

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

**Кафедра організації та технічного забезпечення
аварійно-рятувальних робіт**

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

**Методичні вказівки до виконання
модульної контрольної роботи на тему:
"Дослідження параметрів каналу передачі інформації
відомчої цифрової телекомунікаційної мережі
експлуатаційних показників обладнання автоматизованої
системи оперативно-диспетчерського управління
підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України"**

Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на другому (магістерському) рівні
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за спеціальністю 263 "Цивільна безпека"
(освітньо-професійна програма "Управління у сфері цивільного захисту")

Харків 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

**Кафедра організації та технічного забезпечення
аварійно-рятувальних робіт**

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

**Методичні вказівки до виконання
модульної контрольної роботи на тему:
"Дослідження параметрів каналу передачі інформації
відомчої цифрової телекомунікаційної мережі
експлуатаційних показників обладнання автоматизованої
системи оперативно-диспетчерського управління
підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України"**

Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на другому (магістерському) рівні
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за спеціальністю 263 "Цивільна безпека"
(освітньо-професійна програма "Управління у сфері цивільного захисту")

Харків 2021

Рекомендовано до друку кафедрою організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт НУЦЗ України (протокол від 23.03.2021 № 8)

Укладачі: А. Б. Фещенко, Л. В. Борисова, О. В. Загора, В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. О. Демент, І. М. Неклонський.

Рецензенти: кандидат технічних наук, доцент **Л. О. Нікітіна** заступник завідувача кафедри систем інформації факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Національного технічного університету (ХПИ); доктор технічних наук, старший науковий співробітник **В. В. Тютюник**, начальник кафедри управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту факультету цивільного захисту НУЦЗ України.

Автоматизовані системи управління та телекомунікації: методичні вказівки до виконання модульної контрольної роботи на тему: "Дослідження параметрів каналу передачі інформації відомчої цифрової телекомунікаційної мережі експлуатаційних показників обладнання автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України" / Укладачі: А. Б. Фещенко, Л. В. Борисова, О. В. Загора, В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. О. Демент, І. М. Неклонський. – Х.: НУЦЗУ, 2021. – 45 с.

У методичних вказівках до виконання модульної контрольної роботи розглянуті методики розрахунку параметрів каналу передачі інформації відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС України, оцінки надійності обладнання автоматизованої системи оперативного диспетчерського управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України за результатами спостережень під час експлуатації, пред'явлені вимоги і рекомендації з підвищення надійності на основі запропонованої схеми резервування автоматизованої системи управління з використанням розрахунків і аналізу результатів показників надійності і дослідження експлуатаційних параметрів технічного обслуговування.

Рівень викладення матеріалу дозволяє використовувати його у навчальному процесі для здобувачів вищої освіти, які навчаються на другому (магістерському) рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 "Цивільна безпека" (освітньо-професійна програма "Управління у сфері цивільного захисту").

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання модульної контрольної роботи спрямовані на систематизування та закріплення теоретичних і практичних знань та вмінь, отриманих здобувачами вищої освіти денної та заочної форми навчання під час вивчення навчальної дисципліни «Автоматизовані системи управління і телекомунікації».

Мета модульної контрольної роботи:

1. Поглиблення знань з основ:

- організації автоматизованої системи оперативного диспетчерського управління (СОДУ) підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України та відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (ВЦТМ) ДСНС;
- організації технічної експлуатації СОДУ та ВЦТМ для забезпечення стійкого оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України.

2. Набуття умінь і навичок:

- у проведенні оціночних розрахунків технічних характеристик каналу передачі інформації ВЦТМ для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України;
- у проведенні оціночних розрахунків з прогнозування надійності та ефективності СОДУ під час реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій
- організації заходів технічної експлуатації і обслуговування СОДУ та ВЦТМ для забезпечення стійкого оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України;
- самостійного застосування знань та вмінь при рішенні навчальних і службових задач та оформлення звітних матеріалів.

Зміст модульної контрольної роботи складається з двох частин:

1. Розрахунок характеристик каналу передачі інформації СОДУ і ВЦТМ для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України

2. Розрахунок показників надійності СОДУ і ВЦТМ для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України

Робота виконується здобувачами вищої освіти денної та заочної форм навчання самостійно під керівництвом викладача-консультанта.

Для захисту модульної контрольної роботи здобувач вищої освіти повинен за місяць до початку сесії надати пояснювальну записку викладачу для перевірки і рецензування. Викладач розглядає надані матеріали, оцінює правильність розрахунків, обґрунтованість прийнятих рішень, повноту роботи і якість її виконання. За результатами перевірки виставляється загальна результуюча оцінка за контрольну роботу. При незадовільній оцінці здобувач вищої освіти повинен переробити або повторно виконати роботу за іншим варіантом або надану.

Вимоги до оформлення модульної контрольної роботи:

Модульна контрольна робота виконується за індивідуальним завданням по варіантам.

Номер варіанту для здобувачі вищої освіти заочної форми навчання визначається згідно номеру у журналі навчальної групи.

Вихідні дані за номером варіанта до виконання та завдань контрольної роботи обирається з таблиць Додатків 1, 2 .

Модульна контрольна робота повинна містити наступне:

- титульний лист (Додаток 3);
- зміст у формі бланку виконання контрольної роботи (Додаток 4).

Модульна контрольна робота оформляється у вигляді заповнення бланку виконання контрольної роботи у окремому зошиті або на паперах формату А-4, в якому відображаються текстова і графічна частини (Додаток 4).

Текстова частина бланку виконання контрольної роботи включає пояснення проведених розрахунків і висновків за результатами розрахунків.

Графічна частина включає підсумкові таблиці за результатами розрахунків, графіки та схеми, за допомогою яких ці розрахунки проводились.

У заключній частині кожного розділу повинні бути сформульовані висновки, наприкінці роботи підсумки з аналізу результатів розрахунків.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ДСНС УКРАЇНИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

1.1 Вхідні дані для дослідження параметрів каналу передачі інформації

Задано:

- підрозділ ДСНС України має засоби для обміну інформацією в ВЦТМ;
- загальну кількість текстової інформації протягом доби складає $N_{ЗАГТСТ}$ [арк.];
- загальну кількість графічної інформації протягом доби складає $N_{ЗАГГр}$ [арк.];
- середній час обміну текстовою інформацією кількістю $N_{СЕРТСТ}$ [арк.] складає $T_{СЕРТСТ}$ [с];
- кількість текстових символів, яка використовується у текстовому форматі $NCMB$ [смв] (літери, цифри, позначки пунктуації та ін., формат аркуша А-4, інтервал одинарний, відступи 2 см з кожного боку аркуша);
- номер шрифту №Шр;
- для передачі графічної інформації застосовується щільність пікселів $NPКС$ на 1мм аркуша (формат аркуша А-4, відступи 2 см з кожного боку аркуша);
- кількість градацій чорно-білого кольору $N_{кол}$;
- довжина кабельної лінії складає L [км];
- коефіцієнт послаблення λ [дБ/м] ($1дБ = 0,115Нп$);
- потрібне відношення сигнал/шум на приймальному кінці кабелю $(P_c/P_{ш})_{пр}$ [дБ].

Потрібно:

- виконати оцінку загальної кількості інформації протягом доби;
- виконати оцінку швидкості передачі інформації C_I ;
- обчислити потрібну кількість каналів передачі інформації $N_{КАН}$;
- виконати оцінку пропускну здатності каналу передачі інформації $C_{КАН}$;
- оцінити потрібну надлишковість інформації при наявності перешкод I_n .

1.2 Дослідження вимоги параметрів каналу передачі інформації ВЦТМ:

Оцінити кількість інформації при передачі текстів та графічної інформації, Обчислити потрібну пропускну спроможність каналу передачі інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії.

Розрахувати потрібну надлишковість інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії.

Зробити висновки, в яких дати аналіз отриманих результатів.

1.3 Методика і приклад дослідження параметрів каналу передачі інформації ВЦТМ

Таблиця 1.1* – Вхідні дані до розрахунку (Додаток 1, таблиця1)

| № Вар. | N _{ЗАГтст} [арк.] | N _{ЗАГгр} [арк.] | N _{СЕРтст} [арк.] | T _{СЕРтст} [с] | N _{СМВ} [СМВ] | N ^о _{ШР} | N _{ПКС} [1/ММ] | N _{КОЛ} | L [км] | λ [дБ/м] | P _с /P _{шпр} [дБ] |
|--------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------|--------|----------|---------------------------------------|
| 0 | 100 | 50 | 5 | 10 | 64 | 18 | 3 | 4 | 2 | 0,005 | 13 |

1.3.1 Оцінка кількості інформації при передачі текстів

1.3.1.1. Обчислення ентропії текстового повідомлення за формулою:

$$H_{mcm} = - \sum_{n=1}^N P_n \log_2 P_n \quad (1.1)$$

Для текстових символів, коли $P_n = P_{n+1} = 1/N_{смв}$, ентропія передачі текстового символу визначається за формулою:

$$H_{mcm} = \log_2 N_{смв} \quad (1.2)$$

Наприклад, якщо $N_{смв} = 64$, то $H_{mcm} = \log_2 64 = \log_2 2^6 = 6 \log_2 2 = 6 \cdot 1 = 6$ (біт).

1.3.1.2. Обчислення кількості текстової інформації на одному аркуші за формулою:

$$I_{Amcm} = H_{mcm} \cdot N_{ЗН/А} \quad (1.3)$$

де $N_{ЗН/А}$ – кількість знаків на одному аркуші, включаючи пробіли.

Наприклад, якщо $N^o_{ШР} = 18$, то $N_{18ЗН/А} = 1995$ (враховано кількість знаків в одному рядку і кількість рядків).

Для інших розмірів шрифту застосовують формулу приблизного перерахунку:

$$N_{N^{\circ}ШРЗН/А} = (18/N^{\circ}ШР)^2 \cdot N_{18ЗН/А} = (18/N^{\circ}ШР)^2 \cdot 1995$$

$$I_{Amcm} = 6 \cdot 1995 = 11970(\text{біт}) = 11,7 \text{ Кбіт. (1 Кбіт} = 1024 \text{ біт)}$$

1.3.1.3. Обчислення загальної кількості текстової інформації протягом доби за формулою:

$$I_{ЗАГmcm} = I_{Amcm} \cdot N_{ЗАГmcm} \quad (1.4)$$

Наприклад, $N_{ЗАГТСТ} = 100$, то $I_{ЗАГТСТ} = 11970 \cdot 100 = 1197000(\text{біт}) = 1169\text{Кбіт}$.

1.3.1.4. Обчислення швидкості передачі інформації за формулою:

$$C_I = I_{СЕРmcm} / N_{СЕРmcm} \quad (1.5)$$

де $I_{СЕРmcm} = I_{Amcm} \cdot N_{ЗАГmcm}$ – середня кількість інформації при однократній передачі.

Наприклад, якщо однократно передається текстова інформація на 5 аркушах за $T_{СЕРmcm} = 10\text{с}$, то $I_{СЕРmcm} = 11970 \cdot 5 = 59850(\text{біт}) = 58\text{Кбіт}$.

Швидкість передачі інформації при цьому $C_I = 58/10 = 5,8\text{Кбіт/с}$.

Таким чином, швидкість передачі інформації $C_I = 5,8\text{Кбіт/с}$.

1.3.2 Оцінка кількості графічної інформації

1.3.2.1. Обчислення ентропії графічного повідомлення за формулою:

$$H_{зр} = \log_2 \cdot N_{кол} \quad (1.6)$$

Наприклад, якщо кількість градацій чорно-білого кольору $N_{кол} = 4$, то

$$H_{зр} = \log_2 4 = \log_2 2^2 = 2 \log_2 2 = 2 \cdot 1 = 2(\text{біт})$$

1.3.2.2. Обчислення кількості пікселів на одному аркуші за формулою:

$$N_{ПКС/А} = S_A \cdot (N_{ПКС})^2 \quad (1.7)$$

де S_A = робоча площа аркуша у мм², $N_{ПКС}$ = щільність пікселів.

Наприклад, якщо $S_A = 150 \times 200 = 30000\text{мм}^2$, $N_{ПКС} = 3$, то

$$N_{ПКС/А} = 30000 \cdot 9 = 270000\text{пкс} = 0,27 \cdot 10^6\text{пкс} = 0,27 \text{ Мпкс}$$

1.3.2.3. Обчислення кількості графічної інформації на одному аркуші здійснюється за формулою:

$$I_{A_{2p}} = N_{ПКС/А} \cdot H_{2p} \quad (1.8)$$

Таким чином, $I_{A_{2p}} = 270000 \cdot 2 = 540000$ (біт) = 527 Кбіт, що значно перевищує кількість текстової інформації на одному аркуші.

1.3.2.4. Обчислення загальної кількості графічної інформації протягом доби здійснюється за формулою:

$$I_{ЗАГ_{2p}} = I_{A_{2p}} \cdot N_{ЗАГ_{2p}} \quad (1.9)$$

Наприклад, якщо $N_{ЗАГ_{2p}} = 50$, то $I_{ЗАГ_{2p}} = 527 \cdot 50 = 26350$ Кбіт.

1.3.3 Оцінка загальної кількості інформації протягом доби

1.3.3.1. Обчислення загальної кількості інформації протягом доби.

