МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Електронні обчислювальні машини»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ Жуковицький І. В.
(підпис) (ПІБ)

«21» 12 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 12 (шифр) Інформаційні технології (назва)

Спеціальність 123 (код) Комп'ютерна інженерія (повна назва)

Тема Розробка підсистеми оцінки показників надійності fi-транзакцій в комп'ютерних системах

Theme Development of a subsystem for evaluating the reliability of fi-transactions in computer systems

Керівник дипломного проекту	професор (посада)	_____ (підпис)	Косолапов А. А. (ПІБ)
Консультант розділу з БЖД	професор (посада)	_____ (підпис)	Саблін О. І. (ПІБ)
Нормоконтролер	доцент (посада)	_____ (підпис)	Шаповалов В. О. (ПІБ)
Студент групи	КС2021 (група)	_____ (підпис)	Сокур М. М. (ПІБ)
Student			Sokur Mariia (family name)

Дніпро
2021

Довідка

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій

Кафедра ЕОМ

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти Сокур Марія Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Розробка підсистеми оцінки надійності fi-транзакцій в комп'ютерних системах

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР Анатолій КОСОЛАПОВ

Український державний університет науки і технологій

Факультет _____Комп'ютерних технологій та систем _ кафедра _ЕОМ_
Спеціальність ____Комп'ютерна інженерія_____ ___

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри

_____
(підпис)
«___»_____20_ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня _магістр_
(освітнього ступеня)

студента групи _КС1621_ _Сокур Марії Михайлівни_
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломної роботи _Розробка підсистеми оцінки показників надійності fi-транзакцій в комп'ютерних системах_

затверджена наказом по університету від «_9_»_березня_2021р. № КС - 131-СТ_.

2 Термін подання студентом закінченої роботи_____ _____

3 Вихідні дані до дипломної роботи_____ _____

_____

_____

_____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) _____

_____

_____

_____

_____

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Косолапов А. А.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Термін виконання	Обсяг розділу, %

Дата видачі завдання: «___»_____ 20___ р.

Керівник дипломної роботи _____ Косолапов А. А
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Сокур М. М.
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Сокур М. М. Розробка підсистеми оцінки показників надійності fi-транзакцій в комп'ютерних системах. – Український державний університет науки і технологій, кафедра електронних обчислювальних машин. – Дипломний проект. – 56 с., 12 рис., 9 табл., 24 джерела, 5 додатків.

В даному дипломному проекті предметом дослідження є математичні методи опису функціонування систем реального масштабу часу та моделі оцінки показників надійності програмного забезпечення: ймовірність безвідмовної роботи системи при обробці кожного сигналу, що поступає до комп'ютерної системи.

Метою роботи є застосування запропонованого методу оцінки показників надійності в процесі концептуального проектування інтегрованих комп'ютерних систем управління підприємствами різного призначення.

Галуззю застосування даної кваліфікаційної роботи є проектування комп'ютерних систем реального часу на ранніх стадіях проектування. Можливість оцінки надійності на цій стадії дозволить в подальшому зробити оптимальний та економічно вигідний вибір елементів для реалізації системи.

СТС РЧ, КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, НАДІЙНІСТЬ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

RESUME

Sokur M. Development of a subsystem for evaluating the reliability of fi-transactions in computer systems. - Ukrainian State University of Science and Technology, Department of Electronic Computers. - Diploma project. - 56 p., 12 figs., 9 tables., 24 sources, 5 applications.

In this project the subject of research is mathematical methods, which used to describe the operation of real-time systems and models for evaluating the reliability of software: the probability of failure of the system when processing each signal to the computer system.

The purpose of the work is to apply the proposed method of evaluating reliability in the process of conceptual design of integrated computer management systems for various purposes.

The field of application of this qualification work is the design of real-time computer systems in the early stages of design. The ability to evaluate the reliability at this stage will further make the optimal and cost-effective choice of elements for the implementation of the system.

STS RT, COMPUTER SYSTEM, RELIABILITY, SOFTWARE

ЗМІСТ

ВСТУП

Комп’ютерні системи, що функціонують в режимі реального часу (КС РЧ), потребують набагато більшої надійності ніж звичайні обчислювальні системи. На це є дві причини. По-перше, сигнали та повідомлення, що надходять до системи, обробляються без жодного втручання людини, так само як і формуються керуючі сигнали чи повідомлення, що надходять до технологічних об’єктів та диспетчерських пунктів. Тож, якщо протягом цього циклу з’явиться помилка, вона може бути визначена тільки після того, як стане очевидна оператору термінала. Друга причина випливає з самої природи КС РЧ – припинення функціонування веде до великих виробничих втрат та неприємностей.

Метою роботи є дослідження методів оцінки показників надійності комп’ютерних систем, що працюють в реальному масштабі часу та використання запропонованого методу в процесі концептуального проектування інтегрованих комп’ютерних систем керування підприємствами різного призначення.

Область досліджень – процеси функціонування програмного забезпечення, яке має часові обмеження на час формування керуючих впливів і інформаційних повідомлень.

Предметом досліджень виступають математичні методи опису функціонування систем реального масштабу часу та моделі оцінювання показників надійності програмного забезпечення: ймовірності безвідмовної роботи систем під час обробки кожного сигналу, що приходить до комп’ютерної системи.

Робота складається с чотирьох розділів:

1. Аналіз методів оцінки показників надійності програмного забезпечення комп’ютерних систем, які працюють в режимі реального масштабу часу на стадії системного проектування;

2. Опис математичної моделі функціонування соціотехнічної системи реального часу, що є предметом дослідження;

3. Методика прогнозування надійності програмного забезпечення в системах реального часу на ранніх стадіях проектування;

4. Результати досліджень в виді розрахункових таблиць та графіків залежності ймовірності безвідмовної роботи програмного забезпечення від таких факторів, як температура навколишнього середовища, загальний час роботи системи та обраний тип мікропроцесору.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПЗ

1.1 Постановка задачі

Сучасний етап розвитку підходів до розробки та застосування комп'ютерних систем характеризується зміною парадигми комп'ютеризації: від обчислювальних систем (отримання максимальної швидкодії) до інформаційних систем (для забезпечення доступу до даних «тут і зараз») до систем орієнтованих на людину та заснованих на інтелектуальному інтерфейсі (див. Рис. 1.1).

Парадигми комп'ютеризації (пріоритети характеристик КС)				
Обчислювальні системи (ОС)		**Інформаційні системи** (ІС)		**Інтелектуально-інформаційні системи** (І2С)
1. Швидкодія	→	1. Доступ до даних («тут і зараз»)	→	1. Інтелектуальний інтерфейс
2. Інтерфейс		2. Інтерфейс		2. Доступ до даних («тут і зараз»)
3. Доступ до даних		3. Швидкодія		3. Швидкодія

Рисунок. 1.1 – Парадигми комп'ютеризації

В даний час відбувається перехід до соціоцентричних систем (соціо-технічних систем або скорочено СТС) [1].

СТС – це автоматизована система, що складається з технічної підсистеми, підсистеми персоналу та зовнішнього середовища. Вони представлені в архітектурі СТС вісьмома видами підтримки, включаючи програмне забезпечення (див. формулу 1).

$$\text{СТС} = \text{МЕТА} \cap (\text{КТЗ} + \text{МЗ} + \text{ПЗ} + \text{ІЗ} + \text{ЛЗ} + \text{МетО} + \text{МетрО}) \quad \textbf{(1.1)},$$

Де **КТЗ** (комплекс технічних засобів) це комплекс технічних засобів для введення, обробки, зберігання, зображення, виводу та передачі, комутації та маршрутизації даних.

МЗ (математичне забезпечення) - набір математичних моделей, методів і алгоритмів рішень задач.

ПЗ (програмне забезпечення) - комплекс системних і прикладних програм (операційних систем, компіляторів та інтерпретаторів мов програмування, бібліотек, підпрограм і функцій, пакетів прикладних програм).

