

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом  
поїздів**

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ЗАЛІЗНИЧНОЇ  
АВТОМАТИКИ З ЗАДАНИМИ ПОКАЗНИКАМИ  
БЕЗВІДМОВНОСТІ ТА ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсової роботи з дисципліни**

***«ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ  
ТА ПОБУДОВИ БЕЗПЕЧНИХ СИСТЕМ»***

**Харків – 2021**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 29 березня 2021 р., протокол № 7.

Наведено вимоги та методичні рекомендації до виконання курсової роботи на тему «Розроблення пристрою залізничної автоматики з заданими показниками безвідмовності та функційної безпечності».

Розроблено для здобувачів вищої освіти рівня бакалавр факультету ІКСТ денної та заочної форм навчання за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Укладач

доц. В. Ф. Кустов

Рецензент

доц. В. П. Мороз

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Мета і основні завдання.....	4
Перелік та опис компетенцій, що формуються у здобувачів вищої освіти у межах вивчення навчальної дисципліни.....	4
Порядок і рекомендації до виконання роботи та форми звітності здобувачів вищої освіти.....	6
Контрольні завдання (запитання) за кожною темою .....	22
Тести самоконтролю.....	27
Опис змісту індивідуального навчально-дослідного завдання, методичні рекомендації до його виконання.....	36
Список літератури.....	37
Додаток А.....	38

## **ВСТУП**

Методичні вказівки розроблено з метою надання допомоги при виконанні курсової роботи «Розроблення пристрою залізничної автоматики з заданими показниками безвідмовності та функційної безпечності» з курсу «Основи теорії надійності та побудови безпечних систем» (ОТН), а також при проведенні розрахунків показників надійності і функційної безпечності технічних засобів керування і регулювання руху поїздів при дипломному проєктуванні.

### **МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ**

Мета виконання курсової роботи (КР) – навчитися виконувати аналіз надійності пристроїв і систем автоматизації, розраховувати основні показники їхньої безвідмовності і функційної безпечності, у тому числі з урахуванням використання різних способів резервування та періодичного контролю справності каналів резервування, а також забезпечувати потрібний рівень надійності і безпеки функціонування технічних засобів автоматизації, підготувати студентів до вирішення проблем надійності і функційної безпечності пристроїв і систем керування відповідальними технологічними процесами.

### **ПЕРЕЛІК ТА ОПИС КОМПЕТЕНЦІЙ, ЩО ФОРМУЮТЬСЯ У ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ У МЕЖАХ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Наведено очікувані програмні результати навчання (компетентності), які має опанувати здобувач вищої освіти при виконанні КР з курсу ОТН.

**Інтегральна компетентність** – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорії надійності і функційної безпечності.

### **Загальні компетентності:**

- здатність застосування здобутих знань з надійності і функційної безпечності у практичних ситуаціях: при розробленні та проєктуванні технічних засобів і систем автоматизації, виробництві та сертифікації, виробництві і допуску до постійної експлуатації;

- здатність спілкування державною мовою як усно, так і письмово у процесі обговорення результатів виконання КР та її захисту;

- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій при виконанні КР та її захисті;

- здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел, у тому числі з навчальної літератури, національних, європейських і міжнародних стандартів та інших нормативних документів;

- навички здійснення безпечної діяльності за рахунок впровадження пристроїв і систем з високим рівнем безпеки функціонування, наприклад у системах автоматизації, керування та регулювання руху поїздів;

- прагнення до збереження навколишнього середовища за рахунок зменшення ризику появи катастроф, аварій та інших інцидентів завдяки впровадженню та експлуатації високонадійних і безпечних систем.

### **Спільні спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

- здатність застосовувати знання з математики в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу надійності та функційної безпечності систем автоматизації;

- здатність застосовувати знання з фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки в обсязі, необхідному для розуміння процесів у системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях з позиції надійності, функційної безпечності та електромагнітної сумісності;

- здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їхньої роботи, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог з надійності і безпеки функціонування;

- здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації, зокрема проектування багаторівневих систем керування, у тому числі з використанням резервування;

- здатність обґрунтовувати вибір технічної структури для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації;

- здатність проектувати системи автоматизації з урахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів і міжнародних стандартів з надійності, функційної безпечності та електромагнітної сумісності;

- здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати і використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для розв'язання задач автоматизації, у тому числі для розрахунків показників надійності і функційної безпечності;

- здатність ураховувати комерційний та економічний контекст при проектуванні систем автоматизації, наприклад своєчасне оцінювання можливих збитків внаслідок впливів грозових перенапружень на комп'ютерні системи та впровадження систем керування рухом поїздів з недостатнім рівнем функційної безпечності або надійності, які можуть призвести до аварій і катастроф.

## **ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ФОРМИ ЗВІТНОСТІ СТУДЕНТІВ**

### **1 Розрахунок показників безвідмовності і функційної безпечності заданого пристрою**

Частина 1 курсової роботи (КР) повинна мати такий зміст:

1.1 Титульний аркуш.

1.2 Завдання до КР.

1.3 Вихідні дані.

1.4 Визначення можливих станів, захисної та небезпечної відмови для заданого пристрою.

1.5 Обґрунтування розрахунково-логічних схем безвідмовності і функційної безпечності.

1.6 Розрахунок показників безвідмовності.

1.7 Розрахунок показників функційної безпечності.

1.8 Висновок.

1.1 Титульний аркуш

На титульному аркуші потрібно вказати прізвище та ім'я студента, номер його залікової книжки, номер варіанта КР та інші дані згідно зі зразком, наведеним у додатку А.

1.2 Завдання до КР

Завдання до КР має бути підписано студентом і викладачем. Перед здаванням на перевірку КР студенти мають перевірити наявність необхідних матеріалів згідно із завданням.

1.3 Вихідні дані

Пункт 1.3 має містити відповідно до заданого варіанта:

- принципову або структурну схему заданого пристрою;
- інтенсивності відмов елементів і термін служби заданого пристрою;
- вимоги безвідмовності і функційної безпечності.

1.4 Визначення можливих станів, захисної та небезпечної відмови для заданого пристрою

У пункті 1.4 необхідно визначити працездатний, непрацездатний, захисний, безпечний і небезпечний стани, а також захисну та небезпечну відмови *для заданого пристрою*. Наприклад захисний стан пристрою керування стрілочним електродвигуном – стан, при якому неможливо ввімкнути стрілочний електродвигун і зупинити електродвигун при переведенні стрілки; захисний стан пристрою керування світлофором – стан, при якому на світлофорі несанкціоновано з'являється більш забороняючий сигнал. Небезпечний стан пристрою керування стрілочним електродвигуном – стан, при якому стрілочний електродвигун вмикається несанкціоновано; небезпечний стан пристрою керування світлофором – стан, при якому на світлофорі несанкціоновано з'являється більш дозволяючий сигнал, наприклад зелений або жовтий вогонь на світлофорі замість червоного, а також коли він автоматично не

перемикається на більш забороняючий за алгоритмом функціонування, наприклад при проходженні поїзда вхідного, вихідного або прохідного світлофора [1, 2].

