*Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

## РОЗРОБКА ІМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕМЕНТАРНОГО ФРАГМЕНТА ВІДОМЧОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Проведений аналіз призначення, умов роботи складових елементів, ієрархічності структури відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі системи оперативно-диспетчерського управління силами та засобами Державної служби з надзвичайних ситуацій України. Отримане аналітичне вираження у вигляді функції двох перемінних для розрахунків і дослідження ймовірності справного стану елемента фрагмента інформаційно-телекомунікаційної мережі. Приводяться аналітичні й графічні матеріали математичного моделювання по дослідженню залежності ймовірності справного стану елемента фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі від експлуатаційних показників. Обґрунтовані вимоги до показників надійності елемента фрагмента інформаційно-телекомунікаційної мережі при проектуванні системи оперативно-диспетчерського керування. Обрана імовірнісна модель прогнозування структурної ймовірності безвідмовної роботи для структури елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі залежно від показників безвідмовності та ремонтпридатності. Наведені результати оцінних розрахунків для виявлення впливу показників безвідмовності й ремонтпридатності елементів відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі на показники надійності елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі. Пред'явлені вимоги й укладені рекомендації з підтримки працездатності елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі на етапі проектування. Обґрунтовані шляхи по підвищенню показників надійності елементарного фрагмента інформаційно-телекомунікаційної мережі при проектуванні системи оперативно-диспетчерського управління.

**Ключові слова:** система оперативно-диспетчерського управління, інформаційно-телекомунікаційна мережа, надійність роботи радіоелектронної апаратури, середній час відновлення, середній час вимушеного простою, час наробітку на відмову, надзвичайна ситуація

### 1. Вступ

Підвищення оперативності та якості прийняття рішень при організації ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, аварій, катастроф, стихійного лиха, гасіння пожеж, рятування людей у підрозділах ДСНС України обумовлює використання новітніх комп'ютерних технологій, відомчої інформаційно-телекомунікаційних мережі (ІТМ) при розробці програмно-апаратного комплексу (ПАК) системи оперативно-диспетчерського управління силами та засобами ДСНС України (СОДУ), як функціональної підсистеми Єдиної інформаційної системи МВС України.

СОДУ повинна бути спроектована для використання 24 години на добу, 7 днів на тиждень, 365 днів у році, мати резервування ПАК, і працювати з дублюванням в реальному часі та забезпечити можливість використання з автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора всіх функцій системи в режимі диспетчеризації і керування ресурсами.

Надійність роботи радіоелектронної апаратури (РЕА) відомчої ІТМ СОДУ визначається імовірністю безвідмовної роботи та коефіцієнтом готовності, які залежить від інтенсивності відмов та відновлення елементів РЕА.

В режимі пікового навантаження під впливом електричних перевантажень зростає інтенсивність відмов, що може приводити до тривалих затримок в роботі РЕА відомчої ІТМ СОДУ.

Тому актуальною науково-технічною проблемою є попередження аварійних станів ІТМ СОДУ під час експлуатації в умовах надзвичайної ситуації (НС).

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

У [1] розглядається класифікація відмов і перелік телекомунікаційної апаратури, підданої відмовам в умовах НС. Для НС, що приводять до втрати зовнішнього електроживлення вузлів комутації, коли після розряду акумуляторних батарей вузли комутації переходили в стан «відмова» при збереженні працездатності каналів обміну інформацією, для підтримки працездатності ІТМ пропонувався спосіб формування одиночного комплексу запасних технічних засобів (ОК ЗТЗ). У якості моделі ІТМ для таких випадків був обраний імовірнісний граф ІТМ із абсолютно надійними ребрами, де надійність кожної вершини характеризувалася функцією розподілу, однак при цьому не враховувалась структура елементарного фрагменту ІТМ та вимоги до надійності складових елементів і їх експлуатаційних можливостей по відновленню.