ІЗ (інформаційне забезпечення) - це сукупність єдиної системи класифікації та кодування інформації, уніфікованих систем документації, схем інформаційних потоків циркулюючих на підприємствах, методології побудови баз даних.

ЛЗ (лінгвістичне забезпечення) - сукупність мовних засобів, які забезпечують адекватне функціонування мови в КС у тій чи іншій сфері.

ОЗ (організаційне забезпечення) - сукупність методів і засобів, регламентуючих взаємодію працівників з технічними засобами та між собою в процесі розробки та експлуатації інформаційної системи (організаційна структура).

МетЗ (методичне забезпечення) - комплекс усіх засобів, необхідних для проведення ефективного навчання персоналу. Як правило це набір документації та відео-фільмів.

МетрЗ (метрологічне забезпечення) - затвердження і застосування метрологічних норм, правил і методик виконання вимірювань, а також розробка, виготовлення та застосування технічних засобів для забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань [2].

Хоча спочатку ідея СТС з'явилася наприкінці 1940-х - початку 1950-х років, але її практична реалізація стала ефективною лише в наш час. СТС перейшла до класу великих керованих систем, що об'єднують машинні комплекси та групи людей. Вважається, що в складній (великій) системі структура є істотним параметром, що впливає на її ефективність [3]. Це

мультиструктура, що динамічно змінюється в часі. Важливою особливістю STS є робота в режимі реального часу (СТС РЧ) [2, 4, 5].

У проектуванні таких систем важливим етапом є етап концептуального (архітектурного чи раннього) проектування, коли формуються основні апаратно-програмні рішення СТС. Складність проектно-дослідницьких робіт архітектурного етапу полягає в недостовірності початкових даних для прийняття рішень. Це стосується і завдання оцінки надійності програмного забезпечення [5, 6, 7]. Основні особливості ранньої оцінки надійності програмного забезпечення описані в [6, 10]. Для вирішення цієї проблеми використовуються нейронні мережі [9], нечітка логіка [6], поведінкові моделі [8].

Але ці підходи важко застосувати на ранніх стадіях проектування, особливо для систем реального часу. Тому в роботі пропонується набір математичних моделей для опису роботи СТС, її програмного забезпечення в умовах обмежень реального часу [5] та прості методи розрахунку надійності програмного забезпечення.

Основними причинами, що безпосередньо викликають порушення нормального функціонування програмного забезпечення є [12]:

- Помилки, приховані у самій програмі;
- Спотворення вхідної інформації, що підлягає обробці;
- Неправильні дії користувача;
- Несправність апаратури установки, де реалізується обчислювальний процес.

В роботі досліджуються моделі та методи оцінки показників надійності програмного забезпечення комп’ютерних систем, що викликані апаратними збоями в ІМС (інтегральних мікросхемах), які будуть використовуватися під час проектування комп’ютерної системи реального часу.

Основа роботи СТС реального часу полягає в виконанні транзакцій при надходженні ініціативних сигналів. .

φ-Транзакція - це неперервна послідовність функціонально-програмних блоків (ФПБ) між двома стійкими станами системи (від появи сигналу (заявки) на вході СТС до видачі сигналу керування та виведення повідомлення.

Так як транзакція є неперервною, то збій, що трапився в будь-який з моментів часу її виконання, призведе до збою всієї транзакції. Отже для виправлення помилки, що сталася в транзакції, необхідно розрахувати всю операцію з початку. В теорії надійності елементи системи з такими властивостями називаються невідновлювальними.

Далі більш детально наведемо основні характеристики надійності, зокрема способи розрахунку надійності невідновлювальних елементів без резервування та з постійним резервуванням.

1.2 Основні характеристики надійності

Показник надійності — характеристика однієї чи кількох властивостей, що становлять надійність об'єкта.

До найбільш широко застосовуваних показників надійності належать:

- ймовірність безвідмовної роботи протягом певного часу P(t);
- середнє напрацювання до першої відмови $\overline{T_o}$;
- напрацювання на відмову T;
- частота відмов α(t);
- інтенсивність відмов λ(t);
- параметр потоку відмов ω(t);
- коефіцієнт готовності $K_Г$.

Характеристикою надійності називатимемо кількісне значення показника надійності конкретного виробу.

Вибір кількісних характеристик надійності залежить від виду виробу. Основні показники надійності можна розбити на дві групи:

- показники, що характеризують надійність виробів, що не відновлюються;

- показники, що характеризують надійність виробів, що відновлюються.

Невідновлюваними називаються такі вироби, для яких у ситуації проведення відновлення працездатного стану не передбачено у нормативно-технічній та (або) конструкторській документації. Якщо відбувається відмова такого виробу, то виконувана операція буде зірвано, і її необхідно починати знову в тому випадку, якщо відмову можна усунути. До таких виробів належать вироби одноразової дії, такі як ракети, керовані снаряди, штучні супутники Землі, а також системи багаторазової дії, такі як системи управління повітряним та залізничним рухом, системи управління хімічними, металургійними та іншими відповідальними виробничими процесами. А в випадку розрахунку надійності ПЗ в нашому випадку таким нероздільним елементом є транзакція.

Відновлюваними називаються такі вироби, для яких у ситуації проведення відновлення працездатного стану передбачено у нормативно-технічній та (або) конструкторській документації. Якщо станеться відмова такого виробу, то він викличе припинення функціонування виробу лише на період усунення відмови. До таких виробів належать: телевізор, агрегат живлення, локомотив, автомобіль тощо [13].

Інтенсивність відмов - найзручніша характеристика надійності найпростіших елементів, оскільки вона дозволяє найпростіше обчислити кількісні показники складної системи.

Найбільш доцільним показником надійності складної системи є можливість безвідмовної роботи. Це пояснюється такими особливостями ймовірності безвідмовної роботи :

- вона входить як співмножник в інші більш загальні характеристики системи, наприклад, у ефективність і вартість;
- характеризує зміну надійності у часі;
- може бути отримана порівняно просто розрахунковим шляхом у процесі проектування системи та оцінена у процесі її випробування.

1.3 Надійність невідновлювальних систем

1.3.1 Надійність систем без резервування

Завдання розрахунку надійності складної системи полягає в тому, щоб визначити її показники надійності, якщо відомі показники надійності окремих елементів та структура системи, тобто. характер зв'язків між елементами з погляду надійності [13].

Найбільш просту структуру має нерезервована система, що складається з n елементів, у якої відмова одного з елементів призводить до відмови всієї системи (рис. 1.2). В цьому випадку система має логічно-послідовне з'єднання елементів.

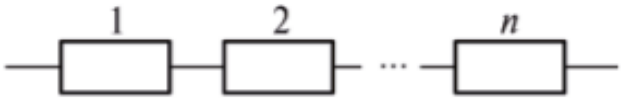

Рисунок. 1.2 – Логічна послідовність зв’язаних елементів

При розрахунку надійності таких пристроїв передбачається, що відмова елемента є подією випадковою та незалежною.

Тоді можливість безвідмовної роботи виробу протягом часу t дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи її елементів упродовж того самого часу. Оскільки ймовірність безвідмовної роботи елементів протягом часу t можна виразити через інтенсивність відмов у вигляді (1.7), то розрахункові формули для ймовірності безвідмовної роботи технічного пристрої при послідовному з'єднанні елементів можна записати так:

$$P_C(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) \cdot \ldots \cdot p_n(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t),$$

$$P_C(t) = e^{-\int_0^\infty \lambda_1(t)dt} \cdot e^{-\int_0^\infty \lambda_2(t)dt} \cdot \ldots \cdot e^{-\int_0^\infty \lambda_n(t)dt} = e^{-\sum_{i=1}^{n}\int_0^\infty \lambda_i(t)dt}. \quad \textbf{(1.2)}$$

Вирази (1.2) є найбільш загальними. Вони дозволяють визначити ймовірність безвідмовної роботи виробу до першої відмови при будь-якому законі зміни інтенсивності відмов у часі.