При визначенні можливих станів заданого пристрою необхідно використовувати терміни й визначення згідно з навчальним посібником [1] та ДСТУ 4178 [2].

### 1.5 Обґрунтування розрахунково-логічних схем безвідмовності і функційної безпечності

Методику складання розрахунково-логічних схем безвідмовності (РЛСБ) і функційної безпечності (РЛСФБ) наведено у підпункті 3.1 навчального посібника [1].

Особливу увагу потрібно приділяти компонентам, які у складі мають декілька елементів і позначаються, наприклад, DD 1.1, DD 1.2, DD 1.3, DD 1.4 (чотири логічних елементи у корпусі інтегральної мікросхеми); VE1.1, VE1.2 (два оптрони в одному корпусі). Інтенсивність відмов подається на весь компонент (на корпус компонента), тобто для них буде тільки по одному зображенню. Якщо позначення буде DD 1, DD 2, DD 3, DD 4 – це чотири зображення, VE1, VE2 – це два зображення у РЛСБ чи РЛСФБ.

При складанні РЛСФБ необхідно враховувати тип об'єкта:

- тип 1, коли небезпечна відмова настає у разі несанкціонованої появи сигналу на вході або на виході пристрою;
- тип 2, коли небезпечна відмова настає у разі несанкціонованого зникнення сигналу на вході або виході пристрою.

Об'єкти контролю та керування також необхідно враховувати при побудові РЛСБ і РЛСФБ, якщо у заданій схемі нема відповідного виділення заданого пристрою.

У пункті 1.5 необхідно навести:

- детальне обґрунтування долучення зображень усіх елементів у РЛСБ і РЛСФБ з описом конкретних дефектів елементів, які відповідно призводять до захисного чи небезпечного стану пристрою;
- обґрунтування відсутності зображень усіх елементів у РЛСБ і РЛСФБ;



- розрахунково-логічні схеми безвідмовності і функційної безпечності з позначеннями інтенсивностей відмов над зображеннями відповідних елементів.

### 1.6 Розрахунок показників безвідмовності

Пункт 1.6 має містити:

- розрахункові формули показників безвідмовності  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $T_{cp}$  в загальному вигляді з визначенням усіх складових;
- чисельні значення, які будуть підставлені у розрахункові формули (з одиницями вимірювання);
- розрахункові формули з чисельними значеннями (проміжні результати розрахунків можна не надавати);
- результати розрахунків показників безвідмовності заданого пристрою з указівкою одиниць вимірювання;
- графіки функцій показників безвідмовності  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$  залежно від тривалості експлуатації на інтервалі від нуля до трикратного значення наробітку до захисної відмови  $T_{cp}$  (з указівкою одиниць вимірювання та часу експлуатації).

З урахуванням того, що у завданні надані інтенсивності відмов, значення яких не залежать від часу експлуатації, необхідно використовувати для розрахунків формули для експоненційного закону розподілу захисних відмов елементів технічного засобу.

При послідовному з'єднанні зображень елементів у РЛСБ імовірність безвідмовної роботи, щільність розподілу наробітку до відмови, інтенсивність відмов і середній наробіток до відмови визначають відповідно за формулами навчального посібника [1]:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i; \quad (1.1)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t}; \quad (1.2)$$

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad (1.3)$$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}; \quad (1.4)$$

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}, \quad (1.5)$$

де  $\lambda_i$  – інтенсивність відмов окремих елементів пристрою;  
 $t$  – тривалість часу експлуатації пристрою.

## 1.7 Розрахунок показників функційної безпечності

Пункт 1.7 має містити:

- розрахункові формули показників функційної безпечності  $P_{\bar{o}}(t)$ ,  $Q_n(t)$ ,  $f_{\bar{o}}(t)$ ,  $\lambda_n(t)$ ,  $T_n$  у загальному вигляді з визначенням усіх складових;

- чисельні значення, які будуть підставлені у розрахункові формули (з одиницями вимірювання);

- розрахункові формули з чисельними значеннями (проміжні результати розрахунків можна не надавати);

- результати розрахунків показників функційної безпечності заданого пристрою з указівкою одиниць вимірювання, у тому числі нормативний показник ФБ згідно із завданням і ДСТУ 4178 [2];

- графіки функцій показників функційної безпечності  $P_{\bar{o}}(t)$ ,  $Q_n(t)$ ,  $f_{\bar{o}}(t)$ ,  $\lambda_n(t)$  залежно від тривалості експлуатації на інтервалі від нуля до трикратного значення наробітку до небезпечної відмови  $T_n$  (з указівкою одиниць вимірювання та часу експлуатації).

З урахуванням того, що у завданні надані інтенсивності відмов, значення яких не залежать від часу експлуатації, необхідно використовувати для розрахунків функційної безпечності формули для експоненційного закону розподілу небезпечних відмов елементів технічного засобу.

При послідовному з'єднанні зображень елементів у РЛС ФБ імовірність безпечної роботи, щільність розподілу наробітку до небезпечної відмови, інтенсивність небезпечних відмов і середній наробіток до небезпечної відмови визначають відповідно за такими формулами [1, 2]:

$$\lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_{ni}; \quad (1.6)$$

$$P_{\bar{o}}(t) = e^{-\lambda_n t}; \quad (1.7)$$

$$Q_n(t) = 1 - e^{-\lambda_n t}; \quad (1.8)$$

$$f_{\bar{o}}(t) = \lambda_n e^{-\lambda_n t}; \quad (1.9)$$

$$T_n = \int_0^{\infty} e^{-\lambda_n t} dt = \frac{1}{\lambda_n}. \quad (1.10)$$

Для високонадійних систем (при  $\lambda_n t \ll 0,1$ ) імовірність небезпечної відмови оцінюють з урахуванням розкладання експоненційної функції в ряд Фур'є таким чином [1, 2]:

$$Q_n(t) = 1 - e^{-\lambda_n t} = 1 - \left[ 1 - \frac{(\lambda_n t)}{1!} + \frac{(\lambda_n t)^2}{2!} - \frac{(\lambda_n t)^3}{3!} + \dots \right] \approx \lambda_n t. \quad (1.11)$$

При паралельному з'єднанні зображень елементів у РЛСФБ імовірність небезпечної відмови та ймовірність безпечної роботи складуть [1]:

$$Q_n(t) = \prod_{j=1}^m Q_{nj}(t); \quad (1.12)$$

$$P_{\bar{o}}(t) = 1 - Q_n(t), \quad (1.13)$$

де  $m$  – кількість елементів, з'єднаних паралельно в РЛСФБ;

$Q_{nj}(t)$  – імовірність небезпечної відмови  $j$ -елемента у паралельному з'єднанні.