У [2] показано, що при впливі зовнішніх факторів НС в ІТМ помітно змінюється характер трафіка, що обслуговується, і виникають відмови основних елементів, таких як вузли комутації й канали обміну інформацією, причому кількість елементів, що відмовили, варіюється в широких межах. Відзначено, що ІТМ властиві також внутрішні або структурні потенційні погрози зниження надійності й живучості при співіснуванні фрагментів мережі, побудованих на різних технологіях комутації й передачі інформації (канальної й пакетної). Для умов НС із виходом з ладу, як вузлів комутації, так і каналів обміну інформацією запропонована модель гіпотетичної ІТМ у вигляді імовірнісного графа, у якому всі елементи описуються функціями розподілу й мають кінцеві значення коефіцієнтів готовності, оціночні чисельні розрахунки котрих для елементарних фрагментів ІТМ не проводились, а конкретні функції розподілу не застосовувались.

У [3] визначені основні характеристики й показники якості функціонування, а також модель життєвого циклу ІТМ системи оповіщення населення (СОН). Запропонований показник якості у вигляді комплексного коефіцієнта працездатності, рівний добутку коефіцієнти готовності, живучості й перешкодозахищеності. Також вказано, що для підвищення рівня постійної готовності ІТМ СОН до практичного застосування потрібне наукове обґрунтування організація технічної експлуатації при скороченні витрат на проведення технічного обслуговування за рахунок забезпечення достатності ОК ЗТЗ ІТМ СОН. Однак, імовірнісні моделі прогнозування імовірності безвідмовної роботи елементарного фрагменту ІТМ для оцінки коефіцієнти готовності ІТМ СОН не застосовувались, та оціночні чисельні розрахунки не проводились.

У [4] Представлена математична модель оцінки коефіцієнта оперативної готовності апаратури оперативного диспетчерського зв'язку за розподілом потоку відмов за законом Пуассону в залежності від середнього числа відмов і співвідношення інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення в умовах НС. При проведенні імовірнісного моделювання структура елементарного фрагменту ІТМ СОДУ не враховувалась.

У [5] вивчається зв'язок ребер напрямків оповіщення між центром і пунктами оповіщення як показник структурної надійності мережі, розроблена методика знаходження ймовірності зв'язку складних мережних структур, описуваних випадковим графом двополюсної мережі.

У [6] проведена оцінка працездатності центру екстреного виклику на основі з використанням неоднорідні й ієрархічні стратегії моделювання (RBD і SPN) за критерієм доступності й мінімізації часу простою пропущених дійсних викликів було проаналізовано у зв'язку з відмовами ІТМ. Для зменшення часу простою запропоновано модернізувати архітектуру ІТМ. При цьому оцінні розрахунки надійності елементарних фрагментів ІТМ і аналіз необхідності введення резервування в архітектуру ІТМ не проводилися.

У [7] наведений огляд методів моделювання й аналізу надійності мереж зв'язку, таких як діаграми блоку надійності, дерева розламу, ланцюги Маркова і т.д. Представлені рекомендації для застосування математичних, аналітичних і формальні методів аналізу ІТМ.

У [8] представлені теорія відновлення працездатності ІТМ з порушеннями потоку, викликаними збоями компонентів у поточкових ІТМ, найшвидші алгоритми оптимізації потоку в ІТМ після збоїв або перевантажень із можливістю за рахунок високої обчислювальної швидкості оптимального управління дуже більшими й складними мережами в режимі реального часу можливістю повторної оптимізації потоків ІТМ, що зводить до мінімуму перебоїв в потоці, викликані збоями.

У [9] розглядаються методи моделювання й аналізу надійності програмного забезпечення ІТМ, які використовують UML у якості мови для візуалізації, специфікації, конструювання й документування артефактів програмних систем. Аналіз, моделювання і специфікація надійності програмного забезпечення ІТМ здійснюються у профілі DAM.

У [10] розроблена методика графоаналітичного розрахунку надійності автоматизованої СОДУ на основі аналізу структури та використанні статистичних даних експлуатації елементарних фрагментів обласної ІТМБ яка не призначена для прогнозування імовірності безвідмовної роботи елементарного фрагменту відомчої ІТМ СОДУ.