На практиці найчастіше інтенсивність відмов виробі в є величиною незмінною. При цьому час виникнення відмов підпорядкований експоненційному закону розподілу, тому що для нормального періоду роботи апаратури справедлива умова λ = const.

У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи набуде вигляду:

$$P_C(t) = e^{-\lambda_c t} \tag{1.3}$$

Якщо всі елементи даного типу рівнонадійні, інтенсивність відмов буде

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^{r} N_i \lambda_i, \tag{1.4}$$

Де N_i – число елементів і-го типу; r – число типів елементів.

1.3.2 Надійність систем з резервуванням

Резервування – застосування додаткових засобів та (або) можливостей з метою збереження працездатного стану вироби при відмові одного або кількох елементів.

У цьому випадку відмова настає тільки після відмови основних та всіх резервних елементів. При цьому можливе резервування на рівні всієї системи в цілому (загальне резервування) або на рівні окремих її елементів (роздільне резервування).

Загальне резервування — резервування, у якому резервованим елементом є виріб загалом (рис. 1.3, а, в).

Роздільне резервування — резервування, при якому резервуються окремі елементи виробу або їх групи (рис. 1.3, б, г).

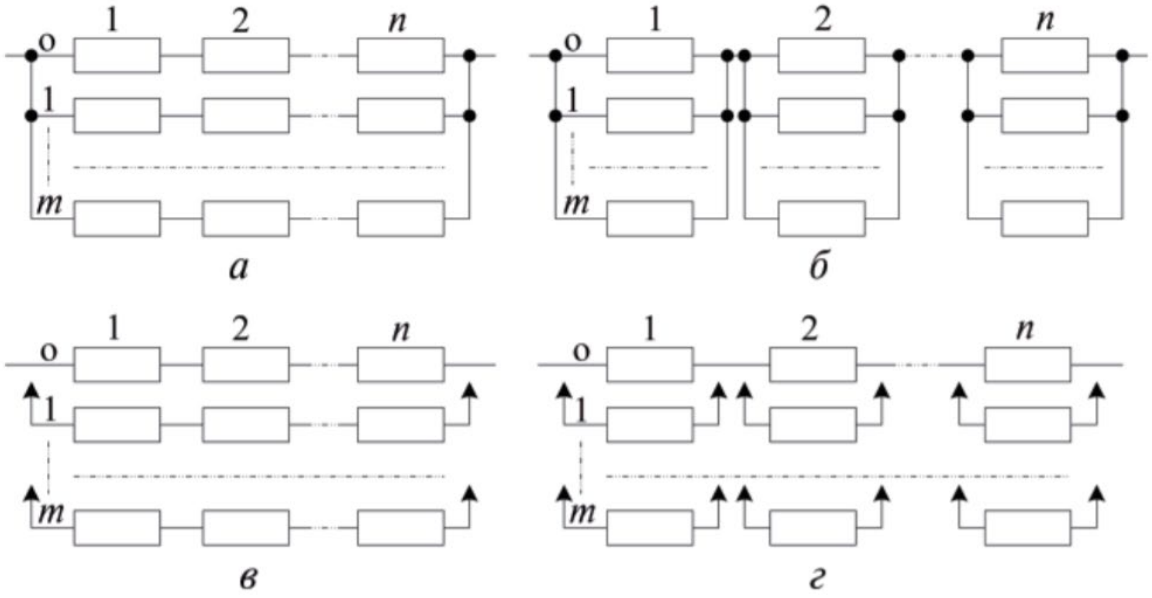

Рисунок. 1.3. Схемні реалізації різних способів резервування:

а - загальне постійне з цілою кратністю;

б - роздільне постійне з цілою кратністю;

в - загальне заміщення з цілою кратністю;

г - роздільне заміщення з цілою кратністю;

Основним параметром резервування є його кратність. Кратність резерву— відношення кількості резервних елементів виробу до резервованих ними основних елементів виробу, виражене нескороченим дробом.

За способом включення резервування поділяється на постійне та резервування заміщенням. Постійне резервування — резервування без перебудови структури виробу, якщо його елемент відмовився. Резервування заміщенням резервування, у якому функції основного елемента передаються резервному лише після відмови основного елемента [13].

Основні розрахункові формули для загального резервування з постійно включеним резервом та цілою кратністю (див. рис. 1.3, а) при експоненційному законі розподілу надійності, коли $p_i(t) = e^{-\lambda_i \cdot t}$:

$$P_C(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda_o t})^{m+1} \quad \textbf{(1.5)}$$

Де $\lambda_o = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$ — інтенсивність відмов основної системи або будь-якої із резервних систем.

1.4 Висновки за розділом

В даному розділі розглянуто сучасний стан розвитку комп'ютерних систем, в якому наразі відбувається перехід до соціотехнічних систем, основною характеристикою яких є робота в режимі реального масштабу часу. Також проаналізовано підходи до розрахунку надійності програмного забезпечення на етапі раннього системного проектування та обґрунтована актуальність роботи.

Представлено опис основних характеристик надійності. Подаються розрахункові формули для невідновлювальних систем без резервування та також для невідновлювальних систем з резервування. В подальшому ці формули будуть використовуватися в практичній частині дипломної роботи.

Вибір формул обумовлений природою транзакцій. Роботу транзакції неможливо відновити, при будь-якому збої, що трапився за період її виконання, результат роботи всієї транзакції вважається хибним.

2 ОПИС МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СТС РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

2.1 Стадії проектування СТС РЧ

<table>
<tr><td>Типи робіт</td><td colspan="7">Науково-дослідницькі роботи (НДР)</td><td>Практично-конструкторські роботи (ПКР)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Стадії створення
ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ
Повний цикл</td><td>Планування НДПКР</td><td>ФВАС</td><td>РКПАС</td><td>ТЗ</td><td>ЕП</td><td>ТП</td><td>РД</td><td>Введення в дію</td><td><u>Експлуатація</u>
Супровід</td><td><u>Утилізація</u>
Модернізація</td></tr>
<tr><td>Стадії створення
Скорочений цикл</td><td>Планування НДПКР</td><td colspan="3">ТЗ</td><td colspan="3">ТРП</td><td>Введення в дію</td><td><u>Експлуатація</u>
Супровід</td><td><u>Утилізація</u>
Модернізація</td></tr>
<tr><td>Документація повного циклу</td><td>Планування НДПКР</td><td>ТТЗ</td><td>Проектний звіт про НДР</td><td>ТЗ</td><td>ЕП</td><td>ТП</td><td>РП</td><td>Акти, протоколи</td><td>Акти, протоколи</td><td>Акти, протоколи</td></tr>
<tr><td>Документація скороченого циклу</td><td>Планування НДПКР</td><td colspan="3">ТЗ</td><td colspan="3">ТРП</td><td>Акти, протоколи</td><td>Акти, протоколи</td><td>Акти, протоколи</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Класи систем автоматизації проектно-дослідницьких робіт</td><td rowspan="2">Управління проектами</td><td colspan="5">АСНД</td><td>САПР</td><td colspan="3" rowspan="2">САДКО</td></tr>
<tr><td colspan="6">САПР</td></tr>
</table>

Рисунок. 2.1 – Життєвий цикл КС. Стадії та етапи проектування

На Рис. 2.1

- НДПКР – науково-дослідницькі та практично-конструкторські роботи;
- ФВАС – формування вимог до автоматизованої системи;
- РКПАС – розробка концепції побудови автоматизованої системи;
- ТЗ – технічне завдання;
- ЕП – ескізний проект;
- ТП – технічний проект;
- РД – робоча документація;
- ТРП – технічно-робочий проект;
- ТТЗ – тактико-технічне завдання;
- АСНД – автоматизована система наукових досліджень;

- САДКО – системи автоматизації, діагностики, контролю і обслуговування;
- САПР - Система автоматизованого проектування.