Якщо функційна безпечність  $j$ -елементів у паралельному з'єднанні однакова, тоді загальна ймовірність небезпечної відмови дорівнює [1]

$$Q_n(t) = Q_{nj}^m(t). \quad (1.14)$$

Інші показники функційної безпечності при паралельному з'єднанні визначають за формулами взаємозв'язку, які наведено у навчальному посібнику [1].

Розрахунково-логічна схема функційної безпечності при змішаному з'єднанні елементів складається з частин, які мають послідовно та паралельно з'єднані елементи. Розрахунки ймовірності безпечної роботи та ймовірності небезпечних відмов базуються в цьому випадку на спільному застосуванні формул (1.1) – (1.14) залежно від виду РЛС ФБ при її поетапному спрощенні за рахунок заміни найпростіших з'єднань (послідовних і паралельних) еквівалентними з'єднаннями з показниками функційної безпечності.

Для визначання розрахункової ймовірності небезпечної відмови технічного засобу за кожну годину експлуатації

(нормативного показника) розраховують імовірність небезпечної відмови за заданий час його функціонування (у завданні – це заданий термін служби) і ділять на цей час. При цьому час роботи технічного засобу визначають у годинах.

### 1.8 Висновок

У пункті 1.8 має бути надано результати розрахунків з імовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації (на одну функцію безпечності) і середній наробіток до захисної відмови заданого пристрою, а також висновок щодо виконання вимог з безвідмовності і функційної безпечності з урахуванням кількості функцій безпечності у заданому пристрої, вимог функційної безпечності згідно із завданням та ДСТУ 4178 [3].

## **2 Розрахунок показників функційної безпечності і безвідмовності заданого пристрою у разі використання резервування**

Частина 2 КР повинна мати такий зміст:

2.1 Розрахунково-логічні схеми безвідмовності і функційної безпечності (РЛСБ і РЛСФБ) заданого пристрою для різних способів резервування (для всіх способів ненавантажувального резервування резервні елементи позначаються стрілками).

2.2 Розрахунок імовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації та середнього наробітку до захисної відмови заданого пристрою при загальному навантажувальному резервуванні.

2.3 Розрахунок імовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації та середнього наробітку до захисної відмови заданого пристрою при роздільному неоптимальному й оптимальному навантажувальному резервуванні.

2.4 Розрахунок імовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації та середнього наробітку до захисної відмови заданого пристрою при мажоритарному резервуванні.

2.5 Розрахунок імовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації та середнього наробітку до захисної відмови заданого пристрою при загальному ненавантажувальному резервуванні.

2.6 Розрахунок імовірності небезпечної відмови за кожну годину експлуатації заданого пристрою при роздільному неоптимальному й оптимальному ненавантажувальному резервуванні.

2.7 Розрахунок імовірності небезпечної відмови за кожну годину експлуатації заданого пристрою при ковзному резервуванні (у разі можливості реалізації).

2.8 Порівняльна характеристика способів резервування щодо показників функційної безпечності і безвідмовності заданого пристрою.

2.9 Висновок.

У пункті 2.1 має бути наведено РЛСБ і РЛСФБ у разі використання різних способів резервування:

- загального навантажувального резервування;
- роздільного неоптимального навантажувального резервування;
- роздільного оптимального навантажувального резервування;
- мажоритарного резервування;
- загального ненавантажувального резервування;
- роздільного неоптимального ненавантажувального резервування;
- роздільного оптимального ненавантажувального резервування;
- ковзного резервування (у разі можливості використання).

Для кожного способу резервування надається обґрунтування його РЛСБ і РЛСФБ.

Для кожного способу навантажувального резервування додатково надається ще й обґрунтування типів розв'язувальних елементів.

У пунктах 2.2–2.7 має бути наведено:

- розрахункові формули в загальному вигляді з назвою показника функційної безпечності і безвідмовності (до формули) і поясненням усіх її складових (після формули), поданих у навчальному посібнику [1];
- чисельні значення, які будуть підставлені у розрахункові формули (з\_одинацями вимірювання);

- результати розрахунків (*проміжні результати розрахунків можна не наводити*).

Кількість каналів резервування при різних способах резервування має дорівнювати кількості каналів резервування при загальному навантажувальному резервуванні, яка знаходиться залежно від заданих (допустимих) норм функційної безпечності за формулою (4.7) навчального посібника [1]. При роздільному навантажувальному і ненавантажувальному резервуванні такі варіанти можна назвати неоптимальними, тому що кількість елементів структури не мінімізовано і функційна безпечність заданого пристрою буде значно завищеною. Тому у курсовій роботі треба також розрахувати ймовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації заданого пристрою при оптимальних варіантах роздільного навантажувального та ненавантажувального резервування, коли кратність резервування для кожної групи роздільного резервування розраховується залежно від їхньої функційної безпечності та відповідних вимог до неї. У даному випадку кількість елементів структури буде найменшою і мінімізованою, але при цьому функційну безпечність заданого пристрою буде забезпечено згідно із заданими допустимими нормами функційної безпечності (без їхнього суттєвого перевищення).

Практичне використання ненавантажувального резервування для підвищення функційної безпечності технічного засобу можливе тільки в тому випадку, якщо забезпечується його безпечне функціонування з моменту початку формування небезпечної відмови резервованого технічного засобу до закінчення його перемикавання на резерв. Для цього потрібно гарантовано або з допустимими значеннями ймовірностей забезпечити:

- визначення початку формування небезпечної відмови (до закінчення її прояву);
- перемикавання на резерв до завершення часу формування небезпечної відмови;
- відключення основного каналу резервування від об'єктів контролю чи керування;
- для програмованих засобів у кожний момент часу додатково треба мати реальну інформаційну базу системи, яку в необхідний час перемикавання на «холодний резерв» треба

завантажити з урахуванням того, що в цей момент у ній можуть бути не завершені дії, наприклад не закінчено підрахування осей рухомого складу у контрольних точках, відлік часу відміни маршруту або штучного розмикання колійних ділянок у системах електричної централізації стрілок і сигналів на залізничних станціях тощо (у разі небезпечної відмови каналу резервування з нього копіювати цю базу не можна, тому що вона може бути пошкодженою і небезпечною).