У зв'язку із цим, невирішеною частиною проблеми є відсутність математичного опису процесу впливу структури і експлуатаційних параметрів елементарного фрагменту ІТМ на його надійність.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Мета даної роботи полягає в розробленні імовірнісної моделі елементарного фрагменту відомчої ІТМ СОДУ враховуючій показники безвідмовності та ремонтпридатності для проектування, впровадження, та експлуатації ІТМ СОДУ в умовах НС.

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити наступні завдання:

- розробити імовірнісну модель елемента інформаційно-телекомунікаційної мережі та оцінити його надійність;
- дослідити вплив структури елементарного фрагменту інформаційно-телекомунікаційних мережі на його надійність.

### **4. Розробка імовірнісної моделі елемента інформаційно-телекомунікаційних мережі та оцінка його надійності**

Для знаходження імовірності справного стану елемента ІТМ СОДУ  $p_i$  випадковий процес передбачається простішим марковським за законом розподілу Пуассону. Якщо процес, що протікає в системі з дискретними станами й безперервним часом, є, то для ймовірностей  $P_i(t)$  можливих станів ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) цієї системи можна скласти систему лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова [10].

Розглянемо розмічений граф станів відновлюваного елемента ІТМ без резервування, що входить до складу СОДУ. Структура цього графа показана на рис. 1.

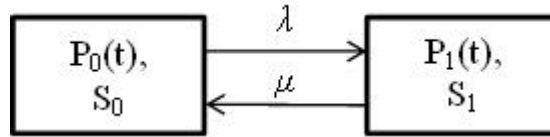


Рис. 1. Граф станів відновлюваного елемента ІТМ без резервування

Тут прийняті наступні умовні позначки:  $S_0$  – елемент ІТМ перебуває в працездатному стані (у початковий момент до відмови або ж відразу після завершення відновлення);  $S_1$  – елемент ІТМ втратило працездатність і починається його відновлення;  $P_0(t)$  і  $P_1(t)$  – імовірності знаходження елемента ІТМ у станах відповідно  $S_0$  і  $S_1$ .

$\lambda = \frac{1}{T_0}$  – інтенсивність потоку відмов ТС, що переводять його зі стану  $S_0$  у стан  $S_1$ ;  $T_0$  – середній час безвідмовної роботи (наробітку на відмову) елемента ІТМ;  $\mu = \frac{1}{T_b}$  – інтенсивність відновлення елемента ІТМ, що переводить його зі стану  $S_1$  у стан  $S_0$ ; де  $T_b$  – середній час відновлення елемента ІТМ.

З обліком викладеного й графа станів, представленого на рис. 1, система лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Скористуємось вирішенням системи лінійних диференціальних рівнянь, представлених в (1), при початкових умовах  $P_0(0) = 1$  і  $P_1(0) = 0$  [10]:

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t]. \quad (2)$$

Перетворимо вираження (2) шляхом заміни змінних  $\lambda$  і  $\mu$  на відносну величину  $\gamma = \lambda/\mu$ , до наступного виду

$$P_0(\gamma, \beta) = \frac{1}{\gamma + 1} + \frac{\gamma}{\gamma + 1} \exp\left[-\frac{(\gamma + 1)\lambda t}{\gamma}\right] = \frac{\left\{1 + \gamma \cdot \exp\left[-\frac{(\gamma + 1)\beta}{\gamma}\right]\right\}}{\gamma + 1}, \quad (3)$$

де  $\gamma = \frac{\lambda}{\mu} = T_b/T_0$  – співвідношення середнього часу відновлення  $T_b$  елемента ІТМ СОДУ, що відмовив, до години наробітку на відмову  $T_0$ ;

$\beta = \lambda t = T_n/T_0$  – співвідношення типового періоду експлуатації  $T_n$  (періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА ІТМ через відсутність необхідних елементів заміни в одиночному комплекті запасних технічних засобів (ОК ЗТЗ) або періоду поповнення ОК ЗТЗ до часу наробітку на відмову  $T_0$ ).

Тому проведемо математичне моделювання виявлення імовірності справно-го стану елемента ІТМ за обраною імовірнісною моделлю в залежності від експлуатаційних параметрів  $\gamma, \beta$  (3).