Організація проектування КС орієнтована на використання головним чином каскадної моделі життєвого циклу КС (див. Рис. 2.1), яка передбачає повне завершення деякого типу робіт перед переходом до наступного етапу, на якому виконується інший тип робіт. Стадії та етапи робіт описані у стандарті ГОСТ 34.601-90.

При канонічному підході виділяються такі етапи:

Стадія 1. Формування вимог до КС.

На початковій стадії проектування виділяють такі етапи робіт:

- Обстеження об'єкта та обґрунтування необхідності створення КС;
- Формування вимог користувачів до КС;
- Оформлення звіту про виконану роботу та технічного завдання на розробку.

Стадія 2. Розробка концепції КС.

- Вивчення об'єкта автоматизації;
- Проведення необхідних науково-дослідних робіт;
- Розробка варіантів концепції КС, що задовольняють вимогам користувачів;
- Оформлення звіту та затвердження концепції.

Стадія 3. Технічне завдання.

- Розробка та затвердження технічного завдання на створення КС.

Стадія 4. Ескізний проект.

- Розробка попередніх проектних рішень за системою та її частинами;
- Розробка ескізної документації на КС та її частини.

Стадія 5. Технічний проект.

- Розробка проектних рішень за системою та її частинами;
- Розробка документації на КС та її частини;
- Розробка та оформлення документації на поставку комплектуючих виробів;
- Розробка завдань на проектування у суміжних частинах проекту.

Стадія 6. Робоча документація.

- Розробка робочої документації на КС та її частини;
- Розробка та адаптація програм.

Стадія 7. Введення у дію.

- Підготовка об'єкта автоматизації;
- Підготовка персоналу;
- Комплектація КС виробами (програмними та технічними засобами, програмно-технічними комплексами);
- Проведення дослідної експлуатації;
- Проведення приймальних випробувань.

Стадія 8. Супровід КС.

- Виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань;
- Післягарантійне обслуговування.

На стадії технічного проекту (ТП) приймаються загальні проектні рішення: визначають структуру системи, обирають елементну базу, здійснюють функціональну компоновку керуючого обчислювального комплексу (ОК), складають переліки вхідних і вихідних сигналів і даних, розробляють алгоритм функціонування системи і так далі.

Саме на даній стадії раннього проектування пропонується виконувати розрахунки надійності програмного забезпечення соціотехнічної системи реального часу.

2.2 Опис моделі СТС РЧ

Припускаємо, що СТС РЧ виконує набір транзакцій $R = \{r_i,\ i = \overline{1, N_r}\}$ при отримані від СТС ініціативних сигналів $S = \{s_i,\ i = \overline{1, N_r}\}$ від датчиків ObjW і завершує роботу видачою керуючих дій $U = \{u_k,\ k = \overline{1, N_u}\}$ (сигналів) на виконавчі механізми автоматики та (або) повідомлень на периферійне обладнання оперативному персоналу ObjW $X_d = \{x_{dl},\ l = \overline{1, N_d}\}$. Приклад транзакції r_i показаний на рис. 2.1.

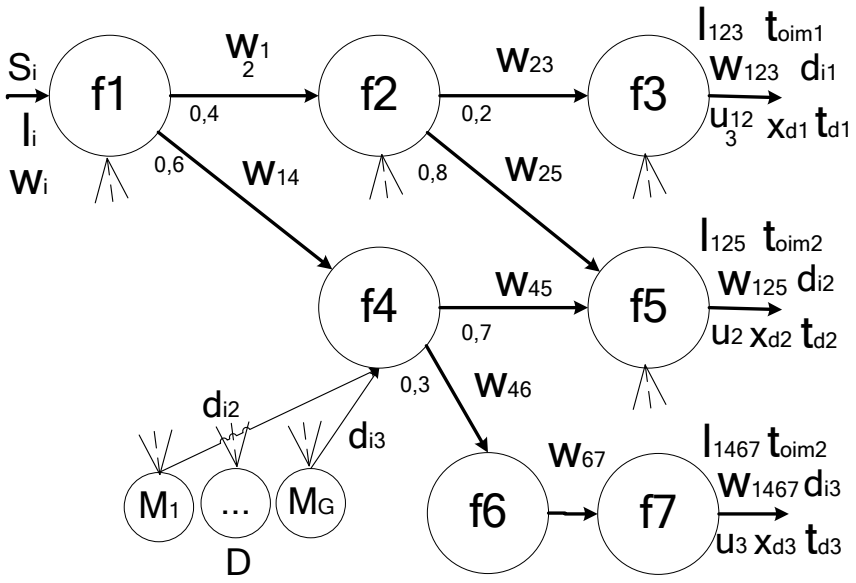

Рисунок. 2.1 - Графік транзакції r_i

Розглянемо особливості транзакцій.

1. Транзакція в СТС РЧ складається з неподільної та невідновлюваної послідовності завдань (функціонально-алгоритмічних і програмних блоків - ФПБ).

2. ФПБ характеризуються набором параметрів, які представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Початкові характеристики ФПБ та бази даних

Набір команд	Кількість команд в ланцюгу ФПБ з типом β				Кількість тактів і частота відмови команд α_η
	f1	*f2*	. . .	f_{N_f}	
1. mov	k11	k21	. . .	kN_f1	1 ($\alpha_{\min}$)
2. add	k12	k22	. . .	kN_f2	1 ($\alpha_{\min}$)
3. mult	k13	k23	. . .	kN_f3	18 ($n3\times\alpha_{\min}$)
4. div	k14	k24	. . .	kN_f4	24 ($n4\times\alpha_{\min}$)
β . …	…	…	…	…	$n\beta$ ($n\beta\times\alpha_{\min}$) …
K_{com}. …	k1 K_{com}	k2 K_{com}	…	kN_f K_{com}	$nK_{com}\times\alpha_{\min}$
Масиви БД	Коефіцієнт використання масиву				
M1, 256 Mb	Y11	Y21	. . .	YN_f1	
M2, 512 Mb	Y12	Y22	. . .	YN_f2	
M3, 1 Gb	Y13	Y23	. . .	YN_f3	
M4, 2 Gb	Y14	Y24	. . .	YN_f4	
M5, 4 Gb	Y15	Y25	. . .	YN_f5	
M6, 8 Gb	Y16	Y26	. . .	YN_f6	

Кожна транзакція має ліміт часу для її виконання (дедлайн) $T_d = \{t_{dk},\ k = \overline{1, N_u}\}$.

4. Транзакція починається з певною інтенсивністю, яка визначається динамікою ObjW $\Lambda = \{\lambda_i,\ i = \overline{1, N_r}\}$ і може бути оцінений час виконання (обробки) транзакції на мікропроцесорі μ для всіх варіантів її завершення $T_{\text{оμ}} = \{t_{oi\mu\text{k}},\ k = \overline{1, N_u}\}$.

5. Збій будь-якої транзакції (її переривання) призводить до виробничих втрат $W = \{w_i,\ i = \overline{1, N_r}\}$, які є частиною загальних можливих втрат у разі збою системи $W = \sum_{i=1}^{N_r} w_i$, $m_i = \frac{w_i}{W}$.

6. Завершення кожної транзакції має деяку варіативність втрат для кожного виходу $w_i = \{w_{ik},\ k = \overline{1, N_u}\}$, $w_i = \sum_{k=1}^{N_u} w_{ik}$. Значення w_i формуються експертами та розподіляються на виходи транзакції $m_{ik} = \frac{w_{ik}}{w_i}$.

7. Кожна транзакція використовує інформацію з бази даних СТС РЧ $D = \sum_{g=1}^{G_m} M_g$.

Коли транзакція виконується, кожен з її ФПБ $F = \{f_j,\ j = \overline{1, N_f}\}$ отримує доступ до масивів бази даних, і обсяг даних, що використовуються для *k*-го виходу *i*-ої транзакції d_{ik} є частиною загального розміру D, тобто $\frac{d_{ik}}{D}$.