Загальна кількість інформації протягом доби складається із сумарної кількості текстової та графічної інформації протягом доби, тобто

$$I_{ЗАГ} = I_{ЗАГ_{тст}} + I_{ЗАГ_{2p}} \quad (1.10)$$

Для наведеного прикладу $I_{ЗАГ} = 1169 + 26350 = 27519$ Кбіт.

1.3.3.2. Обчислення загального часу для передачі інформації протягом доби.

Загальний час для передачі інформації протягом доби здійснюється за формулою:

$$T_{ЗАГ} = I_{ЗАГ} / C_I \quad (1.11)$$

Для наведеного прикладу $T_{ЗАГ} = 27519 / (5,8 \cdot 3600) = 1,4$ год.

1.3.3.3. Обчислення потрібної кількості каналів для передачі інформації протягом доби.

Обчислення потрібної кількості каналів для передачі інформації протягом доби здійснюється за формулою:

$$N_{КАН} = T_{ЗАГ} / 24 \quad (1.12)$$

Для наведеного прикладу $N_{КАН} = 1,4 / 24 = 0,05$.

Тобто, достатньо одного каналу передачі інформації $N_{КАН} = 1$.

1.3.4. Оцінка потрібної пропускної здатності каналу передачі інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

1.3.4.1. Пропускна здатність каналу передачі інформації оцінюється за формулою:

$$C_K = \Delta f_c \log_2(1 + P_c/P_w), \quad (1.13)$$

де відношення P_c/P_w повинно враховуватися на передавальному боці каналу телекомунікацій $(P_c/P_w)_{ПЕР}$ в одиницях;

Δf_c – ширина смуги спектру інформаційного сигналу.

Спочатку обчислимо ширину смуги спектру інформаційного сигналу Δf_c та відношення P_c/P_w .

Визначимо Δf_c – ширину смуги спектру інформаційного сигналу, за формулою (1.14):

$$\Delta f_c = 1/\tau_1 \quad (1.14)$$

де τ_1 – тривалість елементарного повідомлення, тобто сигналу для передачі одного біта інформації.

Відомо, що $\tau_1 = 1/C_I$. Тоді Δf_c у герцах чисельно дорівнює C_I у біт/с.

Для нашого прикладу $\Delta f_c = 5985$ Гц.

Відношення P_c/P_w оцінюється за формулою:

$$(P_c/P_w)_{ПР} = (P_c/P_w)_{ПЕР} \cdot e^{-\lambda L} \quad (1.15)$$

де $(P_c/P_w)_{ПЕР}$ – відношення на передавальному боці каналу телекомунікацій;

$(P_c/P_w)_{ПР}$ – відношення на приймальному боці каналу телекомунікацій;

λ – коефіцієнт послаблення у неперах (1дБ = 0,115Нп);

L – довжина кабелю у метрах.

Потрібне значення $(P_c/P_w)_{ПР}$ [дБ] = $10 \cdot \log_2(P_c/P_w)_{ПР} = 13$ дБ. Розділімо ліву та праву частини рівняння на 10 та позбудемося логарифму шляхом возведення в ступінь за основою 10 у результаті отримаємо:

$$(P_c/P_w)_{ПР} = 10^{\frac{(P_c/P_w)_{ПР} [\text{дБ}]}{10 [\text{дБ}]}} = 10^{\frac{13 [\text{дБ}]}{10 [\text{дБ}]}} = 20 \text{ разів}$$

При $\lambda = 0,005$ дБ/м та довжині кабельної лінії $L = 2$ км = 2000м, визначимо чисельні значення у формулу 1.15 та проведемо обчислення:

$$(P_c/P_w)_{ПЕР} = (P_c/P_w)_{ПР} \cdot e^{\lambda L} = 20 \cdot e^{0,005 \cdot 0,115 \cdot 200} = 20e^{1,15} = 20 \cdot 3,28 = 65,6 \text{ раз}$$

Отримані значення Δf_c та P_c/P_u вставимо у формулу (1.13), одержимо:

$$C_K = \Delta f_c \log_2(1 + P_c/P_u) = 5985 \cdot \log_2(1 + 65,6) = 5985 \cdot \log_2 65,6 = 5985 \cdot 6,2 = 37107 \text{ біт/с}$$

1.3.5 Оцінка потрібної надлишковості інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

Кількість корисної інформації протягом передачі T_{Π} визначається за формулою:

$$I_{КОР} = C_I \cdot T_{\Pi} \quad (1.16)$$

де C_I – швидкість передачі інформації;
 T_{Π} – час передачі інформації.

Загальна інформація з урахуванням надлишковості I^* визначається за формулою:

$$I^* = C_K T_{\Pi} \quad (1.17)$$

де C_K – потрібна пропускна здатність каналу телекомунікацій,
 T_{Π} – час передачі інформації.

Надлишковість інформації I_H визначається за формулою:

$$I_H = I^* - I_{КОР} = C_K T_{\Pi} - C_I T_{\Pi} = (C_K - C_I) \cdot T_{\Pi} \quad (1.18)$$

Відносна надлишковість, визначається за формулою:

$$I_H/I_{КОР} = (C_K T_{\Pi} - C_I T_{\Pi})/C_I T_{\Pi} = (C_K - C_I)/C_I \quad (1.19)$$

1.3.5.1. Обчислення відносної надлишковості інформації за формулою (1.19)

$$I_H/I_{КОР} = (C_K - C_I)/C_I = (37107 - 5985)/5985 = 5,2 \text{ рази}$$

Висновок. Для нашого прикладу надлишковість інформації перевищує кількість корисної інформації у 5,2 рази.

1.3.6 Звіт про виконання завдання

1. Заповнити відповіді на пункти задач 1.3.1-1.3.5 по варіантах до Таблиці 1.2*.

Таблиця 1.2* – Вихідні результати розрахунку

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| п. | 1.3.1.1. | 1.3.1.2. | 1.3.1.3. | 1.3.1.4. | 1.3.2.1. | 1.3.2.2. | 1.3.2.3. | 1.3.2.4. |
| | $N_{тст}$, біт | $I_{Atст}$, Кбіт | $I_{ЗАГтст}$, Кбіт | C_l , Кбіт/с | $N_{гр}$, біт | $N_{ПКС/А}$, пкс | $I_{Агр}$, Кбіт | $I_{ЗАГгр}$, Кбіт |
| | 6 | 11,7 | 1169 | 5,8 | 2 | 270000 | 527 | 26350 |
| п. | 1.3.3.1. | 1.3.3.2. | 1.3.3.3. | 1.3.4.1. | | | | 1.3.5.1. |
| | $I_{ЗАГ}$, Кбіт | $T_{ЗАГ}$, год. | $N_{КАН}$ ОД. | Δf_c Гц | $(P_c/P_{ш})_п$ р разів | $(P_c/P_{ш})_{пЕ}$ р разів | C_K біт/с | $I_H/I_{КОР}$ разів |
| | 27519 | 1,4 год. | 1 | 5985 | 20 | 65,6 | 37107 | 5,2 |

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

До початку виконання розрахунків ознайомитися з основами теорії надійності і методикою розрахунків, які надані у курсі лекцій. Методика розрахунків пояснюється конкретним прикладом.

На основі вихідних даних виконати:

1. Обчислити одиничні показники надійності СОДУ.
2. Визначити комплексні показники надійності СОДУ:
 - при відсутності апаратури прогнозування відмов;
 - при наявності апаратури прогнозування відмов;
 - при наявності апаратури автоматичного пошуку елемента, який відмовив.
3. Оцінити безвідмовність обладнання зв'язку при наявності резервування.
4. Оцінити ефективність контролю технічного стану СОДУ.
5. Оцінити ефективність технічного обслуговування СОДУ.
6. Після виконання кожного пункту розрахунків обов'язково надати коротку інтерпретацію отриманих результатів.

2.1 Методика дослідження показників обладнання СОДУ

Задача 2.1 На випробування у момент часу $t_0 = 0$ год. поставлено $N(t_0 = 0) = 100$ засобів телекомунікацій одного типу. З часом засоби СОДУ починають відмовляти. Кількість засобів $n(t_i)$, що відмовили до визначеного моменту часу t_i приведено в Додатку 2 (таблиця 2.1).

Прилади, що відмовили, ремонтувалися, подальші випробування на безвідмовність не проводилися, тому доцільним є обчислення показників надійності.

2.1.1 Розрахунок одиничних показників надійності обладнання СОДУ

Імовірність безвідмовної роботи обладнання СОДУ даного типу визначається по формулі:

$$P(t_i) = (N - n(t_i)) / N \quad (2.1)$$

На основі дискретних значень $P(t_i)$ будується графік поточних значень $P(t_i)$ для довільних відрізків часу від початку випробувань $t_0 = 0$ год. до $t_m = 168$ год.

Далі перевіряється відповідність отриманого графіка з графіком для експонентного закону безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

Це можна зробити двома способами.

1-й спосіб. З таблиці 1 оцінюється значення $T_{сер1}$ – середній час роботи обладнання СОДУ до відмовлення по формулі:

$$T_{сер1} = (\sum_{i=1}^m t_i \cdot n^* t_i) / n(t_m) \quad (2.3)$$

де t_i – відрізки часу, що приведені в таблиці 1;

$n^* t_i = n(t_i - t_{i-1})$ – кількість обладнання СОДУ, що відмовили в проміжку часу між t_{i-1} та t_i ;

m – кількість відрізків часу, що фіксуються;

$n(t_m)$ – загальна кількість обладнання СОДУ, що відмовили, до моменту часу t_m .

Далі визначається $\lambda_1 = 1/T_{сер1}$. Для отриманого статистичним шляхом значення λ будується графік $P_1(t_i)$ і порівнюється з тим, що отриманий раніше на основі результатів розрахунків, тобто з $P_1(t_i)$.

2-й спосіб. З графіка $P(t)$ у припущенні, що він піддається експонентному закону, визначається $T_{сер2}$ наступним чином. При $t = T_{сер2}$, як відомо $P(t) = e^{-1} =$

$= 0,367$. Для $P(t_i) \approx 0,367$ знаходиться $T_{сер2}$, далі визначається $\lambda_2 = 1/T_{сер2}$.

Для отриманого значення λ_2 будується графік $P_2(t)$ і порівнюється з графіком $P(t_i)$.

У підсумку робиться порівняльний аналіз отриманих результатів, і приймаються остаточні значення λ_3 і $T_{сер3}$.

2.1.2 Оцінка комплексних показників надійності обладнання-СОДУ

Наступним етапом є оцінка комплексних показників надійності K_2 і K_{02} .

Для їхньої оцінки необхідне значення середнього часу відновлення обладнання телекомунікацій, що відмовили, T_v визначається по формулі:

Для оцінки комплексних показників надійності K_2 і K_{02} необхідне значення середнього часу T_v – відновлення обладнання телекомунікацій, що відмовили, визначається по формулі:

$$T_v = (\sum_{i=1}^m t_{vi} \cdot n^* t_i) / n(t_m) \quad (2.4)$$

де $n^*t_i = n(t_i) - n(t_{i-1})$ – кількість обладнання СОДУ, що відмовили в проміжку часу між t_{i-1} та t_i ;

t_{ei} – середній час відновлення партії обладнання СОДУ, що відмовили у проміжку часу між t_{i-1} та t_i ;

m – кількість відрізків часу, що фіксуються;

$n(t_m)$ – загальна кількість обладнання СОДУ, що відмовили, до моменту часу t_m .

Дані для визначення T_e приведені в Додатку 2 (таблиця 2.2)

Коефіцієнти готовності K_r і оперативної готовності K_{or} визначаються по формулах

$$K_z = T_{сер} / (T_{сер} + T_e) \quad (2.5)$$

$$K_{oz} = K_z \cdot P(t) \quad (2.6)$$

На основі значень $T_{сер}$ і T_e оцінюється K_z , що визначає імовірність працездатного стану обладнання СОДУ в довільний момент часу, за умови, що усі відмови раптові.

Якщо частина відмов може бути прогнозована системою контролю, і якщо реалізовано автоматичний пошук раптової відмови, то значення $T_{сер}^*$ і T_e^* будуть різними.

Наприклад, якщо вихідне значення $\lambda = 0,005$ 1/год., а частка прогнозованих відмов складає 45 % і, оскільки

$$\lambda = \lambda_{вн} + \lambda_{но}$$

де $\lambda_{вн}$ – інтенсивність раптових відмов;

$\lambda_{но}$ – інтенсивність прогнозованих відмов.

$$\lambda_{вн} = \lambda - \lambda_{но} = 0,55\lambda = 0,00275 \text{ 1/год.}$$

Відповідно $T_{сер}^* > T_{сер}$.

Оскільки, велику частину часу відновлення витрачається на пошук елемента, що відмовив, то при наявності автоматичного пошуку відмов

$$T_e^* = (40 - 60) \% T_e$$

Нове значення K_z^* , оцінюється з використанням значень $T_{сер}^*$ і T_e^* , дані для їхнього обчислення приведені в Додатку 2 (таблиця 2.3).

K_{oz} оцінюється для конкретного оперативного відрізка часу, що приведений у Додатку 2 (таблиця 2.3). При цьому виконати порівняльну оцінку значень K_r і K_r^* та K_{or} і K_{or}^* .