Розрахунки імовірності справного стану елемента СОДУ проведемо при різних значеннях співвідношень  $\gamma = \lambda/\mu = T_B/T_0 = 0,05 \div 0,5$  і  $\beta = \lambda t = T_n/T_0 = 0,05 \div 0,2$  та побудуємо графіки функції  $P_0(\gamma, \beta)$ .

Розв'язання поставленої у роботі задачі здійснювалося за допомогою методів математичного моделювання, геометричного проектування, оптимізації обчислювального процесу. Розрахунки графіків та обчислювальні експерименти проводились на базі AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 4000+ з використанням математичного апарату системи прикладного математичного моделювання «MathCad» 14-ї версії.

Графіки функції  $P_0(\gamma, \beta)$  поміщені на рис. 2.

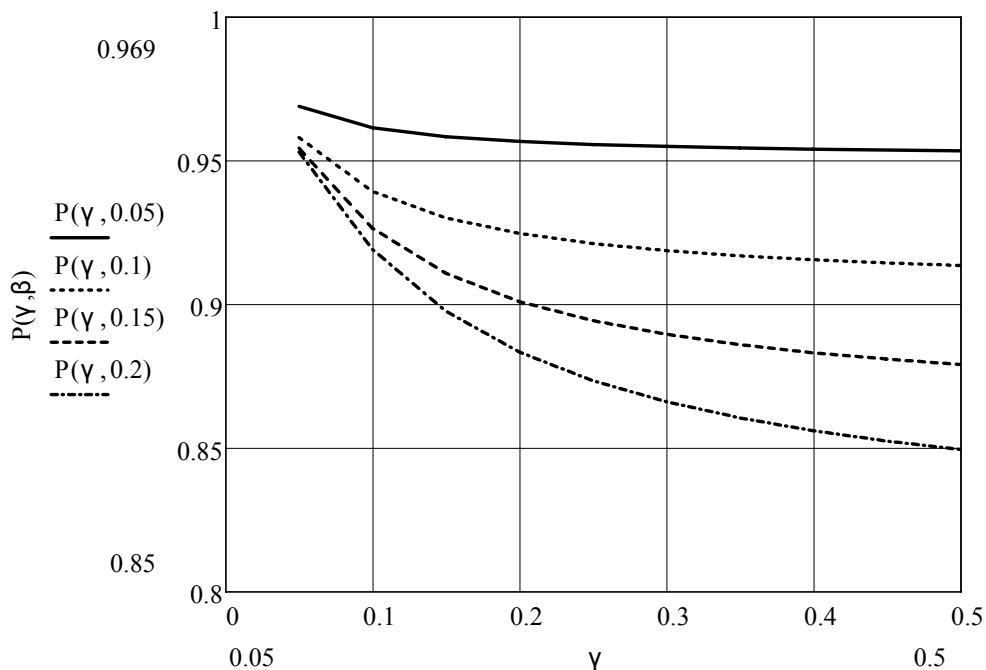


Рис. 2. Графік залежності імовірності справного стану елемента ІТМ  $P_0(\gamma, \beta)$

## 5. Дослідження впливу структури елементарного фрагменту інформаційно-телекомунікаційних мережі на його надійність

Розглянемо функціональний склад ІТМ СОДУ з метою обрання моделі графоаналітичної структури її елементарного фрагменту.

До основних структурних елементів ІТМ СОДУ відносяться:

- ПАК пунктів управління (ОДС ОКЦ) – верхній рівень системи;
- сервер системи і відомча інформаційно-телекомунікаційна мережа (ІТМ), які складають ядро СОДУ;

– комплекс засобів автоматизації (КСА) на базі трьох типів клієнтських АРМ: чергового диспетчера (АРМ – Д), адміністратора системи (АРМ – А), диспетчера аварійно-рятувальних підрозділів (АРМ – ПЗЧ), які повинні взаємодіяти з сервером системи в відомчій ІТМ.

СОДУ являє собою організаційно-технічне об'єднання елементів ПАК, сер-

вера, каналу передачі даних відомчої ІТМ, АРМ-ів, що забезпечує обмін інформацією між посадовими особами відповідних пунктів управління ( $s, a$ ) каналу передачі даних  $k$  має певну топологію й зв'язану фізичну структуру.