У більшості випадків це вирішується дуже складно, тому ненавантажувальне резервування для підвищення функційної надійності дуже складно застосовувати, хоча порівняно з навантажувальним резервуванням даний спосіб теоретично є завжди найкращим.

**При неоптимальному роздільному ненавантажувальному резервуванні** кількість резервних елементів або груп елементів однакова для кожного основного елемента або групи. При виконанні розрахункової роботи для такого варіанта структури кількість каналів резервування для кожного елемента або групи елементів має дорівнювати мінімальній кількості каналів резервування технічного засобу в разі використання загального навантажувального резервування. Така структура пристрою не є оптимальною, тому що функційна безпечність заданого пристрою може бути необґрунтовано значно завищена.

Для неоптимального роздільного резервування спочатку виконується розрахунок імовірностей небезпечної відмови для кожного паралельного з'єднання елементів технічного засобу, а потім визначається загальна ймовірність безпечної роботи послідовного з'єднання. Після цього визначаються інші показники функційної безпечності за формулами взаємозв'язку, наведеними у навчальному посібнику [1].

**При оптимальному роздільному ненавантажувальному резервуванні** кількість резервних елементів або груп елементів не є однаковою для кожного основного елемента або групи. Вона визначається відповідно до їхньої функційної безпечності і вимог до безпечності кожного резервованого елемента.

Для оптимального роздільного ненавантажувального резервування розрахунок функційної безпечності для кожної групи елементів виконують методом послідовного наближення її

розрахункової імовірності безпечної роботи до заданих вимог з імовірності безпечної роботи на кожен групу чи кожний елемент роздільного резервування при поступовій зміні кількості каналів резервування, яка розраховується згідно з рекомендаціями, наведеними у роботах [1, 2].

**При ковзному ненавантажувальному резервуванні** ймовірність безпечної роботи резервованої частини технічного засобу визначають з урахуванням її частини, яка не може бути зарезервована (не містить взаємозамінних елементів):

$$P_{\bar{o}}(t) = P_{\bar{o}k}(t)P_{\bar{o}ч}(t),$$

де  $P_{\bar{o}k}(t)$  – імовірність безпечної роботи резервованої частини пристрою;

$P_{\bar{o}ч}$  – імовірність безпечної роботи її частини, яка не може бути зарезервована за допомогою ковзного резервування.

Інші показники функційної безпечності визначаються за формулами взаємозв'язку навчального посібника [1].

У пункті 2.8 необхідно навести результати розрахунків показників безвідмовності і функційної безпечності згідно з таблицею 2.1, а також виконати аналіз розрахункових даних.

У пункті 2.9 має бути надано висновок щодо кращого способу резервування для досягнення вимог функційної безпечності і безвідмовності заданого пристрою:

- теоретично найкращого способу резервування;
- найкращого способу резервування з урахуванням можливості практичної реалізації.

Якщо всі варіанти резервування, для яких були виконані розрахунки, не забезпечують одночасно задані вимоги функційної безпечності і безвідмовності, необхідно шляхом послідовного наближення до заданих вимог виконати розрахунки ймовірності небезпечної відмови за кожен годину експлуатації та середнього наробітку до захисної відмови заданого пристрою при інших варіантах резервування з мінімальною структурою і можливістю практичної реалізації.

Результати розрахунків показників функційної безпечності і безвідмовності подають у вигляді таблиці 2.1.



Таблиця 2.1 – Результати розрахунків показників функційної безпеки і безвідмовності

Спосіб і кратність резервування		Імовірність небезпечної відмови за кожну годину експлуатації $Q_H(t)/t, 1/год$	Середній наробіток до захисної відмови $T_{cp}, год$
Загальне навантажувальне резервування (ЗНР), $m =$			
Роздільне навантажувальне резервування (РНР)	Неоптимальне, $m =$		
	Оптимальне $m_1 = \_\_\_;$ $m_2 = \_\_\_;$ · · · $m_n = \_\_\_\_\_\_$		
Мажоритарне резервування (МР) з кратністю резервування, як при ЗНР, $n/m =$			
Мажоритарне резервування (МР) з достатньою мінімальною кратністю резервування (якщо цей спосіб пропонується для заданого пристрою), $n/m =$			
Загальне ненавантажувальне резервування (ЗННР), $m =$			
Роздільне ненавантажувальне резервування (РННР)	Неоптимальне, $m =$		-
	Оптимальне $m_1 = \_\_\_;$ $m_2 = \_\_\_;$ · · · $m_n = \_\_\_\_\_\_$		-
Ковзне резервування (КР)			-

### **3 Обґрунтування вибору раціональної структури заданого пристрою з періодичним контролем або відновленням його функціонування**

Частина 3 КР повинна мати такий зміст:

3.1 Обґрунтування для заданого пристрою обраного способу резервування з періодичним контролем або відновленням його функціонування.

3.2 Розрахунок імовірності небезпечної відмови при обраному способі резервування та використанні періодичного контролю або відновлення.

3.3 Розрахунок середнього наробітку до захисної відмови при обраному способі резервування.

3.4. Принципова схема пристрою залізничної автоматики з резервуванням і використанням періодичного контролю.

3.5 Етапи доведення функційної безпечності розробленого пристрою залізничної автоматики з резервуванням і використанням періодичного контролю.

3.6 Висновок

Пункт 3.1 має містити обґрунтування пропонованого способу резервування для заданого пристрою з мінімізацією його структури при використанні періодичного контролю і/або відновлення.

У пунктах 3.2, 3.3 має бути наведено:

- розрахункові формули в загальному вигляді з визначенням усіх складових;

- чисельні значення, які будуть підставлені у розрахункові формули (з одиницями вимірювання);

- результати розрахунків (проміжні результати розрахунків можна не наводити).

У розрахунку безвідмовності і функційної безпечності показники надійності розв'язувального елемента не враховуються (вважаються ідеальними).

Розрахунок функційної безпечності технічних засобів у разі використання періодичного контролю справності елементів виконується за умови гарантованої заміни елементів, які відмовили, або безперечного вимкнення всього технічного засобу

до його відновлення при пошкодженні за інтервал періодичного контролю.

Інтенсивність небезпечних відмов технічних засобів у разі використання загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «і» під час періоду контролю його функціонування дорівнює [1]

$$\lambda_n(t_k) \approx m\lambda_{hj}^m t_k^{m-1}, \quad (3.1)$$

де  $t_k$  – період контролю функціонування системи.