2.1.3. Оцінка безвідмовності обладнання СОДУ при наявності резервування

Існують два способи включення елементів – послідовний і паралельний, або їх комбінація.

При послідовному включенні елементів загальна ймовірність безвідмовної роботи P_{Σ} оцінюється по формулі:

$$P_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n p_i \quad (2.7)$$

де p_i – ймовірність безвідмовності i -го елемента обладнання СОДУ;
 n – кількість послідовно включених елементів.

При паралельному включенні елементів загальна ймовірність безвідмовної роботи P_{Σ} оцінюється по формулі:

$$P_{\Sigma} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_i) \quad (2.8)$$

де p_i – ймовірність безвідмовності i -го елемента обладнання СОДУ;
 m – кількість паралельно включених елементів.

Обчислити надійність обладнання СОДУ при відсутності та при наявності резервування з параметрами надійності елементів і схемою резервування, вказаними у Додатку 2 (таблиця 2.3). Зробити висновок щодо впливу резервування на надійність обладнання СОДУ.

2.1.4 Оцінка ефективності контролю технічного стану обладнання СОДУ

Для підтримки необхідних значень K_2 і K_{02} здійснюють контроль працездатності обладнання СОДУ. У залежності від того, в якому режимі (ручний чи автоматичний) здійснюється контроль, призначається періодичність його проведення.

Для контролю в ручному режимі оптимальний період його проведення $T_{к.онт}$ визначається по формулі:

$$T_{к.онт} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} [1 + T_{ек}(\lambda_k - \lambda)]} \quad (2.9)$$

де λ – інтенсивність відмовлень у режимі експлуатації по прямому призначенню,

λ_k – інтенсивність відмов у режимі контролю;

τ_k – час контролю;

$T_{ек}$ – час відновлення в режимі контролю.

Під час контролю засіб СОДУпрямому призначенню не використовується.

Для контролю в автоматичному режимі оптимальний період його проведення $T_{к.онт}$ визначається по формулі:

$$T_{к.онт} = \sqrt{\tau_k^2 + 2T_{ек}\tau_k \left(\frac{\lambda_k}{\lambda} - 1\right)} \quad (2.10)$$

де значення величин, що входять у формулу (2.10), аналогічні величинам, що входять у формулу (2.9). Ці значення приведені у Додатку 2 (таблиці 2.3).

де значення величин, що входять у формулу (2.10) приведені у Додатку 2 (таблиця 2.3).

2.1.5 Оцінка ефективності технічного обслуговування обладнання СОДУ

Для підвищення показників надійності обладнання СОДУпри експлуатації в різних режимах роботи проводиться їхнє технічне обслуговування з визначеною періодичністю. Періодичність $T_{то}$ визначається шляхом мінімізації коефіцієнта змушеного простою $K_{н.мін}$, що обчислюється по формулі:

$$K_{н.мін} = \left[T_{нр} + \lambda T_{е} T_{то} + T_{то} - \frac{1}{\lambda_{по}} (1 - e^{-\lambda_{по} T_{то}}) \right] / T_{то} \quad (2.11)$$

де $T_{нр}$ – тривалість технічного обслуговування (профілактики);

λ – інтенсивність відмовлень у режимі експлуатації по прямому призначенню;

$T_{е}$ – середній час відновлення обладнанняСОДУ;

$T_{то}$ – період технічного обслуговування;

$\lambda_{по}$ – інтенсивність прогнозованих відмовлень.

При цьому період технічного обслуговування (профілактики) $T_{то}$ визначається по формулі:

$$T_{то} = \sqrt{\frac{2T_{нр}}{\lambda_{по}}} = \sqrt{2T_{нр}T_{то}} \quad (2.12)$$

де $T_{нр}$ – тривалість визначеного виду технічного обслуговування;

$\lambda_{по}$ – інтенсивність прогнозованих відмов;

$T_{то}$ – середній час роботи обладнанняСОДУміж прогнозованими відмовами.

Формула (2.12) використовується для обладнання СОДУ, що постійно використовуються за прямим призначенням.

Для обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично застосовуються за прямим призначенням, використовують граничне значення періоду технічного обслуговування (профілактики) $T_{то макс.}$ при припустимому зниженні імовірності працездатного стану $P_{дон}$ між профілактичними обслуговуваннями.

При цьому $T_{то макс.}$ визначається по формулі:

$$T_{то макс.} = t_p - (T_{cp} \ln P_{дон} + t_p) / K_3 \quad (2.13)$$

де t_p – тривалість роботи обладнання СОДУ, що знаходиться на збереженні, між профілактичними обслуговуваннями;

T_{cp} – середній час наробітку до відмови обладнання СОДУ;

$P_{дон}$ – мінімально припустиме зниження значення імовірності справного стану між профілактичними обслуговуваннями;

K_3 – коефіцієнт збереження обладнання СОДУ в режимі збереження (зазвичай $K_3 \approx 10^{-3}$).

Для обладнання СОДУ, які знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями, $T_{то макс.}$ визначається по формулі:

$$T_{то макс.} = -T_{cp} \ln P_{дон} / K_3 \quad (2.14)$$

2.2 Приклад дослідження показників обладнання СОДУ

2.2.1 Розрахунок одиничних показників надійності обладнання СОДУ

Вхідні дані до розрахунку (Додаток 2, таблиця 2)

Таблицю 2.1*

| Час, (год.) | 0 | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 | 168 |
|-------------|---|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| № вар. | Кількість обладнання СОДУ, які відмовили до визначеного часу випробування | | | | | | | | | |
| $n(t_i)$ | 0 | 4 | 18 | 25 | 40 | 53 | 64 | 68 | 73 | 82 |
| $n^*(t_i)$ | 0 | 4 | 14 | 7 | 15 | 13 | 11 | 4 | 5 | 9 |

2.2.1.1 Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.1)

$$P(t = 0) = \frac{100 - n(0)}{100} = \frac{100 - 0}{100} = 1$$

$$\begin{aligned}
P(t = 6) &= \frac{100 - n(6)}{100} = \frac{100 - 4}{100} = \frac{96}{100} = 0,96 \\
P(t = 12) &= \frac{100 - n(12)}{100} = \frac{100 - 18}{100} = \frac{82}{100} = 0,82 \\
P(t = 24) &= \frac{100 - n(24)}{100} = \frac{100 - 25}{100} = \frac{75}{100} = 0,75 \\
P(t = 48) &= \frac{100 - n(48)}{100} = \frac{100 - 40}{100} = \frac{60}{100} = 0,6 \\
P(t = 72) &= \frac{100 - n(72)}{100} = \frac{100 - 53}{100} = \frac{47}{100} = 0,47 \\
P(t = 96) &= \frac{100 - n(96)}{100} = \frac{100 - 64}{100} = \frac{36}{100} = 0,36 \\
P(t = 120) &= \frac{100 - n(120)}{100} = \frac{100 - 68}{100} = \frac{32}{100} = 0,32 \\
P(t = 144) &= \frac{100 - n(144)}{100} = \frac{100 - 73}{100} = \frac{27}{100} = 0,27 \\
P(t = 168) &= \frac{100 - n(168)}{100} = \frac{100 - 82}{100} = \frac{18}{100} = 0,18
\end{aligned}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2*.

Перевіримо $P(t_i)$ на відповідність експонентному закону безвідмовної роботи формула (2.2).

2.2.1.21-й спосіб. За даними таблиці 2.1* оцінюємо значення $T_{сер}$ середній час роботи обладнання СОДУ до відмови по формулі (2.3)

Попередньо обробляємо вхідні дані та знаходимо значення $n^*(t_i) = n(t_i) - n(t_{i-1})$ які вносимо до таблиці 2.1* Обчислимо $T_{сер1}$:

$$\begin{aligned}
T_{сер1} &= \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{6 \cdot 4 + 12 \cdot 14 + 24 \cdot 7 + 48 \cdot 15 + 72 \cdot 13 +}{82} \\
&+ \frac{96 \cdot 11 + 120 \cdot 4 + 144 \cdot 5 + 168 \cdot 9}{82} = \\
&= \frac{24 + 168 + 168 + 720 + 936 + 1056 + 480 + 720 + 1512}{82} = 70,54 \text{ год.} \\
\lambda_1 &= \frac{1}{T_{сер1}} = \frac{1}{70,54} = 0,014176 \approx 0,0142 \text{ 1/год.}
\end{aligned}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.2) при $\lambda = \lambda_1$:

$$\begin{aligned}
P_1(t = 0) &= e^{-0,0142 \cdot 0} = e^0 = 1 \\
P_1(t = 6) &= e^{-0,0142 \cdot 6} = 0,918 \\
P_1(t = 12) &= e^{-0,0142 \cdot 12} = 0,843 \\
P_1(t = 24) &= e^{-0,0142 \cdot 24} = 0,711 \\
P_1(t = 48) &= e^{-0,0142 \cdot 48} = 0,506
\end{aligned}$$

$$P_1(t = 72) = e^{-0,0142 \cdot 72} = 0,36$$

$$P_1(t = 96) = e^{-0,0142 \cdot 96} = 0,256$$

$$P_1(t = 120) = e^{-0,0142 \cdot 120} = 0,182$$

$$P_1(t = 144) = e^{-0,0142 \cdot 144} = 0,129$$

$$P_1(t = 168) = e^{-0,0142 \cdot 168} = 0,092$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2*.

2.2.1.3.2-й спосіб. З таблиці 2.2*. У припущенні що $P(t)$ підкоряється експонентному закону, при $t = T_{ср}$, як відомо $P(t) = e^{-1} \approx 0,367$. Для даного випадку $t = T_{ср2} \approx 96$ год.

$$\text{Далі визначається } \lambda_2 = \frac{1}{T_{ср2}} = \frac{1}{96} = 0,0104 \text{ 1/год.}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.2) при $\lambda = \lambda_2$:

$$P_2(t = 0) = e^{-0,0104 \cdot 0} = e^0 = 1$$

$$P_2(t = 6) = e^{-0,0104 \cdot 6} = 0,94$$

$$P_2(t = 12) = e^{-0,0104 \cdot 12} = 0,883$$

$$P_2(t = 24) = e^{-0,0104 \cdot 24} = 0,78$$

$$P_2(t = 48) = e^{-0,0104 \cdot 48} = 0,607$$

$$P_2(t = 72) = e^{-0,0104 \cdot 72} = 0,473$$

$$P_2(t = 96) = e^{-0,0104 \cdot 96} = 0,368$$

$$P_2(t = 120) = e^{-0,0104 \cdot 120} = 0,287$$

$$P_2(t = 144) = e^{-0,0104 \cdot 144} = 0,224$$

$$P_2(t = 168) = e^{-0,0104 \cdot 168} = 0,174$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2*.

Таблиця 2.2*

| Час, год. | 0 | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | | 144 | 168 |
|------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|
| $P(t_i)$ | 1 | 0,96 | 0,82 | 0,75 | 0,6 | 0,47 | 0,36 | 0,32 | | 0,27 | 0,18 |
| $P_1(t_i)$ | 1 | 0,918 | 0,843 | 0,711 | 0,506 | 0,36 | 0,256 | 0,182 | | 0,129 | 0,092 |
| $P_2(t_i)$ | 1 | 0,94 | 0,883 | 0,779 | 0,607 | 0,473 | 0,368 | 0,287 | | 0,224 | 0,174 |

2.2.1.4. Будуємо графіки імовірності безвідмовної роботи обладнання СОДУ $P_1(t_i)$, $P_2(t_i)$ і порівнюємо їх з графіком $P(t_i)$ ручним способом або автоматичним, наприклад, за допомогою програми EXCEL

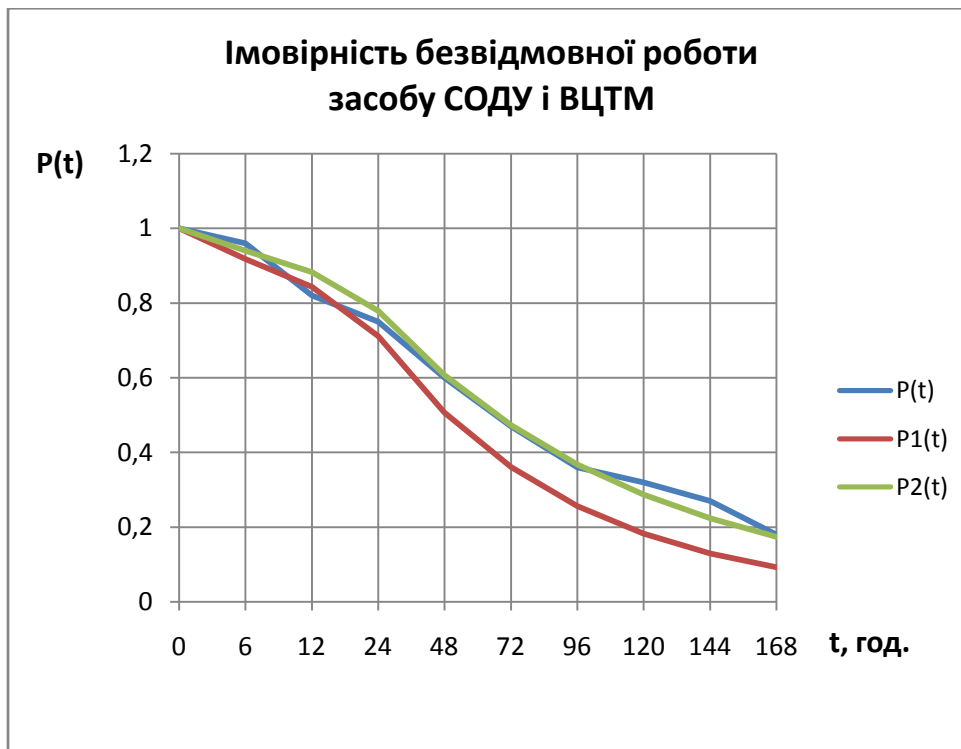


Рис. 2.1 – Графіки імовірності безвідмовної роботи $P(t_i)$, $P_1(t_i)$, $P_2(t_i)$

Висновок.3 порівняльного аналізу аналітичних графіків $P_1(t_i)$, $P_2(t_i)$ впливає, що вони досить точно відображують статистичну імовірність безвідмовної роботи обладнання СОДУ $P(t_i)$ при обранні $\lambda_3 = 0,011$ 1/год., що відповідає середньому часу на робітку до відмови обладнання СОДУ:

$$T_{серз} = \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{0,011} = 90,909 \approx 91 \text{ год.}$$

2.2.2 Оцінка комплексних показників надійності обладнання СОДУ

Вхідні дані до розрахунку (Додаток 1, таблиця 2.)