Тоді оберемо наступну графоаналітичну структуру елементарного фрагменту ІТМ СОДУ наведена на рис. 3.

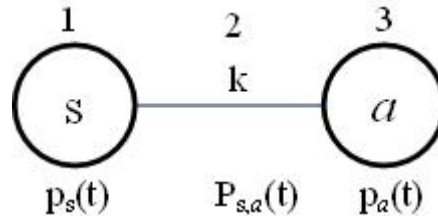


Рис. 3. Структура елементарного фрагменту ІТМ

На рис. 3 буквами позначені вузли графу  $s$ ,  $a$ , канал передачі даних  $k$ , елементи фрагменту ІТМ пронумеровані цифрами 1, 2, 3, кожному елементу графа вповідає ймовірність безвідмовної роботи  $p_i(t)$ .

Прогнозування надійності ІТМ СОДУ умовно поділяється на розрахунки надійності елементна ІТМ й структурної надійності елементарного фрагменту ІТМ. При цьому розрахунки елементної надійності є вхідними даними для рішення завдань структурної надійності.

У якості показника надійності елемента СОДУ використаємо ймовірності відповідно справного  $p_i$  і несправного  $q_i$  станів  $i$ -го елемента ІТМ, для яких також справедливо  $p_i + q_i = 1$

У процесі функціонування ІТМ СОДУ відбувається обмін інформацією між відправником  $s$  і одержувачем  $a$  інформації (таких інформаційних напрямків може бути кілька, при розрахунках надійності системи як основного заходу використовують так звану ймовірність  $P_{s,a}$  зв'язку двополюсної мережі. Двополюсна мережа – математична модель інформаційного напрямку, виділюваного в системі.

Під  $P_{s,a}$  розуміють ймовірність події  $E_{s,a}$  застати в довільний момент часу між  $s$  і  $a$  у справному стані хоча б один шлях передачі інформації. При визначенні математичних залежностей для розрахунків показників надійності елемента ІТМ прийняті наступні допущення:

- відмови окремих елементів ІТМ СОДУ є випадковими незалежними подіями – дисперсними випадковими величинами з законом розподілу Пуассону;
- наробіток на відмову й час відновлення технічних засобів і трактів обміну інформацією ІТМ – безперервні випадкові величини;
- відмови елементів ІТМ не залежать друг від друга, тобто є випадковими незалежними подіями;
- ПАК ІТМ СОДУ повністю налагоджене й не містить помилок, що приводять до відмов.

Виходячи зі структури елементарного фрагменту ІТМ рис. 3, при обліку надійності вершин  $s$  і  $a$  проведемо обчислення структурної ймовірності безвідмовної роботи елементарного фрагменту ІТМ  $P_{s,a}^{\oplus}$  двополюсної мережі за формулою:

$$P_{s,a}^{\oplus} = p_s \times P_{s,a} \times p_a, \quad (4)$$

де  $p_s$  і  $p_a$  – коефіцієнти готовності вершин  $s$  і  $a$ ;  $P_{s,a}$  – ймовірності безвідмовної роботи каналу зв'язку елементарного фрагменту ІТМ.

Для оціночного розрахунку приймемо усі елементи елементарного фрагменту ІТМ рівнонадійними  $p_s = P_{s,a} = p_a = P_0(\gamma, \beta)$  тоді  $P_{s,a}^{\oplus} = (P_0(\gamma, \beta))^3$ .

З урахуванням результатів графіку рис. 2 значення структурної ймовірності безвідмовної роботи елементарного фрагменту ІТМ по формулі (4) знаходяться в межах  $P_{s,a}^{\oplus} = (0,85)^3 \div (0,969)^3 \approx 0,614 \div 0,90985$ .

Так для випадку роздільного резервування кратність резервування можливо розрахувати за наступною формулою [5]

$$m_{\text{роз}} = \frac{\lg\left(1 - (P_{\text{роз}})^{1/N}\right)}{\lg(1 - p)} \quad (5)$$

При  $P_{\text{роз}}=0,995$ ,  $p=0,96$ ,  $N=3$  кратність резервування елементарних фрагментів ІТМ дорівнює  $m_{\text{роз}} = 1,987 \approx 2$ .