При навантажувальному дублюванні функція інтенсивності небезпечних відмов пристрою під час періоду контролю буде

$$\lambda_n(t_k) \approx 2\lambda_{hj}^2 t_k. \quad (3.2)$$

Якщо  $\lambda_{hj,cp} = const$ , то для розрахунку показників функційної безпечності резервованого пристрою використовують формули взаємозв'язку, застосовувані для експоненціального розподілу небезпечних відмов. Тоді ймовірність безпечної роботи та ймовірність небезпечної відмови при використанні періодичного контролю обчислюють за формулами:

$$P_o(t) = e^{-(m\lambda_{hj}^m t_k^{m-1})t}; \quad (3.3)$$

$$Q_n(t) = 1 - e^{-(m\lambda_{hj}^m t_k^{m-1})t}. \quad (3.4)$$

При  $\lambda_{hj}t_k \ll 0,1$  з урахуванням розкладання експоненціальної функції у ряд Фур'є ймовірність небезпечної відмови визначають так:

$$Q_n(t) = (m\lambda_{hj}^m t_k^{m-1})t. \quad (3.5)$$

При використанні роздільного навантажувального резервування визначають інтенсивності небезпечних відмов та ймовірності безпечної роботи для кожного з паралельних з'єднань у РЛСБ і РЛСФБ за формулами (3.1), (3.3), а після цього

інші показники функційної безпечності так, як і при послідовному з'єднанні елементів у РЛСФБ.

Для найбільш розповсюдженого випадку, коли  $\lambda_{nt_k} \ll 0$ , загальна інтенсивність небезпечних відмов при роздільному резервуванні пристрою дорівнює

$$\lambda_n(t) \approx \sum_{i=1}^n m_i \lambda_{inj}^{m_i} t_k^{m_i-1}, \quad (3.6)$$

де  $m_i$  – кількість елементів у кожному  $i$ -паралельному з'єднанні;

$\lambda_{inj}$  – інтенсивність небезпечних відмов  $j$ -елементів в  $i$ -паралельних з'єднаннях (групах);

$t_k$  – період контролю функціонування пристрою.

Формули для обчислення інших показників функційної безпечності визначають за формулами взаємозв'язку [1].

У разі загального та роздільного навантажувального резервування з розв'язувальним елементом « $i$ » РЛСБ має вигляд послідовного з'єднання зображень елементів структури, тому використання періодичного контролю не змінює показники безвідмовності технічного засобу (відмова кожного елемента призводить до його загальної відмови і на її імовірність впливає тільки інтенсивність відмов елементів і час експлуатації).

Для визначення показників функційної безпечності і безвідмовності пристроїв у разі використання мажоритарного резервування спочатку розраховують інтенсивності відмов, а потім за формулами взаємозв'язку – інші необхідні показники.

Для найбільш поширеного варіанта мажоритарного резервування «2» із «3» інтенсивність небезпечних відмов для більшості практичних випадків застосування виконуються умови  $\lambda_{nj} t \ll 0,1$ ;  $e^{-\lambda_{nj} t} \approx 1 - \lambda_{nj} t$ ;  $\lambda_{nj} t \ll 0,5$ , тому інтенсивність небезпечних відмов резервованого пристрою з періодичним контролем справності каналів резервування визначають за спрощеною формулою

$$\lambda_{n.2/3}(t) \approx 6\lambda_{nj}^2 t_k. \quad (3.7)$$

Імовірність безпечної роботи та ймовірність небезпечної відмови пристрою, з урахуванням цього співвідношення та

незалежності інтенсивності небезпечних відмов від часу експлуатації ( $\lambda_{н.ср} = const$ ) визначають за формулами:

$$P_{\bar{o}}(t) = e^{-6(\lambda_{нj}^2 t_k)t}; \quad (3.8)$$

$$Q_n(t) = 1 - e^{-6(\lambda_{нj}^2 t_k)t}. \quad (3.9)$$

Імовірність небезпечної відмови при найбільш частому випадку застосування пристроїв (при  $\lambda_{нt_k} \ll 0,1$ ) з урахуванням розкладання експоненціальної функції в ряд Фур'є обчислюють за формулою

$$Q_n(t) = 6(\lambda_{нj}^2 t_k)t. \quad (3.10)$$

Інтенсивність та ймовірність небезпечних відмов при мажоритарному резервуванні з періодичним контролем у три рази більше, ніж при загальному навантажувальному дублюванні, а середній наробіток до небезпечної відмови відповідно у три рази менше (при  $\lambda_{нt_k} \ll 0,1$ ). Для порівняння цих показників функційної безпечності при загальному навантажувальному дублюванні та мажоритарному резервуванні необхідно в пристроях з мажоритарним резервуванням забезпечити у три рази частіше контролювання справності їхніх елементів (безперечно, з їхньою гарантованою заміною або вимкненням усього технічного засобу при пошкодженні).

З урахуванням того, що функції безвідмовності й безпечності подібні при мажоритарному резервуванні «2» із «3» (для більшості випадків вони суттєво відрізняються), показники безвідмовності пристрою розраховують за формулами (3.7)–(3.10), тільки в них замість показників функційної безпечності використовують показники безвідмовності.

Пункт 3.4 повинен містити принципову схему з'єднань елементів заданого пристрою по входах і виходах резервованої системи (пристрою її сполучення з об'єктом керування і контролювання), а також принципову схему розв'язувального елемента. При цьому необхідно запроектувати безпечне введення і виведення інформації резервованої системи, в якій *однократні відмови елементів з'єднань, пристроїв сполучення і*

*розв'язувального елемента не призводять до її небезпечного стану. Треба перевірити відсутність визначеного у підпункті 1.4 небезпечного стану спроектованої резервованої системи при обірванні будь-якого входу або виходу заданого пристрою.*

У пункті 3.5 потрібно обґрунтувати необхідні етапи доведення функційної безпечності розробленого пристрою та основні роботи за ними.

У пункті 3.6 необхідно надати висновок до виконання вимог безвідмовності та функційної безпечності резервованого пристрою з періодичним контролем і своєчасним відновленням його функціонування.

#### **4 Оформлення курсової роботи**

Робота оформлюється у вигляді пояснювальної записки з урахуванням вимог державних стандартів до оформлення технічної документації.

Пояснювальна записка виконується машинописним способом за допомогою друкувальних пристроїв ПЕОМ або рукописним способом державною мовою.

Особливою вимогою до КР є відсутність плагіату в пояснювальній записці.

#### **КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ (ЗАПИТАННЯ) ЗА КОЖНОЮ ТЕМОЮ**

##### **Терміни і визначення**

1 Дайте визначення термінів надійність, безвідмовність, безпечність, функційна безпечність об'єкта. Визначення для заданого пристрою з КР.

2 Дайте визначення термінів справний, несправний, працездатний, непрацездатний, безпечний, небезпечний, захисний стан об'єкта. Визначення для заданого пристрою з КР.

