

Віталій РЮТИН,

кандидат педагогічних наук, доцент,
завідувач кафедри загальної військової підготовки
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»,
м. Харків, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7242-3086>
e-mail: v.rutin@khai.edu

Сергій СЕМЕНОВ,

кандидат філософських наук, доцент,
доцент кафедри загальної військової підготовки
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4134-0194>
e-mail: s.semenov@khai.edu

Андрій ФЕЩЕНКО,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри загальної військової підготовки
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»,
м. Харків, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4869-6428>
e-mail: a.feshchenko@khai.edu

DOI: <https://doi.org/10.32620/pls.2025.8.69>

ОПЕРАТИВНА ГОТОВНІСТЬ ТИПОВОГО ФРАГМЕНТУ ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Анотація: Розроблена імовірнісна модель типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі з урахуванням впливу структури резервування та експлуатаційних параметрів безвідмовності та ремонтпридатності його вузлів та каналів передачі даних на коефіцієнт оперативної готовності. Потрібний коефіцієнт оперативної готовності типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі досягається шляхом структурного роздільного, як мінімум, двократного резервування каналів передачі даних. Результати досліджень корисні для захисту критичної інфраструктури при прогнозуванні коефіцієнта оперативної готовності під час експлуатації та планування потрібного режиму технічного обслуговування вузлів і каналів передачі даних типового фрагмента відомчої телекомунікаційної мережі в залежності від співвідношення періоду профілактичних робіт до часу наробітку на відмову.

Ключові слова: цифрова телекомунікаційна мережа, коефіцієнт оперативної готовності.

Організація взаємодії між складовими сектору безпеки та оборони держави при спільному виконанні завдань в захисті критичної інфраструктури, як сукупність організаційно-правових, матеріально-технічних ресурсів і процесів для скоординованих дій є ключовим завданням національної безпеки, спрямованим на захист суверенітету, територіальної цілісності та інтересів країни від внутрішніх і зовнішніх загроз. В умовах гібридної агресії, пандемій та глобальних викликів ефективна взаємодія стає критичною для спільного виконання завдань, таких як оборона, контррозвідка, кібербезпека та реагування на кризи – надзвичайні ситуації (НС) техногенного, екологічного, воєнної, терористичного походження

яке забезпечує ДСНС та використовує при цьому інформаційну форму взаємодії по обміну даними про стан ліквідації наслідків НС через захищені автоматизовані цифрові платформи з використанням відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (ВЦТМ) ДСНС.

В умовах воєнного стану часто виникають випадки знеструмлення електроживлення, пошкодження каналів передачі даних з необхідністю перезавантаження апаратури типового фрагменту (ВЦТМ) ДСНС. Ефективність її роботи доцільно визначати коефіцієнтом оперативної готовності, що є комплексним показником безвідмовності й відновлюваності та визначає імовірність того, що у момент

підключення, або перезавантаження елементарний фрагмент виявиться у працездатному стані і надалі протягом роботи у піковому навантаженні в умовах надзвичайної ситуації (НС).

Виходячи з цього, для попередження аварійних станів в роботі типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі зростає потреба розробки достовірних методів прогнозування значення його коефіцієнта оперативної готовності в умовах реагування та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, що обумовлює актуальність проблеми дослідження, яка обумовлена недосконалістю існуючих імовірнісних моделей для прогнозування коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі з урахуванням впливу структури резервування каналів передачі даних та експлуатаційних параметрів інтенсивності відмов і інтенсивності відновлення, отриманих за результатами експлуатації вузлів та каналів передачі даних, на коефіцієнт оперативної готовності типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі при відсутності та наявності резервування каналів передачі даних.

Мета дослідження полягала у розробці імовірнісної моделі типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі, з врахуванням впливу структури резервування та експлуатаційних параметрів безвідмовності і ремонтпридатності його вузлів і каналів передачі даних на його коефіцієнт оперативної готовності.

Розроблена структурна схема моделі коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту ВЦТМ для структури з резервуванням каналів передачі даних рис.1 [1].

З використанням рис. 1 коефіцієнт оперативної готовності типового фрагменту ВЦТМ без резервування вузлів, чому відповідає $m_{v,roz} = 1$ й з резервуванням каналів передачі даних з різноманітними комбінаціями кратностей $m_{k,ca,roz}$, $m_{k,ab,roz}$ буде мати вигляд (1).

Отримані вираження (1) описують імовірнісну модель типового фрагмента ВЦТМ (рис. 1), та дозволяє провести математичне моделювання з дослідження впливу нормованих експлуатаційних параметрів та структури резервування каналів передачі даних на його коефіцієнт оперативної готовності.