## 6. Обговорення результатів математичного моделювання надійності елементарного фрагменту інформаційно-телекомунікаційних мережі

Наведено, що розмічений граф станів відновлюваного елемента ІТМ без резервування у вигляді графу переходів з двох станів наведений на рис. 1 описує система лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова (1), яка має рішення згідно виразу (2), який перетворений в імовірнісну модель виявлення імовірності справного стану елемента ІТМ СОДУ (3). Аналіз отриманого виразу (3) показує, що імовірність справного стану елемента ІТМ представлена у вигляді імовірнісної залежності від двох відносних змінних  $P_0(\gamma, \beta)$ .

Результати розрахунків  $P_0(\gamma, \beta)$  які приведені на рис. 2, свідчать що імовірність справного стану елемента ІТМ для обраних вхідних даних знаходиться у межах від 0,85 до 0,97 та має тенденцію до зменшення при підвищенні співвідношення середнього часу відновлення  $T_v$  елементарного фрагменту ІТМ, що відмовив, до години наробітку на відмову  $T_o$ . Тобто для підвищення імовірності справного стану елемента ІТМ на етапі проектування доцільно обрати заходи експлуатації які мінімізують тривалість середнього часу відновлення  $T_v$  РЕА елемента ІТМ.

З аналізу графіків (рис. 2), також слідує, що імовірність справного стану елемента ІТМ тем більш зменшується при підвищенні співвідношення типового періоду експлуатації  $T_n$  до часу наробітку на відмову  $T_o$ .

Аналіз обраної графоаналітичної структури елементарного фрагменту ІТМ СОДУ на рис. 3. показує, що прогнозування надійності ІТМ СОДУ доцільно умовно поділити на два етапи: перший з розрахунку надійності елемента ІТМ й другий – з розрахунку структурної надійності елементарного фрагменту ІТМ. При цьому розрахунки елементарної надійності є вхідними даними для рішення завдань структурної надійності.

Як свідчить аналіз результатів оцінювання рівня надійності елементарного фрагменту ІТМ за виразом (4) з урахуванням можливих варіацій розрахунків на-

дійності елементів ІТМ (рис. 3), при типових вимогах до коефіцієнту готовності ПАК ІТМ СОДУ не нижче 0,995 ймовірність безвідмовної роботи елементарного фрагменту ІТМ, тобто знаходяться в межах  $0,614 \div 0,90985$  і не досягає відповідного рівня надійності. Тому для підвищення надійності потрібне застосування структурного резервування елементарних фрагментів ІТМ на етапі проектування ІТМ СОДУ. За формулою (5) розрахована кратність роздільного резервування елементарного фрагменту ІТМ яка складає значення  $m_{\text{роз}} = 2$ .

## 7. Висновки

1. Отримана імовірнісна модель елемента ІТМ СОДУ у вигляді графу переходів з двох станів, яка описується функцією двох відносних змінних для розрахунку та дослідження імовірності справного стану елемента відомчої ІТМ СОДУ в умовах ліквідації наслідків НС. Проведене математичного моделювання з розрахунку та дослідження залежності імовірності справного стану елемента фрагменту відомчої ІТМ СОДУ від експлуатаційних показників умовах ліквідації наслідків НС, яке показує, що імовірність справного стану елемента ІТМ знаходиться у межах від 0,85 до 0,97. Оскільки імовірність справного стану елемента ІТМ тем більш зменшується при підвищенні співвідношення типового періоду експлуатації  $T_n$  до часу наробітку на відмову  $T_0$ , то доцільним буде планування заходів експлуатації, які мінімізують тривалість періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА ІТМ через можливу відсутність необхідних елементів заміни в ОК ЗТЗ або періоду поповнення ОК ЗТЗ РЕА елемента ІТМ з метою підвищення імовірності справного стану елемента ІТМ.