Таблиця 2.2*

| № партій | 1 партія засобів, які відмовили до 6 год. | 2 партія засобів, які відмовили до 12 год. | 3 партія засобів, які відмовили до 24 год. | 4 партія засобів, які відмовили до 48 год. | 5 партія засобів, які відмовили до 72 год. | 6 партія засобів, які відмовили до 96 год. | 7 партія засобів, які відмовили до 120 год. | 8 партія засобів, які відмовили до 144 год. | 9 партія засобів, які відмовили до 168 год. |
|----------|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
| № вар. | Середній час відновлення засобів телекомунікацій в окремих партіях (хв.) | | | | | | | | |
| 0. | 26 | 35 | 33 | 27 | 29 | 30 | 26 | 28 | 32 |

2.2.2.1. Обчислимо значення середнього часу відновлення обладнання СОДУ, що відмовили, T_{ϵ} визначається по формулі (2.4):

$$T_{\epsilon} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\epsilon i} \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{26 \cdot 4 + 35 \cdot 14 + 33 \cdot 7 + 27 \cdot 15 + 29 \cdot 13 + 30 \cdot 11 + 26 \cdot 4 + 28 \cdot 5 + 32 \cdot 9}{82} = \frac{2469}{82} = 30,11 \approx 30 \text{ год.}$$

2.2.2.2. Розрахунок коефіцієнтів готовності K_2 і оперативної готовності K_{o2} по формулах (2.5) і (2.6) за даними Додатку 2 (таблиця 2.3):

Таблиця 2.3*

| №, вар. | K_{o2} | K_2^*, K_{o2}^* | |
|---------|--------------------|---|---|
| | $t, (\text{ГОД.})$ | $\lambda_{no} \gamma (\% \text{ від } \lambda)$ | $T_{\epsilon}^* \mu (\% \text{ від } T_{\epsilon})$ |
| 0. | 4 | 30 | 30 |

а) При відсутності автоматичного пошуку відмов:

$$K_2 = \frac{T_{\text{серз}}}{T_{\text{серз}} + T_{\epsilon}} = \frac{91}{91 + 30} = 0,752$$

$$P(t = 4) = e^{-\lambda_3 t} = e^{-0,011 \cdot 4} = 0,957$$

$$K_{o2} = K_2 \cdot P(t) = 0,752 \cdot 0,957 = 0,72$$

б) При наявності автоматичного пошуку відмов:

$$\lambda_3 = \lambda_{no} + \lambda_{\text{вн}}, \text{ при } \lambda_{no} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3$$

$$\lambda_{\text{вн}} = \lambda_3 - \lambda_{no} = \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \lambda_3 = \left(1 - \frac{30}{100}\right) \cdot \lambda_3 = 0,7 \cdot 0,011 = 0,0077 \text{ 1/год.}$$

$$T_{\text{сер}}^* = \frac{1}{\lambda_{\text{вн}}} = \frac{1}{0,0077} = 129,87 \approx 130 \text{ год.}$$

$$T_{\epsilon}^* = \frac{\mu}{100} \cdot T_{\epsilon} = \frac{30}{100} \cdot 30 = 9 \text{ год.}$$

$$K_2^* = \frac{T_{\text{сер}}^*}{T_{\text{сер}}^* + T_{\epsilon}} = \frac{130}{130 + 9} = 0,935$$

$$P^*(t = 4) = e^{-\lambda_{\text{вн}} t} = e^{-0,0077 \cdot 4} = 0,97$$

$$K_{o2}^* = K_2^* \cdot P(t) = 0,935 \cdot 0,97 = 0,907$$

Висновок. При наявності автоматичного пошуку відмов вдається суттєво підвищити коефіцієнт готовності $K_2^* > K_2$ і коефіцієнт оперативної готовності $K_{02}^* > K_{02}$ обладнання СОДУ.

2.2.3 Оцінка безвідмовності обладнання СОДУ при наявності резервування

Обираємо схему обладнання СОДУ з Додатку 2 (таблиця 2.4)

Таблиця 2.4*

| № вар. | № схеми | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0,85 | 0,87 | 0,95 | 0,9 | 0,92 |

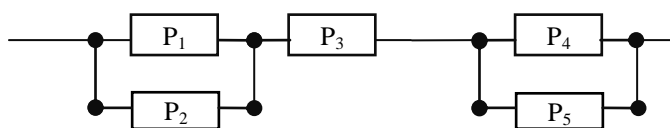


Рис. 2.2 – Схема резервування обладнання СОДУ

2.2.3.1. Розрахунок надійності обладнання СОДУ при відсутності резервування

$$P = P_1 \cdot P_3 \cdot P_4 = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 0,727$$

2.2.3.2. Обчислення надійності обладнання СОДУ при наявності резервування

$$P_p = P_{1,2} \cdot P_3 \cdot P_{4,5} = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,992 = 0,924$$

$$P_{1,2} = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) = 1 - (1 - 0,85) \cdot (1 - 0,87) = 1 - 0,15 \cdot 0,13 = 0,98$$

$$P_{4,5} = 1 - (1 - P_4) \cdot (1 - P_5) = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,92) = 1 - 0,1 \cdot 0,08 = 0,992$$

2.2.3.3 Проведемо порівняння: $P_p = 0,924 > P = 0,727$

Висновок. За рахунок введення резервування елементів вдається значно підвищити надійність обладнання СОДУ.

2.2.4 Оцінка ефективності контролю технічного стану обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 таблиці 2.3 включаємо у Табл. 2.5

Таблиця 2.5*

| № вар. | $T_{к.опт}$ | $\lambda_{по}, \alpha = (\lambda_k / \lambda)$ | $T_{вк}, \beta = (T_{вк} / T_в)$ |
|--------|-----------------|--|----------------------------------|
| | τ_k (ГОД.) | | |
| 0. | 2 | 10 | 1,5 |

2.2.4.1 Розраховуємо оптимальний період проведення $T_{к.опт.р.}$ для контролю в ручному режимі по формулі (2.9):

$$T_{к.опт.р.} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} [1 + T_{вк}(\lambda_k - \lambda)]} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} + \beta T_{\epsilon}(\alpha - 1)} =$$

$$\sqrt{2^2 + \frac{2 \cdot 2}{0,011} + 1,5 \cdot 30 \cdot (10 \approx -1)} = 27,796 \approx 28$$

Обираємо $T_{к.опт.р.} = 28 \text{ год.} / 24 \text{ год.} = 1,158 \approx 1$ доба, тобто контроль технічного стану обладнання СОДУ в ручному режимі потрібно робити щоденно.

2.2.4.2. Обчислимо оптимальний період проведення $T_{к.опт.р.}$ для контролю в автоматичному режимі по формулі (2.10):

$$T_{к.опт.р.} = \sqrt{\tau_k^2 + 2T_{вк}\tau_k \left(\frac{\lambda_k}{\lambda} - 1\right)} =$$

$$\sqrt{\tau_k^2 + 2 \cdot \beta T_{\epsilon} \tau_k (\alpha - 1)} = \sqrt{2^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 2(10 - 1)} = 40,299$$

Обираємо $T_{к.опт.а.} = 40,299 \text{ год.} / 24 \text{ год.} = 1,679$ діб ≈ 2 доби, таким чином контроль технічного стану обладнання СОДУ в автоматичному режимі достатньо робити 1 раз за 2 доби інакше кажучи через добу.

2.2.4.3 Розраховуємо співвідношення

$$T_{к.опт.а.} / T_{к.опт.р.} = 1,679 \text{ год.} / 1,158 \text{ год.} = 1,45 \approx 1,5 \text{ разів.}$$

Висновок. За рахунок втілення автоматичного контролю технічного стану обладнання СОДУ вдається збільшити оптимальний період проведення контролю приблизно в півтора разу, тобто у стільки же разів зменшити періодичність контролю.

2.2.5 Оцінка ефективності технічного обслуговування обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 таблиці 2.3 включаємо у таблицю 2.6

Таблиця 2.6*

| № вар. | $T_{то}, K_{зп.мін.}$ | $T_{то макс.}$ | | |
|--------|-----------------------|--------------------|------------------|-----------|
| | $T_{пр}, \text{год.}$ | $t_p, \text{год.}$ | $K_3 \cdot 10^3$ | $P_{дон}$ |
| 0. | 5 | 2 | 2,5 | 0,95 |

2.2.5.1. Для обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню період технічного обслуговування T_{mo} , визначимо по формулі (2.12).

За даними таблиці 2.3* інтенсивність прогнозованих відмов складатиме 30% від експлуатаційної тобто $\lambda_{no} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3 = \frac{30}{100} \cdot 0,011 = 0,0033$ 1/год.:

$$T_{mo} = \sqrt{2T_{np}/\lambda_{no}} = \sqrt{2 \cdot 5/0,0033} = 55,048 \approx 55 \text{ год.}$$

Обираємо $T_{mo} = 55$ год. /24 год. = 2,3 \approx 2 доби.

Таким чином періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню складатиме 2 доби.

2.2.5.2. Для обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню період технічного обслуговування T_{mo} , визначимо по формулі (2.13):

$$T_{mo \text{ макс1}} = t_p - (T_{сер} \ln P_{дон} - t_p) / K_3 = 2 - (91 \ln 0,95 + 2) / 2,5 \cdot 10^{-3} = 1069,076 \text{ год.}$$

Обираємо $T_{ТОмакс1} = 1069$ год. /24 год. = 44,542 \approx 45 діб/30 = 1,5 місяця

Таким чином періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню складатиме 1,5 місяця.

2.2.5.3 Для обладнання СОДУ, які знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями період технічного обслуговування T_{mo} , визначимо по формулі (2.14):

$$T_{mo \text{ макс2}} = t_p - (T_{сер} \ln P_{дон} - t_p) / K_3 = 2 - (91 \ln 0,95 + 2) / 2,5 \cdot 10^3 = 1867 \text{ год.}$$

Обираємо $T_{mo \text{ макс2}} = 1867$ год. /24 год. = 77,792 \approx 78 діб/30 = 2,593 \approx 2,5 місяця

Таким чином, періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями складатиме 2,5 місяця.

Висновок. Періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ суттєво залежить від режиму експлуатації. Для обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню періодичність технічного обслуговування частіше в порівнянні з засобами що знаходяться на збереженні $T_{то} \ll T_{то\ макс1}, T_{то} \ll T_{то\ макс2}$.

Серед обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні період технічного обслуговування буде більше для тих, що не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями $T_{то\ макс2} > T_{то\ макс1}$.

Підсумок. Підвищення надійності обладнання СОДУ здійснюється шляхом постійного статистичного аналізу одиничних та комплексних показників надійності, введенням резервування та організації системи контролю технічного стану і технічного обслуговування.