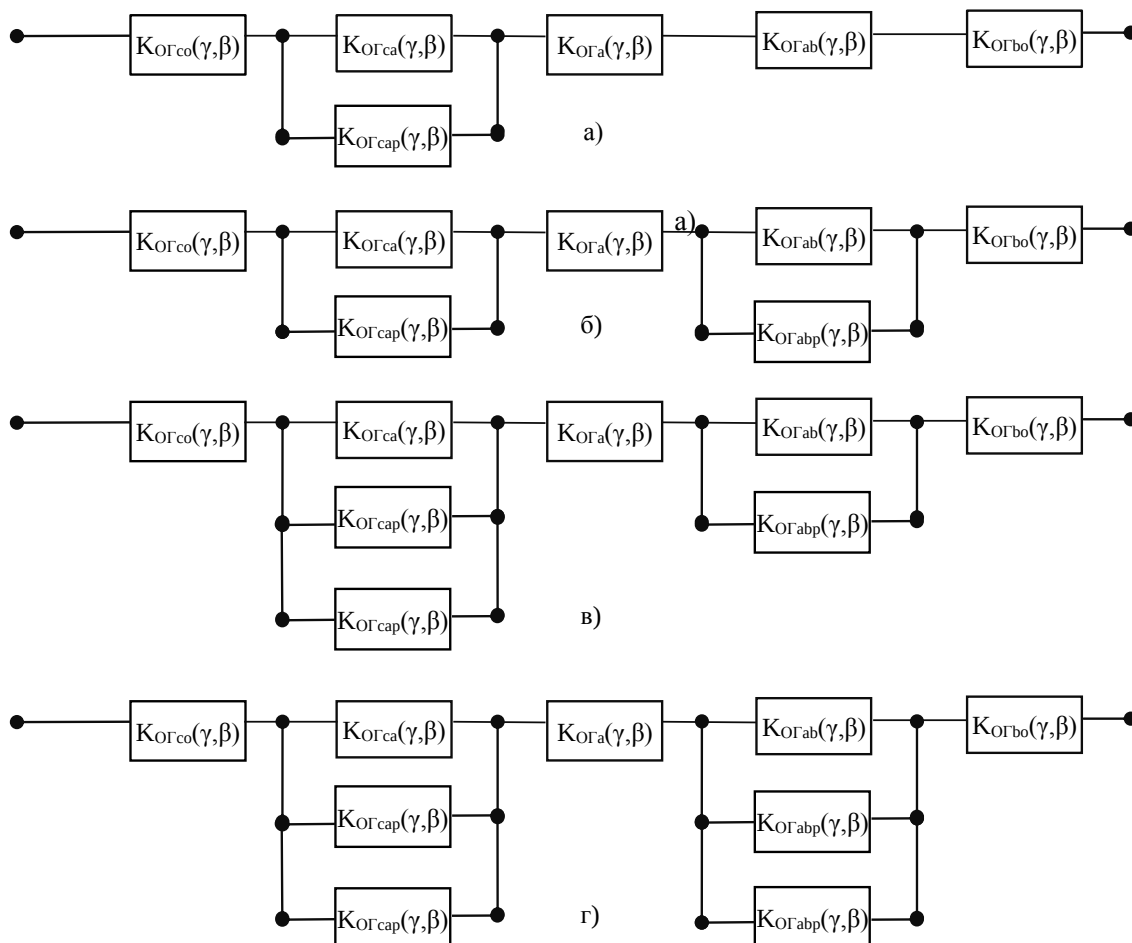


Рис. 1. Структурна схема моделі коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту ВЦТМ для структури з резервуванням каналів передачі даних
а) $m_{k,ca,roz}=2$, $m_{k,ab,roz}=1$; б) $m_{k,ca,roz}=2$, $m_{k,ab,roz}=2$;
в) $m_{k,ca,roz}=3$, $m_{k,ab,roz}=2$; г) $m_{k,ca,roz}=3$, $m_{k,ab,roz}=3$