2. На основі аналізу призначення, умов роботи складових елементів, ієрархічності структури ІТМ СОДУ обрана структура елементарного фрагменту ІТМ у вигляді графу з двох вершин та сполучного ребра та підхід до оцінки показників надійності елементарного фрагменту відомчої ІТМ СОДУ. Отримана імовірнісна модель дозволяє прогнозувати структурну імовірність безвідмовної роботи елементарного фрагменту відомчої ІТМ СОДУ в залежності від показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА ІТМ СОДУ при піковому навантаженні в умовах ліквідації наслідків НС. Проведені оціночні розрахунки для виявлення впливу показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА елементів відомчої ІТМ СОДУ на показники надійності елемента фрагменту відомчої ІТМ СОДУ при піковому навантаженні в умовах ліквідації наслідків НС. При цьому значення структурної ймовірності безвідмовної роботи елементарного фрагменту ІТМ, не перевищує значення 0,90985, що не досягає потрібного значення 0,995 без введення резервування. Обґрунтуванні вимоги до показників надійності елемента фрагменту ІТМ при проектуванні СОДУ, впровадженні та при експлуатації у піковому навантаженні в умовах ліквідації наслідків НС, де рекомендована імовірність справного стану елемента ІТМ складатиме не нижче 0,96. На основі аналізу оціночних розрахунків за формулою (5) слідує, що для забезпечення потрібного коефіцієнту готовності (імовірності безвідмовної роботи) ПАК ІТМ СОДУ потрібне введення роздільного резервування елементарного фрагменту ІТМ з мінімальною кратністю  $m_{\text{роз}} = 2$ , що вказує на обрання режиму роботи елементарного фрагменту ІТМ СОДУ з дублюванням в реальному часі.



## Література

1. Леваков А. К. Задачи формирования комплекта резервных технических средств для восстановления отказов в сети электросвязи вследствие чрезвычайных ситуаций. Электросвязь. Москва. 2013. Вып. 12. С. 38–40.
2. Леваков А. К. Аспекты превентивной подготовки сети связи к работе после возникновения чрезвычайной ситуации. Часть II. Электросвязь. Москва, 2013. Вып. 5. С. 12–14.
3. Носов М. В. Основные характеристики и показатели качества функционирования систем оповещения населения. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. Москва. 2014. № 2 (21). С. 14–18.
4. Фещенко А. Б., Загора А. В., Селеенко Е. Е. Зависимость коэффициента оперативной готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи от показателей безотказности и ремонтпригодности в условиях чрезвычайной ситуации. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків. 2017. Вип. 26. С. 175–180.
5. Батталов С. М., Носов М. В. Одноструктурные оценки вероятности связности двухполюсных сетей по простым разрезам и их применение для решения практических задач. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. Москва. 2017. № 3 (34). С. 59–67.
6. M. A. de QV Lima, P. R. Maciel, B. Silva, A. P. Guimaraes, Performability evaluation of emergency call center, Performance Evaluation 80. 2014. P. 27–42.
7. W. Ahmed, O. Hasan, U. Pervez and J. Qadir, Reliability Modeling and Analysis of Communication Networks, Journal of Network and Computer Applications, Elseiver. 2016. V. 78. P. 191–215.
8. Michael T. Todinov Flow Networks. Analysis and Optimization of Repairable Flow Networks, Networks with Disturbed Flows, Static Flow Networks and Reliability Networks, Book, Oxford Brookes University, Oxford, UK. 2013. P. 320.
9. S. Bernardi, J. Merseguer, D. Petriu, Dependability analysis techniques, in: Model-Driven Dependability Assessment of Software Systems, Springer. 2013. P. 73–90.
10. Абдыкалыков А. Т., Кокурин Л. А., Лузин В. Ю., Носов М. В., Романов А. С., Седельников Ю. В., Филин Б. П. Расчет надежности автоматизированной системы Московской областной ОСОДУ. Электросвязь. Москва. 2004. Вып. 4. С. 30–35.