2.3 Висновки за розділом

В даному розділі розглянуто стадії та етапи проектування комп'ютерних систем. Обґрунтовується застосування досліджуваної методики на ранніх стадіях розробки систем, так як на цьому етапі ще не відомо багатьох параметрів майбутньої системи, це потребує простого методу розрахунку надійності програмного забезпечення. Дано опис моделі функціонування СТС РЧ, опис основних характеристик транзакцій.

3 МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПЗ В СТС РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

3.1 Методика оцінки надійності програмного забезпечення СТС РЧ

Надійність прикладного програмного забезпечення СТС РЧ буде оцінюватися за ймовірністю безвідмовного/безпроблемного виконання кожної транзакції *i* для кожного варіанту *k* її завершення (для експоненційного розподілу інтервалів часу між збоями):

$$p_{ik}(t_{oik}) = 1 - exp(\alpha_{ik} \times t_{oik})$$

Оскільки цей показник розраховується протягом «життя» транзакції, він відповідає коефіцієнту готовності K_{av} (ймовірності того, що об'єкт буде в робочому стані в довільний момент часу).

Значення t_{oik} розраховуються для вибраного мікропроцесора μ з тактовою частотою ω_μ, для якого відома кількість тактів для виконання набору команд K_{com} (див. таблицю 1), коли

$$t_{oik} = \sum_{\forall f \in r_{ik}} \sum_{\beta=1}^{K_{com}} \upsilon_{\beta ik} \times K_\beta \times \tau_\beta$$

t_{oik} - середній час обробки транзакції *i* для виходу *k*;

$$\tau_\beta = \frac{n\beta_\tau}{\omega_\mu}$$

τ_β - середній час виконання команди β;

$\upsilon_{\beta ik}$ - коефіцієнт розгалуження в транзакції i (див. рис. 1 для f1, f2, f4).

На наступному кроці необхідно оцінити інтенсивність відмов ланцюга ФПБ для кожного варіанту його завершення.

Основою є частота відмов найкоротшої команди mov між регістром і регістром, що виконується за один такт та дорівнює частоті відмов однієї мікросхеми α_{ik}.

Частота відмов інших команд буде розрахована за тактовою схемою (табл. 2.1) і дорівнює $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\beta, \ldots, \alpha_{K_{com}}$ відповідно.

Для кожного виходу транзакції необхідно розрахувати кількість команд зазначеного типу:

$$\theta_{\beta ik} = \sum_{\forall f \in r_{ik}} \upsilon_{\beta ik} \times K_\beta$$

Середнє зважене арифметичне значення коефіцієнта відмов для *i*-ї транзакції за *k*-им виходом розраховується як .

$$\alpha_{ik} = \frac{\sum_{\beta=1}^{K_{com}} \alpha_{\beta ik}\, \theta_{\beta ik}}{\sum_{\beta=1}^{K_{com}} \theta_{\beta ik}}$$

Обробка ФПБ в транзакції з масивами бази даних зменшує цей показник залежно від обсягу прочитаних даних d_{ik}.

Введемо коефіцієнт, $k_{ik}^{db} = \delta \times (1 - \frac{d_{ik}}{D}), d_{ik} < D$, δ - коефіцієнт нормування.

Таким чином, надійність прикладного програмного забезпечення можна розрахувати як

$$p_{ik}(t_{oik}) = k_{avik} = k_{ik}^{db} \times (1 - exp(\alpha_{ik} \times t_{oik}))$$

Як правило, при проектуванні СТС РЧ вказуються необхідні значення коефіцієнтів доступності $\tilde{k}_{avik}$, при цьому має виконуватися умова $k_{avik} \geq \tilde{k}_{avik}$.

Для всієї системи (для мікропроцесора μ) справедливий наступний вираз:

$$K_{av}^{s} = \prod_{\forall ik} k_{avik}$$

3.2 Резервування обробки транзакцій

Якщо умова $K_{ik}^{sr} = \frac{t_{dik} - t_{oik}}{t_{oik}} \geq 2$ виконується для транзакції (тобто ресурсу процесора вистачає для гарячого дублювання, подвійного або більшого для прорахунку транзакції), то надійність прикладного програмного забезпечення визначається як:

$$p_{ik}^{dub}(t_{oik}) = 2 \times p_{ik}(t_{oik}) - p_{ik}^{2}(t_{oik})$$

3.3 Висновки за розділом

В третьому розділі описана основна методика, що використовується в роботі для визначення ймовірності безвідмовної роботи транзакцій. В досліджуваній методиці використовується математична модель розрахунку надійності для невідновлювальних систем, що була описана в першому розділі роботи. Також наведена можливість дублювання розрахунку транзакцій, при умові що час виконання транзакцій хоча б вдвічі менший за граничний час відведений на її виконання.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ В КУРСОВОМУ ПРОЕКТУВАННІ СТС РЧ

4.1 Початкові дані

За джерело початкових даних для розрахунку і досліджень було взято один із варіантів технічного завдання для інтегрованої автоматизованої комп’ютерної системи керування підприємством. Розробка проекту на основі цього ТЗ проходить в рамках курсового проектування студентами третього курсу спеціальності «Комп’ютерна інженерія».

Система призначена для реалізації функціонування в реальному масштабі часу територіально-розподіленої інтегрованої автоматизованої системи управління (ІАСУ) підприємством, що містить низку технологічних об'єктів управління (ТОУ або ТО):

– два технологічні процеси ТП1 і ТП2 заданої структури, кожен із них складається з чотирьох технологічних ділянок У1,…У4, на яких встановлені виконавчі механізми (пристрою впливу на оброблювані матеріальні об'єкти та систему датчиків про стан ділянок та оброблюваних об'єктів на них;

- чотири абонентські пункти АП1, …, АП4, на яких знаходиться оперативний персонал ІАСУ та використовувані ним термінальні пристрої – монітори, інформаційні табло, принтери та пристрої для ручного формування керуючих впливів на ТП1, ТП2 та для обміну повідомленнями між АП.

ІАСУ працює у реальному масштабі часу, у якому кожен ініціативний сигнал, що у КС, є обмеження тимчасово його реалізації, тобто. до видачі керуючого сигналу та/або виведення повідомлення персоналу на відповідний АП; кількість ініціативних сигналів: на ТП1 та ТП2 – по 8, на АП1,…АП4 – по 3; всього КС має обробляти 28 ініціативних сигналів.

В ІАСУ реалізуються десять технологічних завдань (функцій, програм, названих як функціонально-програмний блок - ФПБ) Ф1, ..., Ф10, які виконують введення-виведення сигналів та повідомлень, їх обробку та розрахунок характеристик ходу технологічних процесів.

Алгоритми та програми реалізації Ф1, ..., Ф10 на стадіях системного проектування, як правило, відсутні, та їх складність оцінюється наближеною кількістю операцій (команд процесора) складання, пересилання, множення, поділу та інших, отриманих експертним шляхом.

Як вже описувалося в другому розділі роботи, система при отримані ініціативного сигналу виконує ланцюг ФПБ, який є транзакцією. Приклад транзакції наведено на рис. 4.1.

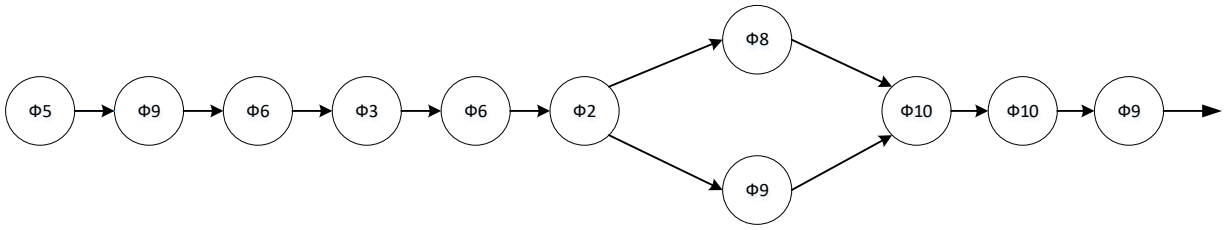

Рисунок 4.1 – Приклад транзакції в ІАСУ

Кількість команд для кожного функціонально-програмного блоку наведено в фрагменті таблиці 4.1. Повна таблиця розміщена в Додатку Б.