$$K_{OG,c,a,b}^{\oplus}(\gamma, \beta) = \left\{ \begin{array}{l} K_{OG}(\gamma, \beta)^5 \text{ при } m_{в,роз} = 1, m_{кса,роз} = 1, m_{каб,роз} = 1; \\ K_{OG}(\gamma, \beta)^4 \cdot [1 - (1 - K_{OG0}(\gamma, \beta))^2] \text{ при } m_{кса,роз} = 2, m_{каб,роз} = 1; \\ K_{OG}(\gamma, \beta)^3 \cdot [1 - (1 - K_{OG0}(\gamma, \beta))^2]^2 \text{ при } m_{кса,роз} = 2, m_{каб,роз} = 2; \\ K_{OG}(\gamma, \beta)^4 \cdot [1 - (1 - K_{OG0}(\gamma, \beta))^3] \text{ при } m_{кса,роз} = 3, m_{каб,роз} = 1; \\ K_{OG}(\gamma, \beta)^3 \cdot [1 - (1 - K_{OG0}(\gamma, \beta))^3] \cdot \\ \cdot [1 - (1 - K_{OG0}(\gamma, \beta))^2] \text{ при } m_{кса,роз} = 3, m_{каб,роз} = 2; \\ K_{OG}(\gamma, \beta)^3 \cdot [1 - (1 - K_{OG0}(\gamma, \beta))^3]^2 \text{ при } m_{кса,роз} = 3, m_{каб,роз} = 3. \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де $K_{OG}(\gamma, \beta) = K_{OGK}(\gamma, \beta)$ або $K_{OG}(\gamma, \beta) = K_{OGП}(\gamma, \beta)$ – коефіцієнти оперативної готовності вузла або каналу передачі даних типового фрагменту ВЦТМ за відмовами обумовленими законом Пуассона або за моделлю Колмогорова.

$\gamma = \frac{\lambda}{\mu} = T_{в}/T_{о}$ співвідношення інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення, саме як середнього часу відновлення $T_{в}$ елемента ВЦТМ, що відмовив, до часу наробітку на відмову $T_{о}$;

$\beta = \lambda t = T_{п}/T_{о}$ – співвідношення типового періоду експлуатації $t = T_{п}$ (періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА вузла або каналу передачі даних типового фрагменту ВЦТМ через відсутність необхідних елементів заміни в одиночному комплекті запасних технічних засобів (ОК ЗТЗ) або періоду поповнення ОК ЗТЗ до часу наробітку на відмову $T_{о}$).

На рис. 2 представлені результати математичного моделювання залежності коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента ВЦТМ від експлуатаційних параметрів без резервування $m_{кса,роз} = m_{каб,роз} = 1$ та при наявності

резервування каналів передачі даних з співвідношенням кратностей $m_{кса,роз}:m_{каб,роз} = 3:1; 2:2; 3:2; 3:3$.

На рис. 2 значення коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента ВЦТМ з резервуванням $K_{OGKP,c,a,b}^{\oplus}(\gamma, \beta)$ від нормованих експлуатаційних параметрів, знаходяться у межах $0,45 \div 0,99$ при експлуатаційному параметрі $\beta = 0,01$, та зменшуються при підвищенні нормованого параметра $\gamma = 0,005 \div 0,2$. При цьому, як свідчать результати моделювання на рис. 2 потрібний рівень коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента $K_{OGKP,c,a,b}^{\oplus}(\gamma, \beta) = 0,8 \div 0,99$ при значеннях нормованого експлуатаційного параметра $\beta = 0,01$ досягається тільки при $\gamma < 0,005$.

В роботі розроблена імовірнісна модель типового фрагмента цифрової телекомунікаційної мережі з резервуванням. Підтверджена доцільність та зручність дослідження структури відомчої цифрової телекомунікаційної мережі як сукупності елементарних фрагментів, представлених у

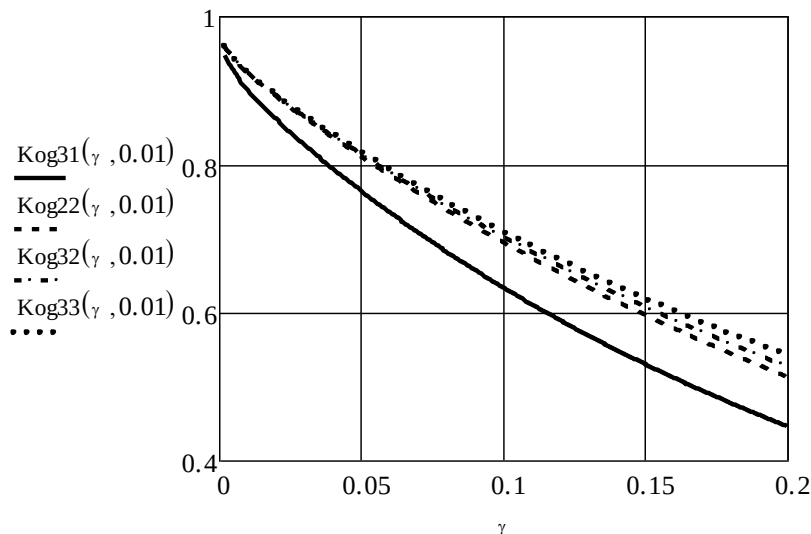


Рис. 2. Залежності коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента ВЦТМ від експлуатаційних параметрів без резервування $m_{кса,роз} = m_{каб,роз} = 1$ та при резервуванні каналів передачі даних $m_{кса,роз}:m_{каб,роз} = 3:1; 2:2; 3:2; 3:3$

вигляді структурної схеми надійності без резервування, яка складається з трьох вузлів, послідовно з'єднаних відповідними каналами передачі даних.