ЛІТЕРАТУРА

1. В.О. Собина, Д.В. Тарадуда, М.М. Пікрасов, Л.В. Боросова, О.В. Закора, А.Б. Фещенко, М.В. Маляров, Д.Л. Соколов, Дослідження проблем функціонування системи зв'язку ДСНС, використання засобів телекомунікацій та інформатизації в системі ДСНС, шляхів їх розвитку із застосуванням сучасних телекомунікаційних та інформаційних технологій, Звіт про НДР: № держреєстрації 0119U001009, Х.: НУЦЗУ, 2020. – 85 с. Режим доступу: <http://ndr.dsns.gov.ua/?p=7135>.
2. Борисова Л. В., Закора О. В., Фещенко А. Б. Розробка імовірнісної моделі елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі. *Problems of Emergency Situations*. 2020. № 1(31) рр. 34-43. Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11291>
3. ПОРЯДОК організації роботи відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС Наказ ДСНС 23.10.2019 № 608.
4. НАКАЗ МВС УКРАЇНИ 08.02.2019 № 93 Про затвердження Інструкції щодо практик чи процедур проектування, дослідження, введення в експлуатацію, експлуатації та технічного обслуговування (супроводження) автоматизованих систем централізованого оповіщення.
5. НАКАЗ МВС УКРАЇНИ 20.10.2017 № 870 Про затвердження Положення про автоматизовану інформаційну систему оперативного призначення єдиної інформаційної системи МВС.
6. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
7. Автоматизовані системи управління та телекомунікації, курс лекцій / Укладачі А.Б. Фещенко, Л.В. Борисова, О.В. Закора Х.: НУЦЗУ, 2020. – 1240 с.
8. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті: Підручник. / Г.В. Щербак, Л.І. Мельникова, І.В. Рубан, К.В. Садовий, Д.В. Сумцов. – Харків, УЦЗУ, 2007. – 261 с.
9. Чуб І.А. та ін. Автоматизовані системи управління та зв'язок у цивільному захисті. - Харків: АЦЗУ, 2005.-240 с.
10. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем і мереж зв'язку. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком "Телекомунікації" -К. ДУІКТ, 2002, 700с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1.1 – Данні за варіантами для розрахунку параметрів характеристик каналу передачі інформації ВЦТМ

| № Вар. | N _{ЗАГтст} [арк.] | N _{ЗАГгр} [арк.] | N _{СЕРтст} [арк.] | T _{СЕРтст} [с] | N _{СМВ} [біт] | N _{ШР} | N _{ПКС} [1/мм] | N _{КОЛ} | L [км] | λ [дБ/м] | P _с /P _ш [дБ] |
|--------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------|------------------|-----------|-------------|--|
| 0. | 100 | 50 | 5 | 10 | 64 | 18 | 3 | 4 | 2 | 0,005 | 13 |
| 1. | 1000 | 5500 | 10 | 5 | 32 | 10 | 2 | 8 | 5 | 0,002 | 10 |
| 2. | 1500 | 5000 | 15 | 10 | 64 | 12 | 3 | 4 | 4,5 | 0,003 | 11 |
| 3. | 2000 | 4500 | 20 | 15 | 128 | 14 | 4 | 2 | 4 | 0,004 | 12 |
| 4. | 2500 | 4000 | 25 | 20 | 32 | 10 | 2 | 8 | 3,5 | 0,005 | 13 |
| 5. | 3000 | 3500 | 30 | 25 | 64 | 12 | 3 | 4 | 3 | 0,006 | 14 |
| 6. | 3500 | 3000 | 35 | 30 | 128 | 14 | 4 | 2 | 2,5 | 0,007 | 15 |
| 7. | 4000 | 2500 | 40 | 35 | 32 | 10 | 2 | 8 | 2 | 0,008 | 16 |
| 8. | 4500 | 2000 | 45 | 40 | 64 | 12 | 3 | 4 | 1,5 | 0,009 | 17 |
| 9. | 5000 | 1500 | 50 | 45 | 128 | 14 | 4 | 2 | 1 | 0,01 | 18 |
| 10. | 5500 | 1000 | 55 | 50 | 32 | 10 | 2 | 8 | 0,5 | 0,015 | 19 |
| 11. | 1000 | 5500 | 10 | 5 | 64 | 12 | 3 | 4 | 5 | 0,002 | 10 |
| 12. | 1500 | 5000 | 15 | 10 | 128 | 14 | 4 | 2 | 4,5 | 0,003 | 11 |
| 13. | 2000 | 4500 | 20 | 15 | 32 | 10 | 2 | 8 | 4 | 0,004 | 12 |
| 14. | 2500 | 4000 | 25 | 20 | 64 | 12 | 3 | 4 | 3,5 | 0,005 | 13 |
| 15. | 3000 | 3500 | 30 | 25 | 128 | 14 | 4 | 2 | 3 | 0,006 | 14 |
| 16. | 3500 | 3000 | 35 | 30 | 32 | 10 | 2 | 8 | 2,5 | 0,007 | 15 |
| 17. | 4000 | 2500 | 40 | 35 | 64 | 12 | 3 | 4 | 2 | 0,008 | 16 |
| 18. | 4500 | 2000 | 45 | 40 | 128 | 14 | 4 | 2 | 1,5 | 0,009 | 17 |
| 19. | 5000 | 1500 | 50 | 45 | 32 | 10 | 2 | 8 | 1 | 0,01 | 18 |
| 20. | 5500 | 1000 | 55 | 50 | 64 | 12 | 3 | 4 | 0,5 | 0,015 | 19 |
| 21. | 1000 | 5500 | 10 | 5 | 128 | 14 | 4 | 2 | 5 | 0,002 | 10 |
| 22. | 1500 | 5000 | 15 | 10 | 32 | 10 | 2 | 8 | 4,5 | 0,003 | 11 |
| 23. | 2000 | 4500 | 20 | 15 | 64 | 12 | 3 | 4 | 4 | 0,004 | 12 |
| 24. | 2500 | 4000 | 25 | 20 | 128 | 14 | 4 | 2 | 3,5 | 0,005 | 13 |
| 25. | 3000 | 3500 | 30 | 25 | 32 | 10 | 2 | 8 | 3 | 0,006 | 14 |
| 26. | 3500 | 3000 | 35 | 30 | 64 | 12 | 3 | 4 | 2,5 | 0,007 | 15 |
| 27. | 4000 | 2500 | 40 | 35 | 128 | 14 | 4 | 2 | 2 | 0,008 | 16 |
| 28. | 4500 | 2000 | 45 | 40 | 32 | 10 | 2 | 8 | 1,5 | 0,009 | 17 |
| 29. | 5000 | 1500 | 50 | 45 | 64 | 12 | 3 | 4 | 1 | 0,01 | 18 |
| 30. | 5500 | 1000 | 55 | 50 | 128 | 14 | 4 | 2 | 0,5 | 0,015 | 19 |
| 31. | 1000 | 4000 | 30 | 10 | 32 | 10 | 3 | 8 | 5 | 0,005 | 14 |
| 32. | 1500 | 3500 | 35 | 15 | 64 | 12 | 2 | 4 | 4,5 | 0,006 | 15 |
| 33. | 2000 | 3000 | 40 | 20 | 128 | 13 | 4 | 2 | 4 | 0,007 | 16 |
| 34. | 2500 | 2500 | 45 | 25 | 32 | 14 | 3 | 8 | 3,5 | 0,008 | 17 |
| 35. | 3000 | 2000 | 50 | 30 | 64 | 18 | 2 | 4 | 3 | 0,009 | 13 |

Варіанти завдань для індивідуального розрахунку показників надійності обладнання СОДУ гарнізону ДСНС України

Таблиця 2.1

| Час, год. | 0 | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 | 168 |
|-----------|--|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| № вар. | Кількість засобів телекомунікацій, які відмовили до визначеного часу випроб. | | | | | | | | | |
| 0. | 0 | 4 | 18 | 25 | 40 | 53 | 64 | 68 | 73 | 82 |
| 1. | 0 | 13 | 27 | 39 | 67 | 80 | 88 | 93 | 95 | 96 |
| 2. | 0 | 13 | 25 | 38 | 65 | 79 | 87 | 92 | 95 | 95 |
| 3. | 0 | 12 | 24 | 37 | 64 | 77 | 86 | 91 | 94 | 95 |
| 4. | 0 | 12 | 23 | 36 | 62 | 75 | 85 | 90 | 94 | 95 |
| 5. | 0 | 11 | 22 | 35 | 60 | 74 | 83 | 90 | 94 | 95 |
| 6. | 0 | 11 | 21 | 34 | 56 | 73 | 82 | 88 | 93 | 94 |
| 7. | 0 | 10 | 21 | 33 | 55 | 72 | 81 | 88 | 92 | 94 |
| 8. | 0 | 10 | 20 | 33 | 55 | 70 | 80 | 87 | 91 | 94 |
| 9. | 0 | 10 | 20 | 33 | 54 | 70 | 79 | 85 | 90 | 94 |
| 10. | 0 | 9 | 19 | 32 | 53 | 68 | 78 | 85 | 90 | 93 |
| 11. | 0 | 9 | 18 | 30 | 52 | 67 | 77 | 84 | 89 | 93 |
| 12. | 0 | 9 | 18 | 30 | 51 | 65 | 76 | 83 | 88 | 92 |
| 13. | 0 | 8 | 17 | 30 | 50 | 64 | 75 | 83 | 88 | 91 |
| 14. | 0 | 8 | 17 | 29 | 49 | 63 | 75 | 82 | 87 | 91 |
| 15. | 0 | 8 | 16 | 27 | 47 | 63 | 73 | 80 | 86 | 90 |
| 16. | 0 | 8 | 16 | 26 | 47 | 62 | 72 | 80 | 85 | 89 |
| 17. | 0 | 7 | 16 | 26 | 46 | 61 | 71 | 79 | 85 | 89 |
| 18. | 0 | 7 | 15 | 26 | 45 | 60 | 70 | 78 | 84 | 88 |
| 19. | 0 | 7 | 14 | 26 | 45 | 59 | 69 | 77 | 83 | 87 |
| 20. | 0 | 7 | 14 | 25 | 44 | 58 | 69 | 76 | 82 | 86 |
| 21. | 0 | 7 | 14 | 25 | 43 | 57 | 67 | 75 | 82 | 86 |
| 22. | 0 | 7 | 14 | 25 | 42 | 56 | 67 | 75 | 81 | 86 |
| 23. | 0 | 6 | 13 | 23 | 41 | 55 | 64 | 74 | 80 | 85 |
| 24. | 0 | 6 | 13 | 21 | 40 | 55 | 64 | 73 | 79 | 84 |
| 25. | 0 | 6 | 12 | 16 | 40 | 53 | 64 | 73 | 78 | 83 |
| 26. | 0 | 5 | 11 | 17 | 46 | 51 | 61 | 69 | 75 | 79 |
| 27. | 0 | 5 | 12 | 18 | 45 | 50 | 60 | 68 | 74 | 78 |
| 28. | 0 | 5 | 12 | 19 | 45 | 59 | 69 | 72 | 73 | 77 |
| 29. | 0 | 5 | 13 | 20 | 44 | 58 | 69 | 71 | 72 | 76 |
| 30. | 0 | 5 | 14 | 21 | 43 | 57 | 67 | 69 | 72 | 76 |
| 31. | 0 | 4 | 15 | 22 | 42 | 56 | 67 | 69 | 71 | 75 |
| 32. | 0 | 4 | 19 | 26 | 39 | 52 | 64 | 68 | 74 | 80 |
| 33. | 0 | 4 | 16 | 23 | 41 | 55 | 64 | 66 | 70 | 75 |

Таблиця 2.2

| № партій | 1 партія засобів, які відмовили до 6 год. | 2 партія засобів, які відмовили до 12 год. | 3 партія засобів, які відмовили до 24 год. | 4 партія засобів, які відмовили до 48 год. | 5 партія засобів, які відмовили до 72 год. | 6 партія засобів, які відмовили до 96 год. | 7 партія засобів, які відмовили до 120 год. | 8 партія засобів, які відмовили до 144 год. | 9 партія засобів, які відмовили до 168 год. |
|----------|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
| №Вар. | Середній час відновлення засобів телекомунікацій в окремих партіях (хв.) | | | | | | | | |
| 0. | 26 | 35 | 33 | 27 | 29 | 30 | 26 | 28 | 32 |
| 1. | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 |
| 2. | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 |
| 3. | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 |
| 4. | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 |
| 5. | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 39 | 30 | 32 |
| 6. | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 37 | 30 |
| 7. | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 41 |
| 8. | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 |
| 9. | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 |
| 10. | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 |
| 11. | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 |
| 12. | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 |
| 13. | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 |
| 14. | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 |
| 15. | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 |
| 16. | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 |
| 17. | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 |
| 18. | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 |
| 19. | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 |
| 20. | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 |
| 21. | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 |
| 22. | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 |
| 23. | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 |
| 24. | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 |
| 25. | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 32 | 28 | 26 | 25 |
| 26. | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 30 | 32 | 28 | 26 |
| 27. | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 33 | 30 | 32 | 28 |
| 28. | 42 | 35 | 33 | 30 | 32 | 35 | 33 | 30 | 32 |
| 29. | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 |
| 30. | 25 | 30 | 42 | 35 | 33 | 30 | 42 | 35 | 33 |
| 31. | 26 | 25 | 30 | 42 | 35 | 25 | 30 | 42 | 35 |
| 32. | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 | 26 | 25 | 30 | 42 |
| 33. | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 28 | 26 | 25 | 30 |
| 34. | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 32 | 28 | 26 | 25 |
| 35. | 35 | 33 | 30 | 32 | 28 | 26 | 25 | 30 | 42 |