3 Дайте визначення термінів відмова, пошкодження, небезпечна відмова, захисна відмова. Визначення для заданого пристрою з КР.

4 Дайте визначення термінів імовірність безвідмовної роботи, імовірність відмови, імовірність безпечної роботи,

імовірність небезпечної відмови. Як визначаються ці показники для заданого пристрою з КР?

5 Дайте визначення термінів: інтенсивність відмов, середній наробіток до відмови. Як визначаються ці показники для заданого пристрою з КР?

### **Методи розрахунку показників безвідмовності та функційної безпечності технічних засобів**

1 Назвіть нормативні показники функційної безпечності згідно з національними стандартами України.

2 Який нормативний показник функційної безпечності є більш жорстким (SIL 1 чи SIL 4) згідно з національними стандартами України?

3 Як розраховують нормативний показник функційної безпечності згідно з національними стандартами України?

4 Як визначають імовірність небезпечної відмови, імовірність безпечної роботи, середній наробіток до небезпечної відмови?

5 Розрахунково-логічна схема безвідмовності технічного засобу (РЛСБ).

6 Розрахунково-логічна схема функційної безпечності технічного засобу (РЛСФБ).

7 Коли з'єднуються зображення елементів послідовно в РЛСБ?

8 Коли з'єднуються зображення елементів паралельно в РЛСБ?

9 Коли з'єднуються зображення елементів послідовно в РЛСФБ?

10 Коли з'єднуються зображення елементів паралельно в РЛСФБ?

11 Як визначають функційну безпечність при послідовному з'єднанні зображень елементів у РЛСФБ?

12 Як визначають безвідмовність при паралельному з'єднанні зображень елементів у РЛСФБ?

13 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність об'єктів при підвищенні кількості елементів у разі послідовного з'єднання їхніх зображень у розрахункових схемах безвідмовності і функційної безпечності?

14 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність об'єктів при підвищенні кількості елементів у разі паралельного з'єднання їхніх зображень у розрахунково-логічних схемах безвідмовності і функційної безпечності?

15 Як можуть змінюватися безвідмовність і функційна безпечність об'єктів при підвищенні кількості елементів у разі змішаного з'єднання у розрахунково-логічних схемах безвідмовності і функційної безпечності?

16 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність об'єктів при підвищенні кількості елементів у системі?

### **Резервування об'єктів**

1 Дайте визначення терміна «резервування технічних засобів».

2 Дайте визначення терміна «навантажений резерв».

3 Дайте визначення терміна «загальне навантажувальне резервування».

4 Як змінюється безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І» у системах керування залізничними стрілками?

5 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «АБО» у системах керування залізничними стрілками?

6 Дайте визначення терміна «роздільне резервування».

7 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні роздільного навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І» у системах керування залізничними стрілками?

8 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні роздільного навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «АБО» у системах керування залізничними стрілками?

9 Дайте визначення терміна «мажоритарне резервування».

10 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні мажоритарного резервування?

11 Дайте визначення терміна «ненавантажений резерв».



12 Дайте визначення терміна «запасний технічний засіб».

13 Дайте визначення терміна «загальне ненавантажувальне резервування».

14 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні загального ненавантажувального резервування?

15 Дайте визначення терміна «роздільне ненавантажувальне резервування».

16 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування при використанні роздільного ненавантажувального резервування?

17 Дайте визначення терміна «ковзне резервування».

18 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості резервних елементів при використанні ковзного ненавантажувального резервування?

### **Розрахунок показників безвідмовності та функційної безпечності резервованих об'єктів**

1 За якою формулою визначають імовірність небезпечної відмови при загальному навантажувальному резервуванні з розв'язувальним елементом «І» (об'єкт – пристрій керування стрілочним електродвигуном)?

2 За якою формулою визначають імовірність безпечної відмови при загальному навантажувальному резервуванні пристрою керування стрілочним електродвигуном з розв'язувальним елементом «АБО»?

3 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування пристрою керування стрілочним електродвигуном при використанні загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»?

4 За якою формулою визначають імовірність безпечної роботи при роздільному резервуванні пристрою керування стрілочним електродвигуном з розв'язувальним елементом «І»?

5 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність при підвищенні кількості каналів резервування пристрою керування стрілочним електродвигуном при використанні

роздільного навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»?

6 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність пристрою керування стрілочним електродвигуном при використанні мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т», якщо кількість каналів резервування не змінюється, але значення «п» підвищується?

7 За якою формулою визначають загальну ймовірність безпечної роботи пристрою керування стрілочним електродвигуном при мажоритарному резервуванні «п» з «т» (при однаковій функційній безпечності каналів резервування)?

8 Як змінюються безвідмовність і функційна безпечність пристрою керування стрілочним електродвигуном при використанні мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т», якщо значення «т» не змінюється, але «п» підвищується?

9 За якою формулою визначають імовірність безпечної роботи всієї системи при загальному ненавантажувальному резервуванні?

10 За якою формулою визначають імовірність безпечної роботи технічного засобу при роздільному ненавантажувальному резервуванні?

11 За якою формулою визначають імовірність безпечної роботи технічного засобу при загальному ненавантажувальному резервуванні?

12 У якому способі резервування функційна безпечність теоретично вище (при однаковій кількості каналів резервування пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі)?

13 У якому способі резервування безвідмовність теоретично вище (при однаковій кількості каналів резервування пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі)?

14 У якому способі резервування функційна безпечність найменша (при однаковій кількості каналів резервування і можливості технічної реалізації пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі)?

15 У якому способі резервування функційна безпечність найбільша (при однаковій кількості каналів резервування і

можливості технічної реалізації пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі)?

16 За якою формулою визначають інтенсивність небезпечних відмов систем з навантажувальним дублюванням «2» з «2» при використанні періодичного контролю?

## ТЕСТИ САМОКОНТРОЛЮ

1 За рахунок резервування технічних засобів завжди:

- підвищується надійність;
- підвищується безвідмовність;
- підвищується функційна безпечність;
- змінюються як безвідмовність, так і функційна безпечність;
- підвищуються як безвідмовність, так і функційна безпечність.

2 За рахунок підвищення кратності резервування технічних засобів (вказати правильну відповідь):

- може бути зменшена безвідмовність;
- може бути зменшена функційна безпечність;
- не може бути зменшена безвідмовність;
- не може бути зменшена функційна безпечність;
- усі відповіді правильні.

3 За рахунок підвищення кратності резервування технічних засобів (вказати правильну відповідь):

- може бути збільшена безвідмовність;
- може бути збільшена функційна безпечність;
- не може бути збільшена безвідмовність;
- не може бути збільшена функційна безпечність;
- усі відповіді правильні.