Таблиця 4.1 – Функціональні програмні блоки ІАСУ

ПАРАМЕТРИ		ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОГРАМНІ БЛОКИ					
		Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	…	Ф10
Кількість операцій	Додавання	44 200	47 300	24 300	31 900	…	59 300
	Множення	13 100	13 900	11 600	7 700	…	10 800
	Ділення	1 400	4 800	2 400	4 400	…	3 200
	Пересилки	49 400	77 800	54 500	85 800	…	40 100

Весь перелік ланцюгів ФБП в табличному вигляді наведений в додатку Б.

Для всіх транзакцій розрахунок часу виконання транзакції був виконаний за допомогою програми Кармазіна [ ]. Приклад розрахованих значень кількості команд кожного виду в секунду, а також часу виконання транзакції для трьох видів мікропроцесорів, представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок часу виконання транзакції

ОБ'ЄКТ	Інтенсивність потоку заявок	$T_{гр}$, мс	Кількість опер. (mov, div, mult, add)	Тгр (пр1), мс.	Тгр (пр2), мс.	Тгр (пр3), мс.
ТП1	12,37	184	3 999 390,547 976 969,243 429 124,465 6 768 294,515	8,362	2,056	1,199

Отже за основу для розрахунків взято 28 видів транзакцій, що складаються з функціонально-програмних блоків. Для кожного з десяти видів ФПБ є кількість операцій кожного з видів команд (пересилки, додавання, ділення, множення). Кількість операцій в секунду та середній час виконання транзакції з урахуванням інтенсивності ініціативних сигналів, розрахований за допомогою програми Кармазіна. Також важливою початковою характеристикою транзакції є граничний час, відведений на її виконання.

4.2 Розрахунок показників надійності транзакцій

Основними формулами для розрахунку ймовірності безвідмовного виконання транзакцій будуть формули (1.3) та (1.5) запозичені з математичної моделі розрахунку надійності для відповідно невідновлювальних систем без резервуванням та для невідновлювальних систем з резервуванням. Раціональність вибору даного підходу була описана в першому розділі роботи.

4.2.1 Надійність ПЗ в залежності від температури

Для дослідження впливу температури на ймовірність безпроблемного виконання транзакції, частоти відмов однієї мікросхеми були взяті з результатів досліджень представлених у роботі «Порівняльний аналіз методик розрахунку інтенсивності відмов ІМС іноземного виробництва, працюючих у циклічному режимі» авторів Полесский С.Н, Карапузов М.А. Величини

інтенсивності відмов та їх графік залежності від температури можна побачити на рис. 4.2 та в табличному вигляді в таблиці 4.3.

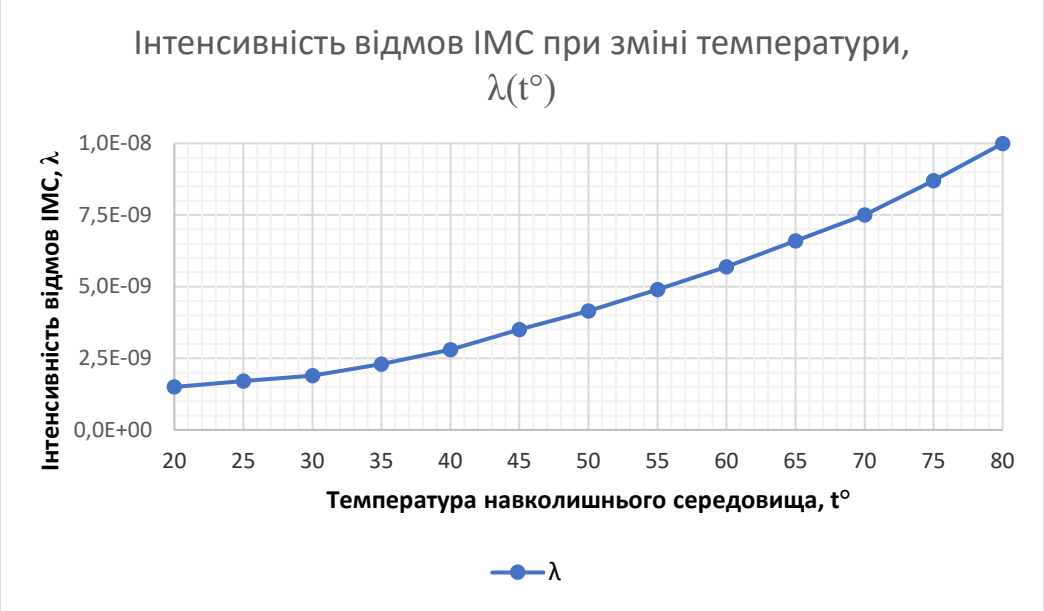

Рисунок 4.2 – Інтенсивність відмов ІМС при зміні температури

Таблиця 4.3 – Інтенсивність відмов при різних температурах

Інтенсивність відмов ІМС, 1/г	**T**	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	λ	1,5E-09	1,7E-09	1,9E-09	2,3E-09	2,8E-09	3,5E-09	4,2E-09	4,9E-09	5,7E-09	6,6E-09	7,5E-09	8,7E-09	1,0E-08

Початковим та спільним етапом для розрахунку надійності виконання ФПБ ланцюга при різних умовах є підрахування загальної кількості тактів в кожній транзакції. Фрагмент розрахунків для перших п’яти транзакцій представлено в таблиці 4.4. Кількість тактів потрібних для виконання транзакції залежить від швидкодії мікропроцесора, в таблиці 4.4 виконані розрахунки для процесора з частотою 400МГц та який потребує 1 такт на виконання операції додавання та пересилки, 13 тактів на операцію множення та 24 такти на операцію ділення.

Таблиця 4.4 – Розрахунок кількості тактів в транзакції

ф-транзакції				
1	2	3	4	5
Кількість операцій в транзакції, 1/с				
3 999 391	2 531 928	6 071 863	7 826 788	7 900 204
976 969	677 778	1 542 189	2 771 669	2 376 683
429 124	214 673	493 877	920 499	755 437
6 768 295	3 819 965	6 328 894	14 954 301	10 733 093
Час виконання транзакції, мкс				
8362	7226	8230	7954	8911
Кількість тактів в транзакції, 1/с				
3 999 391	2 531 928	6 071 863	7 826 788	7 900 204
12 700 600	8 811 109	20 048 451	36 031 702	30 896 885
10 298 987	5 152 149	11 853 051	22 091 985	18 130 489
6 768 295	3 819 965	6 328 894	14 954 301	10 733 093
Загальна кількість тактів				
33 767 272	20 315 150	44 302 259	80 904 775	67 660 670

Формула розрахунку ймовірності безвідмовної роботи в програмі Excel набуває вигляду:

$$=EXP(-G\$17*\$C14*G\$10*0{,}000001), \quad \textbf{(4.1)}$$

Де G$17 – це загальна кількість тактів, $C14 – інтенсивність відмов при виконанні одного такту транзакції, G$10 – середній час виконання транзакції.

Отримані результати наявні в таблиці 4.5 фрагментарно. Повні розрахункові таблиці представлені в додатку В. Графічне відображення розрахованих значень можливо побачити на рис. 4.3.