Таблиця 2.3

| № вар. | K _{ог} | | K*, K* _{ог} | | T _{к.опт} | | | T _{то} , K _{п.мін} | T _{то макс} | |
|--------|-----------------|----------------------------|--|-----------------------|-------------------------------------|---|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| | t (год.) | λ _{по} γ(% від λ) | T* _в μ(% від T _в) | τ _к (год.) | λ _к α(λ _к /λ) | T _{вк} β(T _{вк} /T _в) | T _{пр} (год.) | τ _р (год.) | K _з ×10 ³ | P _{доп} |
| 0. | 4 | 30 | 30 | 1 | 10 | 1,5 | 5 | 2 | 2,5 | 0,95 |
| 1. | 4 | 25 | 55 | 0,15 | 20 | 2,0 | 1 | 2 | 2,0 | 0,97 |
| 2. | 5 | 30 | 50 | 0,20 | 19 | 1,9 | 1,5 | 2,5 | 2 | 0,96 |
| 3. | 6 | 35 | 45 | 0,25 | 18 | 1,8 | 2 | 3 | 2,5 | 0,95 |
| 4. | 7 | 40 | 40 | 0,30 | 17 | 1,7 | 2,5 | 3,5 | 3 | 0,94 |
| 5. | 8 | 45 | 35 | 0,35 | 16 | 1,6 | 3 | 4 | 3,5 | 0,93 |
| 6. | 9 | 50 | 30 | 0,40 | 15 | 1,5 | 3,5 | 2 | 4 | 0,92 |
| 7. | 10 | 55 | 25 | 0,45 | 14 | 1,4 | 4 | 2,5 | 2 | 0,91 |
| 8. | 11 | 25 | 55 | 0,50 | 13 | 1,3 | 4,5 | 3 | 2,5 | 0,9 |
| 9. | 12 | 30 | 50 | 0,55 | 12 | 1,2 | 5 | 3,5 | 3 | 0,97 |
| 10. | 4 | 35 | 45 | 1,0 | 11 | 1,1 | 5,5 | 4 | 3,5 | 0,96 |
| 11. | 5 | 40 | 40 | 1,2 | 10 | 1,0 | 6 | 2 | 4 | 0,95 |
| 12. | 6 | 45 | 35 | 1,5 | 9 | 0,9 | 6,5 | 2,5 | 0,9 | 0,94 |
| 13. | 7 | 50 | 30 | 1,7 | 20 | 2,0 | 7 | 3 | 2,0 | 0,93 |
| 14. | 8 | 55 | 25 | 1,9 | 19 | 1,9 | 1,5 | 3,5 | 1,9 | 0,92 |
| 15. | 9 | 25 | 55 | 2,0 | 18 | 1,8 | 2 | 4 | 1,8 | 0,91 |
| 16. | 10 | 30 | 50 | 0,15 | 17 | 1,7 | 2,5 | 2 | 1,7 | 0,9 |
| 17. | 11 | 35 | 45 | 0,20 | 16 | 1,6 | 3 | 2,5 | 1,6 | 0,97 |
| 18. | 12 | 40 | 40 | 0,25 | 15 | 1,5 | 3,5 | 3 | 1,5 | 0,96 |
| 19. | 4 | 45 | 35 | 0,30 | 14 | 1,4 | 4 | 3,5 | 1,4 | 0,95 |
| 20. | 5 | 50 | 30 | 0,35 | 13 | 1,3 | 4,5 | 4 | 1,3 | 0,94 |
| 21. | 6 | 55 | 25 | 0,40 | 12 | 1,2 | 5 | 2 | 1,2 | 0,93 |
| 22. | 7 | 25 | 55 | 0,45 | 11 | 1,1 | 5,5 | 2,5 | 1,1 | 0,92 |
| 23. | 8 | 30 | 50 | 0,50 | 10 | 1,0 | 6 | 3 | 1,0 | 0,91 |
| 24. | 9 | 35 | 45 | 0,55 | 9 | 0,9 | 6,5 | 3,5 | 0,9 | 0,9 |
| 25. | 10 | 40 | 40 | 1,0 | 20 | 2,0 | 7 | 4 | 2,0 | 0,95 |
| 26. | 11 | 55 | 35 | 1,2 | 18 | 1,9 | 2 | 2 | 2 | 0,94 |
| 27. | 12 | 50 | 30 | 1,5 | 17 | 1,8 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 0,93 |
| 28. | 11 | 45 | 25 | 1,7 | 16 | 1,7 | 3 | 3 | 3 | 0,92 |
| 29. | 10 | 40 | 55 | 1,9 | 15 | 1,6 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 0,91 |
| 30. | 9 | 35 | 50 | 2,0 | 14 | 1,5 | 4 | 4 | 4 | 0,9 |
| 31. | 8 | 30 | 45 | 0,15 | 13 | 1,4 | 4,5 | 2 | 2 | 0,97 |
| 32. | 7 | 25 | 40 | 0,20 | 12 | 1,3 | 5 | 2,5 | 2,5 | 0,96 |
| 33. | 6 | 40 | 35 | 0,25 | 11 | 1,2 | 5,5 | 3 | 3 | 0,95 |
| 34. | 5 | 45 | 30 | 0,30 | 10 | 1,1 | 6 | 3,5 | 3,5 | 0,94 |
| 35. | 4 | 50 | 25 | 0,35 | 9 | 1,0 | 6,5 | 4 | 4 | 0,93 |

Таблиця 2.4

| № вар. | № схеми | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ |
|--------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0. | 0 | 0,85 | 0,87 | 0,95 | 0,9 | 0,92 |
| 1. | 1 | 0,85 | 0,87 | 0,9 | 0,92 | 0,95 |
| 2. | 2 | 0,87 | 0,9 | 0,92 | 0,95 | 0,85 |
| 3. | 3 | 0,9 | 0,92 | 0,95 | 0,85 | 0,87 |
| 4. | 4 | 0,92 | 0,95 | 0,85 | 0,87 | 0,9 |
| 5. | 5 | 0,95 | 0,85 | 0,87 | 0,9 | 0,92 |
| 6. | 1 | 0,95 | 0,92 | 0,9 | 0,87 | 0,85 |
| 7. | 2 | 0,85 | 0,95 | 0,92 | 0,9 | 0,87 |
| 8. | 3 | 0,87 | 0,85 | 0,95 | 0,92 | 0,9 |
| 9. | 4 | 0,9 | 0,87 | 0,85 | 0,95 | 0,92 |
| 10. | 5 | 0,92 | 0,9 | 0,87 | 0,85 | 0,95 |
| 11. | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,95 | 0,92 | 0,9 |
| 12. | 2 | 0,92 | 0,87 | 0,85 | 0,95 | 0,87 |
| 13. | 3 | 0,95 | 0,9 | 0,87 | 0,85 | 0,9 |
| 14. | 4 | 0,85 | 0,92 | 0,9 | 0,87 | 0,92 |
| 15. | 5 | 0,87 | 0,95 | 0,92 | 0,9 | 0,95 |
| 16. | 1 | 0,9 | 0,95 | 0,85 | 0,87 | 0,85 |
| 17. | 2 | 0,92 | 0,85 | 0,87 | 0,9 | 0,87 |
| 18. | 3 | 0,95 | 0,87 | 0,9 | 0,92 | 0,9 |
| 19. | 4 | 0,85 | 0,9 | 0,92 | 0,95 | 0,92 |
| 20. | 5 | 0,87 | 0,92 | 0,95 | 0,85 | 0,95 |
| 21. | 1 | 0,95 | 0,85 | 0,87 | 0,92 | 0,85 |
| 22. | 2 | 0,85 | 0,87 | 0,9 | 0,95 | 0,92 |
| 23. | 3 | 0,87 | 0,9 | 0,92 | 0,85 | 0,95 |
| 24. | 4 | 0,9 | 0,92 | 0,95 | 0,87 | 0,85 |
| 25. | 5 | 0,92 | 0,95 | 0,85 | 0,95 | 0,87 |
| 26. | 1 | 0,92 | 0,95 | 0,85 | 0,95 | 0,85 |
| 27. | 2 | 0,95 | 0,85 | 0,87 | 0,85 | 0,87 |
| 28. | 3 | 0,95 | 0,92 | 0,9 | 0,87 | 0,9 |
| 29. | 4 | 0,85 | 0,95 | 0,92 | 0,9 | 0,92 |
| 30. | 5 | 0,87 | 0,85 | 0,95 | 0,87 | 0,85 |
| 31. | 1 | 0,9 | 0,87 | 0,85 | 0,9 | 0,87 |
| 32. | 2 | 0,92 | 0,9 | 0,87 | 0,92 | 0,9 |
| 33. | 3 | 0,9 | 0,85 | 0,95 | 0,95 | 0,92 |
| 34. | 4 | 0,92 | 0,87 | 0,85 | 0,85 | 0,95 |
| 35. | 5 | 0,95 | 0,9 | 0,87 | 0,92 | 0,9 |

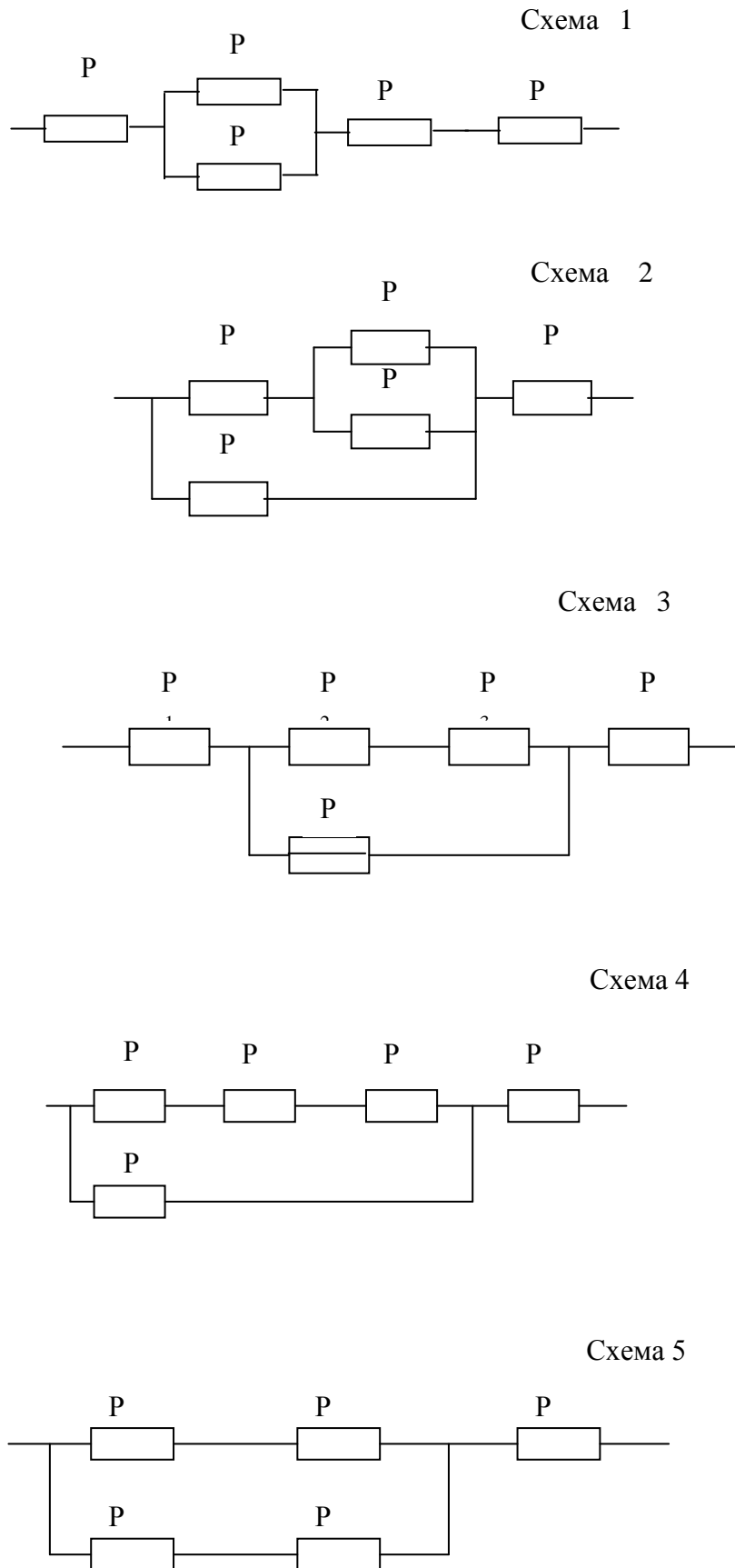


Рис. 2.1 –Варіанти схем резервування обладнання СОДУ

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра « Організації та технічного забезпечення аварійно-
рятувальних робіт»

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з дисципліни

«АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ»

на тему: ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ОРС ЦЗ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

Виконана здобувачем вищої освіти

Начальна група _____

«___» _____ 20__ р.

Кількість балів _____

Оцінка за національною шкалою _____

Оцінка ECTS _____

Перевірив _____

канд. техн. наук доцент

(підпис)
«___» _____ 20__ р.

Харків, 20__

БЛАНК

виконання модульної контрольної роботи
З дисципліни: Автоматизовані системи управління та телекомуні-
кації

Навчальна група _____
Прізвище, ініціали _____

І. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ВІДОМ-
ЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ДСНС УКРАЇНИ ДЛЯ ЗА-
БЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ
ДСНС УКРАЇНИ

Таблиця 1.1* – Вхідні дані до розрахунку (Додаток 1, таблиця1)

| № Вар. | $N_{ЗАГ\text{тст}}$ [арк.] | $N_{ЗАГ\text{гр}}$ [арк.] | $N_{СЕР\text{тст}}$ [арк.] | $T_{СЕР\text{тст}}$ [с] | $N_{СМВ}$ [СМВ] | $N_{\text{ШР}}$ | $N_{\text{ПКС}}$ [1/мм] | $N_{\text{КОЛ}}$ | L [км] | λ [дБ/м] | $P_c/P_{\text{ШПР}}$ [дБ] |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|------------------|-----------|---------------------|------------------------------|
| | | | | | | | | | | | |

1.3.1. Оцінка кількості інформації при передачі текстів.