Розроблена структурна схема імовірнісної моделі коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту ВЦТМ без резервування вузлів та каналів передачі даних в залежності від експлуатаційних параметрів на основі якої отримані залежності коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту ВЦТМ без резервування для відмов обумовленими законом Пуассона та за моделлю Колмогорова.

Складені блок-схеми надійності типового фрагменту ВЦТМ з резервуванням каналів передачі даних з урахуванням впливу експлуатаційних параметрів на коефіцієнт оперативної готовності, на основі яких виведені математичні формули, яка описують імовірнісну модель типового фрагмента ВЦТМ з роздільним резервуванням каналів передачі даних та застосовується для математичного моделювання впливу експлуатаційних параметрів на коефіцієнт оперативної готовності.

Розроблена імовірнісна модель дозволяє прогнозувати коефіцієнт оперативної готовності типового фрагмента відомчої цифрової телекомунікаційної мережі з роздільним резервуванням каналами передачі даних з урахуванням нормованих експлуатаційних параметрів в умовах реагування і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Досліджено вплив структури резервування каналів передачі даних та експлуатаційних параметрів на коефіцієнт оперативної готовності типового фрагмента цифрової телекомунікаційної мережі. Проведене статистичне математичне моделювання з дослідження залежності коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі від нормованих експлуатаційних параметрів вузлів (каналів передачі даних) без резервування та при роздільному резервуванні каналами передачі даних у складі типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі, яке показує, що імовірність справного стану її типового фрагменту без резервування знаходиться у межах від $0,3 \div 0,9$, та підвищується при резервуванні каналами передачі даних де значеннях коефіцієнта оперативної готовності типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі складає приблизно інтервал від $0,4 \div 0,98$.

Потрібний рівень коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента відомчої цифрової телекомунікаційної мережі КОГВЦТМ=0,8–0,99 досягається при значеннях нормованого експлуатаційного параметра $\beta < 0,005$, тільки при використанні резервування каналів передачі даних. Для підтримання коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента відомчої цифрової телекомунікаційної на високому рівні при технічному обслуговуванні доцільно зменшувати

нормований експлуатаційний параметр β , тобто зменшувати співвідношення період профілактичних робіт T_p до часу наробітку на відмову T_o .

Поставлена автором в ході дослідження допоміжна гіпотеза, що випадки резервування каналів передачі даних з кратністю $(m_{k,ca,roz} : m_{k,ab,roz} = 1:3; 3:1)$ та з комбінацією $2:2$ приблизно співпадають за коефіцієнтом оперативної готовності типового фрагменту відомчої телекомунікаційної мережі, оскільки вони рівні за сумарною кратністю $(m_{k,ca,roz} + m_{k,ab,roz} = 4)$ під час проведення математичного моделювання за імовірнісною моделлю типового фрагмента відомчої телекомунікаційної мережі (1) не підтвердилась.

Таким чином, для підвищення коефіцієнта оперативної готовності типового фрагмента відомчої телекомунікаційної мережі рекомендовано на етапі експлуатації використовувати, як мінімум, дублювання каналів передачі даних, а під час експлуатації при технічному обслуговуванні доцільно зменшувати співвідношення періоду профілактичних робіт до часу наробітку на відмову.

Бібліографічні посилання

1.Фещенко А. Б., О.В. Закора, В. О. Собина Оперативна готовність типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2024. Вип. № 1(39). Р. 237-251. doi: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2024-39-17>.

V. Riutin, S. Semenov, A. Feshchenko

Operational readiness of a typical fragment of a domestic digital telecommunications network.

Abstract: A probabilistic model of a typical fragment of a departmental digital telecommunications network has been developed, taking into account the influence of the redundancy structure and operational parameters of reliability and maintainability of its nodes and data transmission channels on the operational readiness factor. The required operational readiness factor of a typical fragment of a departmental digital telecommunications network is achieved by structurally separate, at least, double redundancy of data transmission channels. The results of the research are useful for protecting critical infrastructure when predicting the operational readiness factor during operation and planning the required maintenance mode of nodes and data transmission channels of a typical fragment of a departmental telecommunications network depending on the ratio of the period of preventive work to the time of failure.

Keywords: digital telecommunications network, operational readiness ratio.

Зразок для цитування:

Рютін В., Семенов С., Фещенко А. Оперативна готовність типового фрагменту відомчої цифрової телекомунікаційної мережі. Пропліє права та безпеки, 2025. №8. С. 267-270. DOI: <https://doi.org/10.32620/pls.2025.8.69>.