Таблиця 4.5 – Ймовірність безвідмовної роботи в залежності від температури

	Ймовірність безвідмовної роботи за час виконання транзакції				
Температура	P1	P2	P3	P4	P5
20	0,999577	0,999780	0,999453	0,999035	0,999096
25	0,999520	0,999750	0,999380	0,998907	0,998976
30	0,999464	0,999721	0,999307	0,998778	0,998855
…	…	…	…	…	…
70	0,997885	0,998900	0,997269	0,995185	0,995488
75	0,997547	0,998724	0,996833	0,994417	0,994768
80	0,997181	0,998533	0,996360	0,993585	0,993989

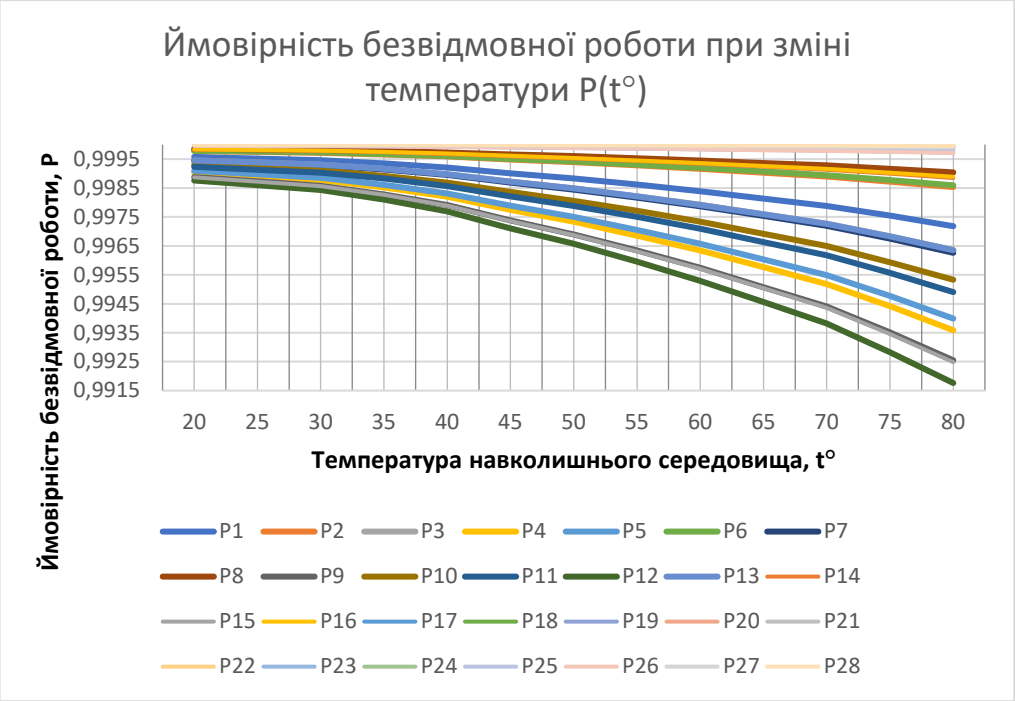

Рисунок 4.3 – Ймовірність безвідмовної роботи при зміні температури

Базуючись на результатах дослідження (в графічному та табличному вигляді), легко зробити висновок, що при підвищені температури інтенсивність відмов ІМС експоненційно збільшується та ймовірність безвідмовної роботи транзакції в тій же мірі стрімко зменшується.

4.2.2 Надійність ПЗ в залежності від часу роботи

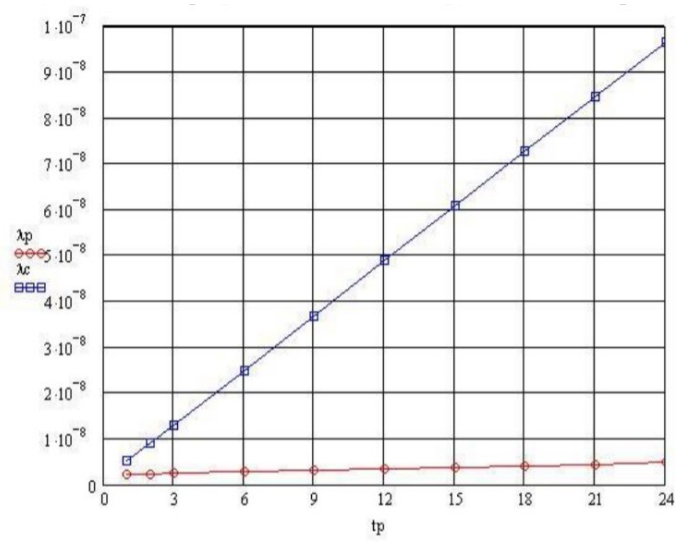

Рисунок 4.4 – Графік поведінки функції інтенсивності відмов при зміні циклічності роботи (від 1 години до цілодобової роботи)

Для дослідження ймовірності безвідмовної роботи припустимо, що інтенсивність відмов ІМС незмінна, тобто λ = const. Дане припущення базується на результатах роботи «Порівняльний аналіз методик розрахунку інтенсивності відмов ІМС іноземного виробництва, працюючих у циклічному режимі» авторів Полесский С.Н, Карапузов М.А. (див. рис.4.4. λ_p – червона лінія графіку).

Формула розрахунку ймовірності безвідмовної роботи в програмі Excel набуває вигляду:

=EXP(-G$17*$C$14*$F69*3600*0,000001), **(4.2)**

Де G$17 – це загальна кількість тактів, $C14 – інтенсивність відмов при виконанні одного такту транзакції, G$10 – середній час виконання транзакції.

Результати розрахунків для 5 транзакцій представлено в таблиці 4.6. Повні розрахункові таблиці представлені в додатку Г. Графічне представлення результатів представлено на рис. 4.5.

Таблиця 4.6 – Ймовірність безвідмовної роботи в залежності від часу

Час роботи, год	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,999817673	0,999890	0,999761	0,999563	0,999635
3	0,999453120	0,999671	0,999283	0,998690	0,998904
5	0,999088699	0,999452	0,998805	0,997818	0,998175
7	0,998724411	0,999232	0,998327	0,996946	0,997446
9	0,998360256	0,999013	0,997849	0,996076	0,996717
11	0,997996234	0,998794	0,997372	0,995206	0,995989
13	0,997632345	0,998575	0,996895	0,994337	0,995261
15	0,997268588	0,998356	0,996418	0,993468	0,994534
17	0,996904964	0,998137	0,995941	0,992600	0,993808
19	0,996541472	0,997918	0,995465	0,991734	0,993082
21	0,996178113	0,997699	0,994989	0,990867	0,992357
23	0,995814887	0,997480	0,994513	0,990002	0,991632
25	0,995451793	0,997261	0,994037	0,989137	0,990907

З графіку видно, що при збільшені часу роботи системи, її надійність зменшується лінійно.