1.3.1.1. Обчислення ентропії текстового повідомлення за формулою (1.2):

Якщо $N_{\text{СМВ}} = \underline{\quad}$, то $H_{\text{тст}} = \log_2 N_{\text{СМВ}} = \log_2 \underline{\quad} = \log_2 \underline{\quad} = \underline{\quad} \cdot \log_2 \underline{\quad} = \underline{\quad} \cdot \underline{\quad}$
= $\underline{\quad}$ (біт).

1.3.1.2. Обчислення кількості текстової інформації на одному аркуші за формулою (1.3):

$$N_{\text{№ШРЗН/А}} = (18 / N_{\text{ШР}})^2 \cdot N_{18\text{ЗН/А}} = (18 / N_{\text{ШР}})^2 \cdot 1995 = \underline{\quad}$$

$$I_{\text{Атст}} = H_{\text{тст}} \cdot N_{\text{№ШРЗН/А}} = \underline{\quad} \cdot \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ (біт)} = \underline{\quad} \text{ біт. (1 Кбіт = 1024 біт).}$$

1.3.1.3. Обчислення загальної кількості текстової інформації протягом доби за формулою (1.4):

$$\text{Якщо } N_{\text{ЗАГ\text{тст}}} = \underline{\quad}, \text{ то } I_{\text{ЗАГ\text{тст}}} = I_{\text{Атст}} \cdot N_{\text{ЗАГ\text{тст}}} = \underline{\quad} \cdot \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ (біт)} = \underline{\quad} \text{ Кбіт.}$$

1.3.1.4. Обчислення швидкості передачі інформації за формулою (1.5):

$I_{\text{СЕРТСТ}} = I_{\text{АТСТ}} \cdot N_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____}$ (біт) = _____ Кбіт– середня кількість інформації при однократній передачі.

При однократної передачі текстової інформації на $N_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____}$ аркушах за $T_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____}$ с, швидкість передачі інформації складає

$$C_I = I_{\text{СЕРТСТ}} / N_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____} \text{ Кбіт/с.}$$

1.3.2. Оцінка кількості графічної інформації

1.3.2.1. Обчислення ентропії графічного повідомлення за формулою (1.6):

Якщо кількість градацій чорно-білого кольору $N_{\text{КОЛ}} = \text{_____}$,

то $H_{\text{ГР}} = \log_2 \cdot N_{\text{КОЛ}} = \log_2 \text{_____} = \log_2 \text{_____} = \text{_____} \log_2 \text{_____} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____}$ (біт).

1.3.2.2. Обчислення кількості пікселів на одному аркуші за формулою (1.7):

$S_A =$ робоча площа аркуша у мм², $N_{\text{ПКС}} =$ щільність пікселів.

Якщо $S_A = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____}$ мм², $N_{\text{ПКС}} = \text{_____}$,

$$N_{\text{ПКС/А}} = S_A \cdot (N_{\text{ПКС}})^2 = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ ПКС.}$$

1.3.2.3. Обчислення кількості графічної інформації на одному аркуші здійснюється за формулою (1.8):

$$I_{\text{АГР}} = N_{\text{ПКС/А}} \cdot H_{\text{ГР}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ (біт)} = \text{_____} \text{ Кбіт,}$$

що значно перевищує кількість текстової інформації на одному аркуші.

1.3.2.4. Обчислення загальної кількості графічної інформації протягом доби здійснюється за формулою (1.9):

$$\text{Якщо } N_{\text{ЗАГГР}} = \text{_____}, \text{ то } I_{\text{ЗАГГР}} = I_{\text{АГР}} \cdot N_{\text{ЗАГГР}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ Кбіт.}$$

1.3.3 Оцінка загальної кількості інформації протягом доби

1.3.3.1. Обчислення загальної кількості інформації протягом доби за формулою (1.10)

$$I_{\text{ЗАГ}} = I_{\text{ЗАГтст}} + I_{\text{ЗАГгр}} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Кбіт.}$$

1.3.3.2. Розрахунок загального часу для передачі інформації протягом доби за формулою (1.11)

$$T_{\text{ЗАГ}} = I_{\text{ЗАГ}} / C_I = \underline{\hspace{2cm}} / (\underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ год.}$$

1.3.3.3. Обчислення потрібної кількості каналів для передачі інформації протягом доби здійснюється за формулою (1.12):

$$N_{\text{КАН}} = T_{\text{ЗАГ}} / 24 \text{ год} = \underline{\hspace{2cm}} / 24 = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Тобто, достатньо $\underline{\hspace{2cm}}$ каналу (ів) передачі інформації.

1.3.4. Оцінка потрібної пропускної здатності каналу передачі інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

1.3.4.1. Пропускню здатність каналу передачі інформації оцінимо за формулою (1.13). С початку визначимо ширину смуги спектру інформаційного сигналу Δf_c та відношення $P_c/P_{\text{ш}}$

Визначаємо Δf_c - ширину смуги спектру інформаційного сигналу, за формулою (1.14):

$$\Delta f_c = C_I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Кбіт/с} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ біт/с} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Гц.}$$

Відношення $P_c/P_{\text{ш}}$ повинно враховуватися на передавальному боці каналу телекомунікацій $(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}}$ в одиницях та оцінюється за формулою (1.15):

$$\text{Потрібне значення } (P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} [\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(P_c/P_{\text{ш}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ дБ,}$$

$$\text{тобто } (P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} = 10^{\frac{(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} [\text{дБ}]}{10 [\text{дБ}]}} = 10^{\frac{[\text{дБ}]}{10 [\text{дБ}]}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ раз,}$$

При $\lambda = \underline{\hspace{2cm}}$ дБ/м, та довжині кабельної лінії $L = \underline{\hspace{2cm}}$ км = $\underline{\hspace{2cm}}$ м з формули 1.15, отримаємо:

$$(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} = (P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} \cdot e^{\lambda L} = 20 \cdot e^{-0,115 \cdot \underline{\hspace{2cm}}} = 20 e^{\underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ раз.}$$

Отримані значення Δf_c та $(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}}$ вставимо у формулу (1.13), отримаємо:

$$C_K = \Delta f_c \log_2(1 + P_c/P_{ш}) = _ \cdot \log_2(1 + _) = _ \cdot \log_2 _ = _ \cdot _ = _ \text{ біт/с.}$$

1.3.5. Оцінка потрібної надлишковості інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

1.3.5.1. Розрахуємо відносну надлишковість інформації за формулою(1.19):

$$I_H/I_{КОР} = (C_K - C_I)C_I = (_ - _) / _ = _ \text{ рази.}$$

Висновок. Для нашого прикладу надлишковість інформації перевищує кількість корисної інформації у 5,2 рази.

1.3.6 Складання звіту про виконання завдання

1.3.6.1. Заповнити відповіді на пункти задач 1.3.1-1.3.5 по варіантах до Табл. 1.2*.

Табл. 1.2* Вихідні результати ??? розрахунку

| п. | 1.3.1.1. | 1.3.1.2. | 1.3.1.3. | 1.3.1.4. | 1.3.2.1. | 1.3.2.2. | 1.3.2.3. | 1.3.2.4. |
|----|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|
| | $N_{тст}$ біт | $I_{Atст}$ кбіт | $I_{ЗАГтст}$ кбіт | C_I кбіт/с | $N_{гр}$ біт | $N_{ПКС/А}$ ПКС | $I_{Агр}$ кбіт | $I_{ЗАГгр}$ кбіт |
| | | | | | | | | |
| п. | 1.3.3.1. | 1.3.3.2. | 1.3.3.3. | 1.3.4.1. | | | 1.3.5.1. | |
| | $I_{ЗАГ}$ кбіт | $T_{ЗАГ}$ год. | $N_{КАН}$ од. | Δf_c Гц | $(P_c/P_{ш})_{пр}$ разів | $(P_c/P_{ш})_{пер}$ разів | C_K біт/с | $I_H/I_{КОР}$ разів |
| | | | | | | | | |

II. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

2.2.1. Розрахунок одиничних показників надійностіобладнання СОДУ

Вхідні дані включаємо у таблицю 2.1*,

| | | | | | | | | | | |
|------------|---|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Час (год.) | 0 | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 | 168 |
| № вар. | Кількість обладнання СОДУ, які відмовили до визначеного часу випробування | | | | | | | | | |
| $n(t_i)$ | | | | | | | | | | |
| $n^*(t_i)$ | | | | | | | | | | |

2.2.1.1. Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.1):

$$P(t = 0) = \frac{100 - n(0)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = 1$$

$$P(t = 6) = \frac{100 - n(6)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 12) = \frac{100 - n(12)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 24) = \frac{100 - n(24)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 48) = \frac{100 - n(48)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 72) = \frac{100 - n(72)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 96) = \frac{100 - n(96)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 120) = \frac{100 - n(120)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 144) = \frac{100 - n(144)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

$$P(t = 168) = \frac{100 - n(168)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2*.

Перевіримо $P(t_i)$ на відповідність експонентному закону безвідмовної роботи формула (2.2)

2.2.1.2.1-й спосіб. За даними таблиці 2.1* оцінюємо значення $T_{\text{сер1}}$ середнього часу роботи обладнанняСОДУ до відмови по формулі (2.3)

Обробляємо вхідні дані та знаходимо значення $n^*(t_i) = n(t_i) - n(t_{i-1})$, які вносимо до таблиці 2.1*

Обчислимо $T_{\text{сер1}}$:

$$T_{\text{сер1}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{6 \cdot \underline{\quad} + 12 \cdot \underline{\quad} + 24 \cdot \underline{\quad} + 48 \cdot \underline{\quad} + 72 \cdot \underline{\quad}}{82} + \frac{96 \cdot \underline{\quad} + 120 \cdot \underline{\quad} + 144 \cdot \underline{\quad} + 168 \cdot \underline{\quad}}{82} =$$

$$= \frac{\underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad}}{82} = \underline{\quad} \text{ год.}$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{T_{\text{сер1}}} = \frac{1}{\underline{\quad}} = \underline{\quad} \approx \underline{\quad} \text{ 1/год.}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи $P_1(t_i)$ за формулою (2.2) при $\lambda = \lambda_1$:

$$P_1(t = 0) = e^{-\underline{\quad} \cdot 0} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 6) = e^{-\underline{\quad} \cdot 6} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 12) = e^{-\underline{\quad} \cdot 12} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 24) = e^{-\underline{\quad} \cdot 24} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 48) = e^{-\underline{\quad} \cdot 48} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 72) = e^{-\underline{\quad} \cdot 72} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 96) = e^{-\underline{\quad} \cdot 96} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 120) = e^{-\underline{\quad} \cdot 120} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 144) = e^{-\underline{\quad} \cdot 144} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 168) = e^{-\underline{\quad} \cdot 168} = \underline{\quad}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2*.

2.2.1.3.2-й спосіб. З таблиці 2.2*. В припущенні що $P(t)$ підкоряється експонентному закону, при $t = T_{\text{сер2}}$, як відомо $P(t) = e^{-1} \approx 0,367$. Для даного випадку $t = T_{\text{сер2}} \approx 96$ год.

$$\text{Далі визначається } \lambda_2 = \frac{1}{T_{\text{сер2}}} = \frac{1}{\underline{\quad}} = \underline{\quad} \text{ 1/год.}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи $P_2(t_i)$ за формулою (2.2) при $\lambda = \lambda_2$

$$P_1(t = 0) = e^{-\underline{\quad} \cdot 0} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 6) = e^{-\underline{\quad} \cdot 6} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 12) = e^{-\underline{\quad} \cdot 12} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 24) = e^{-\underline{\quad} \cdot 24} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 48) = e^{-\underline{\quad} \cdot 48} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 72) = e^{-\underline{\quad} \cdot 72} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 96) = e^{-\underline{\quad} \cdot 96} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 120) = e^{-\underline{\quad} \cdot 120} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 144) = e^{-\underline{\quad} \cdot 144} = \underline{\quad}$$

$$P_1(t = 168) = e^{-\frac{1}{\lambda_3} \cdot 168} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2*.