4 При використанні будь-якого мажоритарного резервування «n» з «m» завжди:

- підвищуються як безвідмовність, так і функційна безпечність;
- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;
- безвідмовність зменшується, функційна безпечність підвищується;
- змінюються як безвідмовність, так і функційна безпечність;
- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються.

5 У разі використання ненавантажувального резервування (при можливості технічної реалізації) завжди:

- підвищується тільки безвідмовність;
- підвищується безвідмовність і знижується функційна безпечність;
- підвищується функційна безпечність і знижується безвідмовність;
- підвищуються як безвідмовність, так і функційна безпечність;
- функційна безпечність і безвідмовність не змінюються.

6 Безвідмовність вище (при однаковій кількості каналів резервування і можливості технічної реалізації пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі) у разі:

- роздільного оптимального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- роздільного неоптимального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т»;
- роздільного оптимального ненавантажувального резервування;
- роздільного неоптимального ненавантажувального резервування.

7 Функційна безпечність найменша (при однаковій кількості каналів резервування і можливості технічної реалізації пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі) у разі:

- роздільного оптимального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- роздільного неоптимального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т»;
- роздільного оптимального ненавантажувального резервування;
- роздільного неоптимального ненавантажувального резервування.

8 Безвідмовність найменша (при однаковій кількості каналів резервування і можливості технічної реалізації пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі) у разі:

- роздільного оптимального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т»;
- роздільного оптимального ненавантажувального резервування;
- ковзного резервування.

9 Функційна безпечність найменша (при однаковій кількості каналів резервування і можливості технічної реалізації пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі) у разі:

- роздільного навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т»;
- роздільного ненавантажувального резервування;
- загального ненавантажувального резервування.

10 Функційна безпечність найменша (при однаковій кількості каналів резервування і можливості технічної реалізації пристрою керування стрілочним електродвигуном) у разі:

- загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- загального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «АБО»;
- роздільного неоптимального навантажувального резервування з розв'язувальним елементом «І»;
- мажоритарного резервування з розв'язувальним елементом «п» з «т»;
- роздільного неоптимального ненавантажувального резервування.

11 Використання періодичного контролю справності елементів пристрою керування стрілочним електродвигуном і гарантоване їхнє відновлення підвищують показники його безвідмовності та функційної безпечності (навести всі правильні відповіді):

- в одноканальних структурах у разі наявності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у резервованих структурах у разі наявності прогнозуючих чинників появи відмов;

- в одноканальних структурах у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у резервованих структурах у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у резервованих мажоритарних структурах у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов.

12 Використання періодичного контролю справності елементів об'єкта і гарантоване їхнє відновлення підвищують завжди показники його безвідмовності та функційної безпечності (навести усі правильні відповіді):

- в одноканальних структурах у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у будь-яких резервованих структурах у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у будь-яких нерезервованих і резервованих структурах у разі наявності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у будь-яких резервованих структурах у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов;

- у разі використання загального навантажувального резервування і відсутності прогнозуючих чинників появи відмов.

13 Використання періодичного контролю справності елементів пристрою керування стрілочним електродвигуном і гарантоване їхнє відновлення можуть підвищити показники його функційної безпечності в системах (навести всі правильні відповіді):

- із загальним навантажувальним резервуванням з розв'язувальним елементом «І»;

- загальним навантажувальним резервуванням з розв'язувальним елементом «АБО»;

- мажоритарним резервуванням;

- загальним ненавантажувальним резервуванням;

- роздільним ненавантажувальним резервуванням.

14 Використання періодичного контролю справності елементів пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі і гарантоване їхнє відновлення можуть підвищити

показники його функційної безпечності в системах (навести всі правильні відповіді):

- із роздільним навантажувальним резервуванням з розв'язувальним елементом «І»;
- роздільним навантажувальним резервуванням з розв'язувальним елементом «АБО»;
- ковзним резервуванням;
- роздільним ненавантажувальним резервуванням;
- роздільним навантажувальним резервуванням з розв'язувальним елементом «АБО» у разі наявності прогнозуючих чинників надійності.

15 Використання періодичного контролю справності елементів об'єкта і гарантоване їхнє відновлення змінюють показники його надійності та безпечності (у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов):

- в одноканальних структурах функційна безпечність об'єкта не змінюється, підвищується тільки його готовність;
- одноканальних структурах підвищуються як готовність, так і функційна безпечність об'єкта;
- одноканальних структурах безпека руху поїздів підвищується за рахунок зменшення тривалості відновлення об'єктів, яка впливає відповідно на зменшення імовірності неправильних і небезпечних дій обслуговуючого та оперативного персоналу;
- будь-яких резервованих об'єктах завжди підвищуються як функційна безпечність, так і готовність;
- резервованих об'єктах підвищуються як готовність, так і функційна безпечність, якщо має місце мажоритарне або навантажувальне резервування з правильно обраним розв'язувальним елементом.

16 При введенні періодичного контролю справності елементів об'єкта без резервування у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов (навести всі правильні відповіді):

- показники його безвідмовності та функційної безпечності не змінюються, якщо відсутні чинники, що можуть змінити інтенсивність відмов елементів об'єкта під час його експлуатації;

- підвищуються коефіцієнти готовності та коефіцієнти готовності об'єкта до безпечної роботи;

- зменшуються коефіцієнти готовності та коефіцієнти готовності об'єкта до безпечної роботи;

- підвищуються показники його безвідмовності;

- підвищуються показники його функційної безпечності.

17 Як впливає зменшення періоду контролювання систем на їхню безвідмовність і функційну безпечність (у разі відсутності прогнозуючих чинників появи відмов):

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд послідовного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність зменшуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд послідовного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність зменшуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд паралельного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд послідовного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд паралельного з'єднання?

18 Період контролювання справності елементів систем керування – це:

- тривалість часу, за який проводиться контроль справності її елементів;

- тривалість часу, за який проводиться контроль справності її елементів і гарантується їхнє відновлення;

- тривалість часу, за який проводиться контроль справності її елементів і фіксується початок відновлення;

- тривалість часу, за який проводиться відновлення її справності;

- тривалість часу, за який проводиться контроль справності її елементів та фіксується початок та закінчення їхнього відновлення.



19 Як впливає підвищення тривалості відновлення об'єктів чи каналів резервування на їхню безвідмовність і функційну безпечність:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд послідовного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність зменшуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд послідовного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд паралельного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність зменшуються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд паралельного з'єднання;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються, якщо їхні розрахунково-логічні схеми мають вигляд паралельного з'єднання.