*L. Borysova, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*  
*A. Zakora, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department*  
*A. Feshchenko, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*  
*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## DEVELOPMENT OF THE PROBABILITY MODEL OF THE ELEMENTARY FRAGMENT OF THE DEPARTMENTAL INFORMATION-TELECOMMUNICATION NETWORK

The analysis of the purpose, working conditions of the constituent elements, the hierarchical structure of the departmental information and telecommunications network of the operational dispatch control system and the means of the State Service from emergency situations of Ukraine is carried out. An analytical expression is obtained in the form of a function of two variables for calculating and investigating the probability of a healthy state of an element of a fragment of an information and telecommunication network. Analytical and graphical materials of mathematical modeling are presented to study the dependence of the probability of a healthy state of an element of a fragment of a departmental information and telecommunication network on operational indicators. The requirements for reliability indicators of an element of a fragment of an information and telecommunication network during the design of an operational dispatch control system are substantiated. A statistical model for

predicting the structural probability of uptime for the structure of an elementary fragment of a departmental information and telecommunication network depending on the uptime and maintainability indicators was selected. The results of evaluative calculations are presented to identify the impact of reliability and maintainability of departmental information and telecommunications network elements on the reliability indicators of an elementary fragment of departmental information and telecommunications network. Requirements are presented and recommendations are made on maintaining the operability of an elementary fragment of a departmental information and telecommunication network at the design stage. The ways to increase the reliability indicators of the elementary fragment of the information and telecommunication network during the design of the operational dispatch control system are substantiated.

**Keywords:** operational dispatch control system, information and telecommunication network, reliability of electronic equipment robots, average recovery time, average downtime, MTBF, emergency

## References

1. Levakov, A. K. (2013). Zadachi formirovaniya kompleksa rezervnyh tekhnicheskikh sredstv dlya vosstanovleniya otkazov v seti elektrosvyazi vsledstvie chrezvychajnyh situacij. *Elektrosvyaz*, 12, 38–40.

2. Levakov, A. K. (2013). Aspekty preventivnoj podgotovki seti svyazi k rabote posle vozniknoveniya chrezvychajnoj situacii. *CHast' II. Elektrosvyaz'*, 5, 12 – 14.

3. Nosov, M. V. (2014). Osnovnye harakteristiki i pokazateli kachestva funkcionirovaniya sistem opoveshcheniya naseleniya. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2 (21), 14–18.

4. Feshchenko, A. B., Zakora, A. V., Seleenko, E. E. (2017). Zavisimost' koefficienta operativnoj gotovnosti apparatury operativnoj dispetcherskoj svyazi ot pokazatelej bezotkaznosti i remontoprigradnosti v usloviyah chrezvychajnoj situacii. *Problemi nadzvichajnih situacij*, 26, 175–180.

5. Battalov, S. M., Nosov, M. V. (2017). Odnostrukturnye ocenki veroyatnosti svyaznosti dvuhpolyusnyh setej po prostym razrezam i ih primenenie dlya resheniya prakticheskikh zadach. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*, 3 (34), 59–67.

6. M. A. de QV Lima, P. R. Maciel, B. Silva, A. P. Guimaraes. (2014). Performability evaluation of emergency call center, *Performance Evaluation* 80, 27–42.

7. W., Ahmed, O., Hasan, U., Pervez, J., Qadir. (2016). Reliability Modeling and Analysis of Communication Networks, *Journal of Network and Computer Applications*, Elsevier, 78, 191–215.

8. M., Todinov. (2013). Flow Networks. Analysis and Optimization of Repairable Flow Networks, Networks with Disturbed Flows, Static Flow Networks and Reliability Networks, Book, Oxford Brookes University, Oxford, UK, 320.

9. S., Bernardi, J., Merseguer, D., Petriu. (2013). Dependability analysis techniques, in: *Model-Driven Dependability Assessment of Software Systems*, Springer, 73–90.

10. Abdykalykov, A. T., Kokurin, L. A., Luzin, V. YU., Nosov, M. V., Romanov, A. S., Sedel'nikov, Y. V., Filin, B. P. (2004). Raschet nadezhnosti avtomatizirovannoj sistemy Moskovskoj oblastnoj OSODU. *Elektrosvyaz'*, 4, 30–35.

Надійшла до редколегії: 10.02.2020

Прийнята до друку: 18.02.2020