Таблиця 2.2*.

| Час (год.) | 0 | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 | 168 |
|------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| $P(t_i)$ | 1 | 0,96 | 0,82 | 0,75 | 0,6 | 0,47 | 0,36 | 0,32 | 0,27 | 0,18 |
| $P_1(t_i)$ | 1 | 0,918 | 0,843 | 0,711 | 0,506 | 0,36 | 0,256 | 0,182 | 0,129 | 0,092 |
| $P_2(t_i)$ | 1 | 0,94 | 0,883 | 0,779 | 0,607 | 0,473 | 0,368 | 0,287 | 0,224 | 0,174 |

2.2.1.4. Будуємо графіки імовірність безвідмовної роботи обладнання СОДУ $P_1(t_i)$, $P_2(t_i)$ і порівнюємо їх з графіком $P(t_i)$ ручним способом або автоматичним, наприклад, за допомогою програми EXCEL

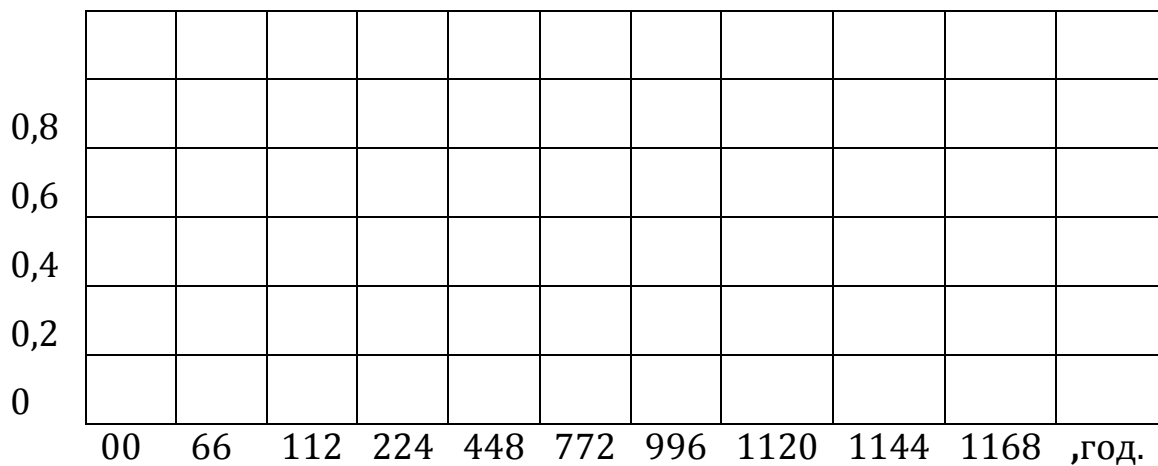


Рис. 2.1 – Графіки імовірності безвідмовної роботи $P(t_i)$, $P_1(t_i)$, $P_2(t_i)$

Підсумок. З порівняльного аналізу аналітичних графіків $P_1(t_i)$, $P_2(t_i)$ слідує, що вони досить точно відображують статистичну імовірність безвідмовної роботи обладнання СОДУ $P(t_i)$ при обранні $\lambda_3 = \underline{\hspace{1cm}}$ 1/год., що відповідає середньому часу наробітку до відмови обладнання СОДУ:

$$T_{\text{сер3}} = \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\underline{\hspace{1cm}}} = \underline{\hspace{1cm}} \approx \underline{\hspace{1cm}} \text{ год.}$$

2.2.2. Оцінка комплексних показників надійностіобладнання СОДУ

Вхідні дані включаємо у таблицю 2.2*

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|--|--|--|--|--|---|---|---|
| № пар- пар- тій | 1 пар- тія за- собів, які від- мовили до 6 год. | 2 пар- тія за- собів, які від- мовили до 12 год. | 3 пар- тія за- собів, які від- мовили до 24 год. | 4 пар- тія за- собів, які від- мовили до 48 год. | 5 пар- тія за- собів, які від- мовили до 72 год. | 6 пар- тія за- собів, які від- мовили до 96 год. | 7 пар- тія за- собів, які від- мовили до 120 год. | 8 пар- тія за- собів, які від- мовили до 144 год. | 9 пар- тія за- собів, які від- мовили до 168 год. |
| № вар. | Середній час відновлення обладнання СОДУ в окремих партіях (хв.) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

2.2.2.1 Обчислимо значення середнього часу відновлення обладнання СОДУ, що відмовили, T_B визначається по формулі (2.4):

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^m t_{vi} \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{_ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _ + _ \cdot _}{_} = \frac{_}{_} = _ \approx _ \text{ год.}$$

2.2.2.2 Обчислимо значення середнього часу відновлення обладнання СОДУ, що відмовили, T_B визначається по формулі (2.4):

Таблиця 2.3*

| №, вар. | $K_{ог}$ | $K_{г}^*, K_{ог}^*$ | |
|---------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|
| | t , (год.) | $\lambda_{поу}$ (% від λ) | $T_{в\mu}^*$ (% від T_B) |
| 1. | 4 | 30 | 30 |

а) При відсутності автоматичного пошуку відмов:

$$K_{г} = \frac{T_{сер}}{T_{сер} + T_B} = \frac{_}{_ + _} = _$$

$$P(t = _) = e^{-\lambda_3 t} = e^{-_ \cdot _} = _$$

$$K_{ог} = K_{г} \cdot P(t) = _ \cdot _ = _$$

б) При наявності автоматичного пошуку відмов:

$$\lambda_3 = \lambda_{по} + \lambda_{вн}, \text{ при } \lambda_{по} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3$$

$$\lambda_{вн} = \lambda_3 - \lambda_{по} = \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \lambda_3 = \left(1 - \frac{_}{100}\right) \cdot _ = _ \cdot _ = _ \text{ 1/год.}$$

$$T_{\text{сер}}^* = \frac{1}{\lambda_{\text{вн}}} = \frac{1}{\text{_____}} = \text{_____} \approx \text{_____} \text{ год.}$$

$$T_{\text{в}}^* = \frac{\mu}{100} \cdot T_{\text{в}} = \frac{\text{_____}}{100} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ год.}$$

$$K_{\Gamma}^* = \frac{T_{\text{сер}}^*}{T_{\text{сер}}^* + T_{\text{в}}^*} = \frac{\text{_____}}{\text{_____} + \text{_____}} = \text{_____}$$

$$P^*(t = \text{_____}) = e^{-\lambda_{\text{вн}} t} = e^{-\text{_____}} \cdot \text{_____} = \text{_____}$$

$$K_{\text{ог}}^* = K_{\Gamma}^* \cdot P(t) = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____}$$

Висновок. При наявності автоматичного пошуку відмов вдається суттєво підвищити коефіцієнт готовності $K_{\Gamma}^* > K_{\Gamma}$ і коефіцієнт оперативної готовності $K_{\text{ог}}^* > K_{\text{ог}}$ обладнанняСОДУ.

2.2.3. Оцінка безвідмовності обладнання СОДУ при наявності резервування

Обираємо схему надійності обладнанняСОДУ з Додатку 2 (таблиця 2.4)

Таблицю 2.4*

| № вар. | № схеми | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0,85 | 0,87 | 0,95 | 0,9 | 0,92 |

Рис. 2.2 – Схема резервування обладнанняСОДУ

2.2.3.1 Розрахунок надійності обладнанняСОДУ при відсутності резервування

2.2.3.2 Розрахунок надійності обладнання СОДУ при наявності резервування

2.2.3.3 Проведемо порівняння: $P_p = \text{_____} > P = \text{_____}$

Висновок. За рахунок введення резервування елементів вдається значно підвищити надійність обладнання СОДУ.

2.2.4. Оцінка ефективності контролю технічного стану обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 (таблиця 2.3) включаємо у таблицю 2.5*.

Таблиця 2.5*

| № вар. | $T_{к.опт.}$ | | |
|--------|-----------------------|--|--------------------------------|
| | $\tau_k(\text{год.})$ | $\lambda_{по}, \alpha = (\lambda_k/\lambda)$ | $T_{вк}, \beta = (T_{вк}/T_B)$ |
| 1. | 2 | 10 | 1,5 |

2.2.4.1 Розраховуємо оптимальний період проведення $T_{к.опт.р.}$ для контролю в ручному режимі по формулі (2.9):

$$T_{к.опт.р.} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} [1 + T_{вк}(\lambda_k - \lambda)]} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} + \beta T_B(\alpha - 1)} =$$

$$= \sqrt{\text{_____}^2 + \frac{2 \cdot \text{_____}}{\text{_____}} + \text{_____} \cdot \text{_____} \cdot (\text{_____} - 1)} = \text{_____} \approx \text{_____}$$

Обираємо $T_{к.опт.р.} = \text{_____}$ год./ 24 год. = $\text{_____} \approx \text{_____}$ доба, тобто контроль технічного стану обладнання СОДУ в ручному режимі потрібно робити _____.

2.2.4.2 Розраховуємо оптимальний період проведення $T_{к.опт.а.}$ для контролю в автоматичному режимі по формулі (2.10):

$$T_{к.опт.а.} = \sqrt{\tau_k^2 + 2T_{вк}\tau_k \left(\frac{\lambda_k}{\lambda} - 1\right)} =$$

$$\sqrt{\tau_k^2 + 2 \cdot \beta T_B \tau_k (\alpha - 1)} = \sqrt{\text{_____}^2 + 2 \cdot \text{_____} \cdot \text{_____} \cdot \text{_____} (\text{_____} - 1)} = \text{_____}$$

Обираємо $T_{к.опт.а.} = \text{_____ год.} / 24 \text{ год.} = \text{_____ д\iб} \approx \text{_____ доби}$, таким чином контроль технічного стану обладнання СОДУ в автоматичному режимі достатньо робити 1 раз за _____ доби, інакше кажучи через _____.

2.2.4.3 Розраховуємо співвідношення $T_{к.опт.а.} / T_{к.опт.р.} = \text{_____ год.} / \text{_____ год.} = \text{_____} \approx \text{_____ раз\iв}$.

Висновок. За рахунок втілення автоматичного контролю технічного стану обладнання СОДУ вдається збільшити оптимальний період проведення контролю приблизно в _____ раз, тобто в стільки ж разів зменшити періодичність контролю.

2.2.5. Оцінка ефективності технічного обслуговування обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 (таблиця 2.3) включаємо у таблицю 2.6*.

Таблиця 2.6*

| № вар. | $T_{то}, K_{гп.мін.}$ | $T_{то макс.}$ | | |
|--------|-----------------------|--------------------|------------------|-----------|
| | $T_{пр}, \text{год.}$ | $t_p, \text{год.}$ | $K_3 \cdot 10^3$ | $P_{доп}$ |
| 0. | 5 | 2 | 2,5 | 0,95 |

2.2.5.1. Для обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню період технічного обслуговування $T_{то}$ визначимо по формулі (2.12).

За даними таблиці 2.3* інтенсивність прогнозованих відмов складатиме $\gamma\%$ від експлуатаційної тобто:

$$\lambda_{по} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3 = \frac{\text{_____}}{100} \cdot \text{_____} = \text{_____} 1/\text{год.}$$

$$T_{то} = \sqrt{2T_{пр} / \lambda_{по}} = \sqrt{\text{_____} \cdot \text{_____} / \text{_____}} = \text{_____} \approx \text{_____} \text{ год.}$$

Обираємо $T_{то} = \text{_____ год.} / 24 \text{ год.} = \text{_____} \approx \text{_____} \text{ доби}$.

Таким чином, періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню складатиме _____ доби.

2.2.5.2. Для обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню період технічного обслуговування $T_{то}$ визначимо по формулі (2.13):

$$T_{то макс1} = t_p - (T_{сер} \ln P_{доп} - t_p) / K_3 = \text{_____} - (\text{_____} \ln \text{[0]} + \text{_____}) / \text{_____} \cdot 10^{-3} = \text{_____} \text{ год.}$$

Обираємо $T_{T_{0\max 1}} = \underline{\hspace{2cm}}$ год. /24 год. = $\underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$ діб/30 = $\underline{\hspace{2cm}}$ місяця

Таким чином періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню складатиме $\underline{\hspace{2cm}}$ місяця.

2.2.5.3. Для обладнання СОДУ, які знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями період технічного обслуговування T_{TO} визначимо по формулі (2.14):

$$T_{T_{0\max 2}} = t_p - (T_{сер} \ln P_{доп} - t_p) / K_3 = \underline{\hspace{2cm}} - (\underline{\hspace{2cm}} \ln \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}) / \underline{\hspace{2cm}} \cdot 10^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ год.}$$

Обираємо $T_{T_{0\max 2}} = \underline{\hspace{2cm}}$ год. /24 год. = $\underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$ діб/30 $\underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$ місяця.

Таким чином періодичність технічного обслуговування обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями складатиме $\underline{\hspace{2cm}}$ місяця.

Висновок. Періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ суттєво залежить від режиму експлуатації. Для обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню періодичність технічного обслуговування частіше в порівнянні з засобами що знаходяться на збереженні $T_{TO} \ll T_{T_{0\max 1}}, T_{TO} \ll T_{T_{0\max 2}}$.

Серед елементів обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні період технічного обслуговування буде більше для тих, що не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями $T_{T_{0\max 2}} > T_{T_{0\max 1}}$.

Підсумок. Підвищення надійності обладнання СОДУ здійснюється шляхом постійного статистичного аналізу одиничних та комплексних показників надійності, введенням резервування та організації системи контролю технічного стану і технічного обслуговування.

Навчальне видання

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

**Методичні вказівки до виконання модульної контрольної роботи
на тему:**

**"Дослідження параметрів каналу передачі інформації відомчої
цифрової телекомунікаційної мережі експлуатаційних показників
обладнання автоматизованої системи оперативно-диспетчерського
управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України"**

Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на другому (магістерському)
рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 "Цивільна
безпека" (освітньо-професійна програма "Управління у сфері цивільного за-
хисту")

Підписано до друку 23.03.2021. Формат 60x84 1/16.

Умовн.-друк. арк. 2,7.

Вид. № 08/21.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

www.nuczu.edu.ua