20 Зменшення тривалості відновлення каналів резервування може призвести до зміни функційної безпечності пристрою керування лампою зеленого вогню на світлофорі з навантажувальним резервуванням і розв'язувальним елементом «І»:

- до її зменшення в кілька разів;
- її зменшення в кілька десятків разів;
- її зменшення в кілька сотень і тисяч разів;
- її збільшення в кілька сотень і тисяч разів;
- функційна безпечність не змінюється.

21 Зменшення тривалості відновлення каналів резервування може призвести до зміни функційної безпечності резервованих систем з мажоритарним резервуванням:

- до її зменшення в кілька разів;
- її зменшення в кілька десятків разів;
- її зменшення в кілька сотень і тисяч разів;
- її збільшення в кілька сотень і тисяч разів;
- функційна безпечність не змінюється.

22 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність при зменшенні періоду контролювання пристроїв без резервування та відсутності прогнозуючих чинників надійності:

- підвищуються безвідмовність і функційна безпечність;
- зменшуються безвідмовність і функційна безпечність;
- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;
- безвідмовність зменшується, функційна безпечність не змінюється?

23 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування електродвигунами стрілок при зменшенні періоду контролю з загальним навантажувальним резервуванням та розв'язувальним елементом «І»:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються;
- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;
- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється?

24 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування електродвигунами стрілок при зменшенні періоду контролю з загальним навантажувальним резервуванням та розв'язувальним елементом «АБО»:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються;
- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;
- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється?

25 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування лампою дозволяючого сигналу світлофора при зменшенні періоду контролю з загальним навантажувальним резервуванням та розв'язувальним елементом «І»:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються;
- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється?

26 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування електродвигунами стрілок при зменшенні періоду контролю з роздільним навантажувальним резервуванням та розв'язувальним елементом «АБО»:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється?

27 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування електродвигунами стрілок при зменшенні періоду контролю з будь-яким мажоритарним резервуванням «п» з «т»:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється?

28 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування електродвигунами стрілок при зменшенні періоду контролю з будь-яким ненавантажувальним резервуванням:

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються одночасно;

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється?

29 Як змінюються функційна безпечність і безвідмовність пристроїв керування лампою дозволяючого сигналу світлофора з загальним навантажувальним резервуванням та розв'язувальним елементом «I» при зменшенні періоду контролю:

- безвідмовність і функційна безпечність не змінюються;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність зменшується;

- функційна безпечність підвищується, безвідмовність не змінюється;

- безвідмовність підвищується, функційна безпечність не змінюється;

- безвідмовність і функційна безпечність підвищуються?

У разі усного тестування або опитування здобувачів вищої освіти вони мають надати обґрунтування правильної відповіді.

### **ОПИС ЗМІСТУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНОГО ЗАВДАННЯ, МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЙОГО ВИКОНАННЯ**

Індивідуальне навчально-дослідне завдання видається студенту у разі виконання ним науково-дослідної або практичної роботи, у тому числі при навчанні за дуальною формою здобуття освіти.

Зміст завдання обирається з нижченаведеного переліку:

1 Назва об'єкта та обґрунтування необхідності визначення його надійності та функційної безпечності.

2 Принципова або структурна схема об'єкта.

3 Вихідні дані з надійності об'єкта, за необхідністю пошук цих даних може бути виконаний студентом.

4 Розрахунок показників надійності та функційної безпечності об'єкта без резервування та у разі використання доцільних способів резервування і періодичного контролю.

5 Дослідження впливу різних чинників на показники надійності та функційної безпечності.

6 Обґрунтування необхідних етапів доведення функційної безпечності.

7 Обсяг необхідних робіт з сертифікації продукції.

8 Розроблення рекомендацій до підвищення надійності та функційної безпечності.

9 Розроблення структурної або принципової схеми з заданими показниками надійності та функційної безпечності.

10 Висновки з надійності та функційної безпечності.

Вибір пунктів та обсяг завдання обирається індивідуально для кожного студента з урахуванням мети науково-дослідної роботи і практичної діяльності студента, складності об'єкта і можливих пропозицій від підприємств.

Основні рекомендації до виконання індивідуального навчально-дослідного завдання наведено вище та у роботах [1–4].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Кустов В. Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 156 с.

2 Кустов В. Ф. Методичні вказівки для виконання розрахунково-графічних та контрольних робіт до курсу «Основи теорії надійності та побудови безпечних систем комп'ютерних систем». Харків: УкрДАЗТ, 2007. 36 с.

3 Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування: ДСТУ 4178-2003. Чинний від 01.07.2003. Київ, 2003.

4 Методика доказу функційної безпечності комплексів управління та регулювання рухом поїздів. Затв. і введ. в дію наказом «Укрзалізниці» № 452-Ц. Київ.

5 Залізничний транспорт. Специфікація та демонстрація надійності, доступності, безпеки і ремонтпридатності (РАМН). Ч. 1. Основні вимоги та загальний процес (EN 50126-1:1999, ІДТ): ДСТУ EN 50126-1:2015 ук. Чинний від 01.01.2016. Київ, 2016.

**ДОДАТОК А**  
**Форма титульного аркуша курсової роботи**

**Український державний університет залізничного транспорту**  
**Кафедра автоматики і комп'ютерного телекерування рухом поїздів**

**Розроблення пристрою залізничної автоматики з заданими показниками безвідмовності та функційної безпечності**

**КУРСОВА РОБОТА**  
з дисципліни  
**«ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ ТА ПОБУДОВИ БЕЗПЕЧНИХ СИСТЕМ»**

Виконав студент

групи \_\_\_\_\_ (шифр групи) \_\_\_\_\_ (П.І.Б. студента)

№ залікової книжки \_\_\_\_\_

Варіант \_\_\_\_\_

Дата виконання «\_\_» \_\_\_\_ 202\_ р. (дата здавання роботи на перевірку)

Перевірив \_\_\_\_\_ (П.І.Б. викладача) «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ р.

Зауваження \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (відмітка про допуск до захисту роботи)

\_\_\_\_\_ (оцінка роботи) \_\_\_\_\_ (підпис викладача)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ р. (дата захисту)

Харків – 202\_ р.

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ЗАЛІЗНИЧНОЇ  
АВТОМАТИКИ З ЗАДАНИМИ ПОКАЗНИКАМИ  
БЕЗВІДМОВНОСТІ ТА ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсової роботи з дисципліни**

***«ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ  
ТА ПОБУДОВИ БЕЗПЕЧНИХ СИСТЕМ»***

Відповідальний за випуск Кустов В. Ф.

Редактори Третьякова К. А., Буранова Н. В.

---

Підписано до друку 23.06.21 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.