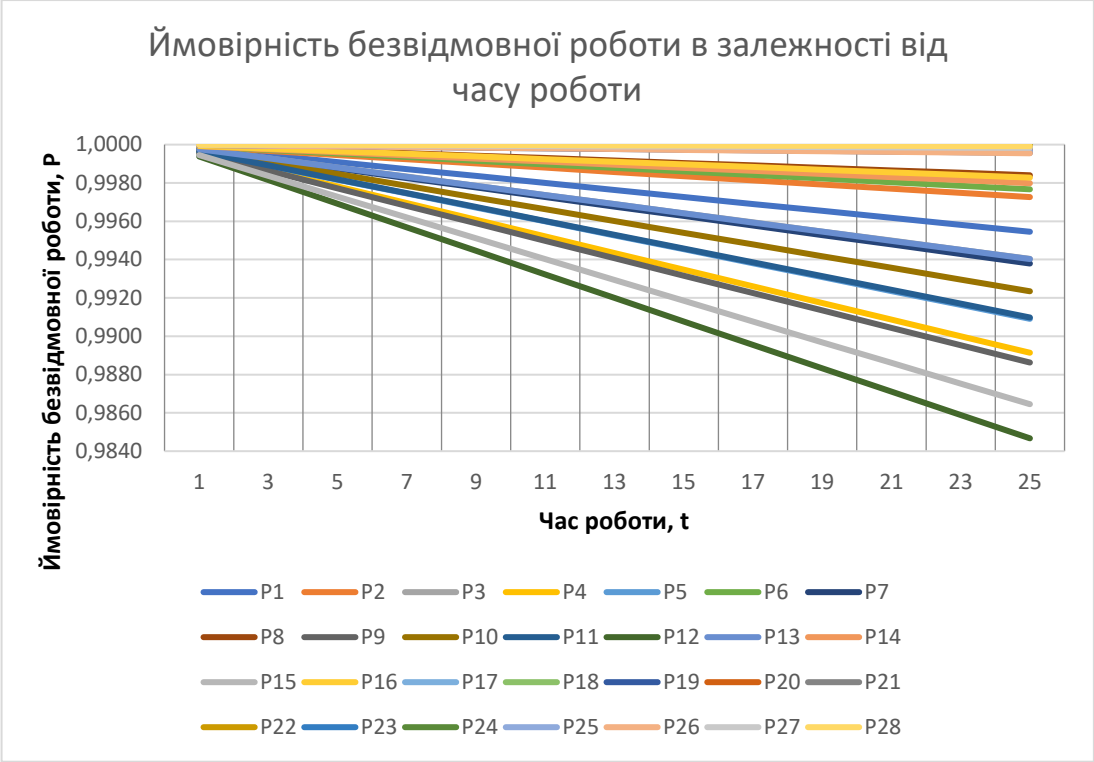

Рисунок 4.5 – Ймовірність безвідмовної роботи в залежності від часу роботи

4.2.3 Надійність ПЗ в залежності від типу мікропроцесора

Дослідження залежності ймовірності безвідмовної роботи транзакцій за час їхньої роботи проводилося для трьох видів мікропроцесорів. Характеристики процесорів перелічені в таблиці 4.7. Кожен процесор характеризується частотою та кількістю тактів необхідною для виконання операцій додавання, множення, ділення та пересилки.

Таблиця 4.7 - Характеристики процесорів

	МП1	**МП2**	**МП3**
Команди	**Кількість тактів**		
Додавання	1	1	1
Множення	13	10	10
Ділення	24	20	20
Пересилки	1	1	1
Частота процесора	400	1400	2400

Час виконання транзакцій для кожного процесора розраховувався за допомогою програми Кармазіна [ ]. Результати цього розрахунку для 5 транзакцій наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Час виконання транзакцій для різних МП

	ф-транзакції				
	1	2	3	4	5
	Час виконання транзакції, мкс				
МП1	8362	7226	8230	7954	8911
МП2	2056	1771	2001	1936	2162
МП3	1199	1033	1167	1129	1261

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи здійснювався за формулою (4.1). Повні розрахункові таблиці представлені в додатку Д.

Графічне відображення залежності надійності виконання транзакції при різних мікропроцесорах наведено на рис. 4.6

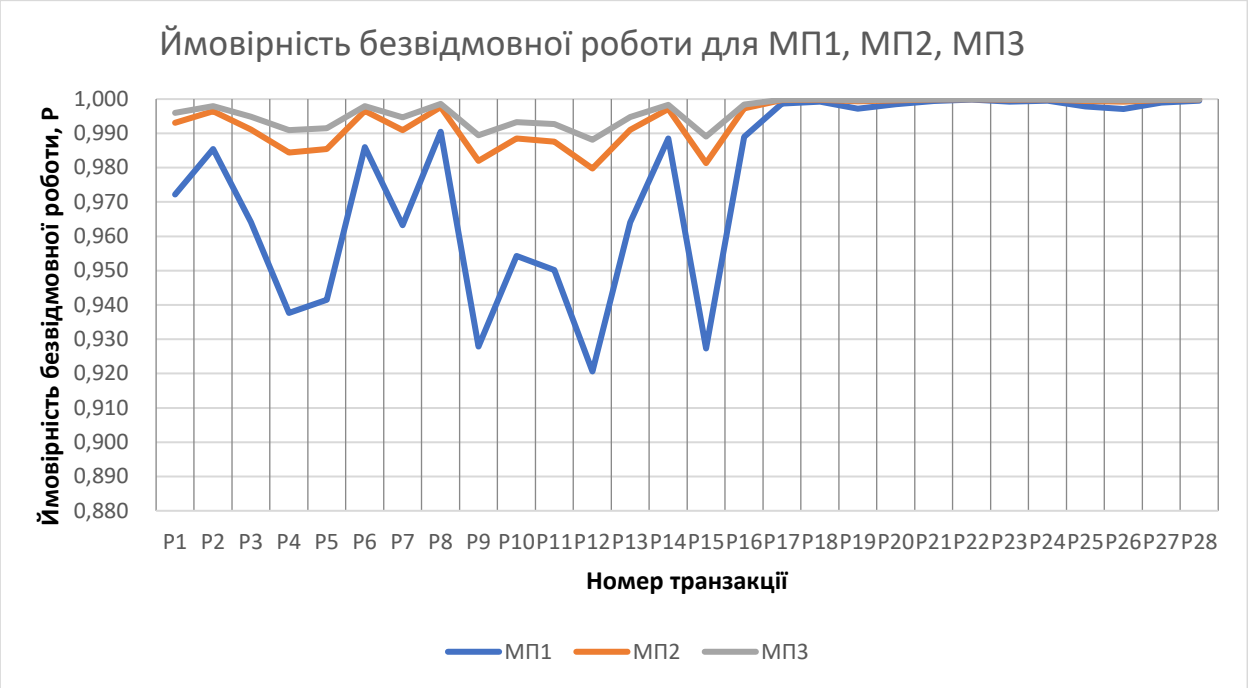

Рисунок 4.6 – Імовірність безвідмовної роботи в залежності від типу мікропроцесора

З малюнку видно, що вибір більш швидкодіючого процесору може значно покращити надійність розрахунку транзакції. Також з графіку помітно, що надійність виконання різних транзакцій може суттєво відрізнятися, але при

збільшені ймовірності безвідмовної роботи, завдяки вибору більш швидкого мікропроцесору, ця різниця згладжується.

4.3 Висновки за розділом

В цьому розділі описано результати проведених розрахункових досліджень впливу зміни різних параметрів системи на надійність функціонування її програмного забезпечення. Зокрема досліджувалась ймовірності безвідмовної роботи транзакції в залежності від температури навколишнього середовища, часу роботи системи та вибору мікропроцесору.

Всі розрахунки проводилися для одного з варіантів курсового завдання для студентів третього курсу спеціальності «комп’ютерна інженерія» на розробку автоматизованої системи управління технологічним процесом.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки при виконанні робіт на робочому місці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (ст. 1 Закону України “Про охорону праці”) [14].

Стіни приміщень для роботи з макетом мають бути пофарбовані чи обклеєні шпалерами спокійних кольорів з коефіцієнтом відбиття 40 - 60 %. Вікна повинні обладнуватися сонцезахисними пристроями (жалюзі, штори та інше).

Металеві не струмоведучі частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і їхніми струмоведучими частинами можуть опинитися під напругою. У таких аварійних умовах дотик до не струмоведучих частин установок, рівнозначний дотику до струмоведучих частин.

Мінімальні вимоги безпеки під час роботи з екранними пристроями:

1. Щодня перед початком роботи необхідно очищати екранні пристрої від пилу та інших забруднень.

2. Після закінчення роботи екранні пристрої слід відключати від електричної мережі.

3. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити екранний пристрій від електричної мережі.

4. Не допускається:

- виконувати технічне обслуговування, ремонт і налагодження екранних пристроїв безпосередньо на робочому місці працівника під час роботи з екранними пристроями;

- відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі екранних пристроїв або їх технічне налагодження;
- працювати з екранними пристроями, у яких під час роботи виникають нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані та інші несправності. [15].

5.2 Шкідливі виробничі фактори на робочому місці

Небезпечний виробничий чинник – це чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до травми або погіршення його здоров'я.

Шкідливий виробничий чинник – це чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до захворювання або зниження працездатності. У залежності від рівня і тривалості впливу шкідливі фактори можуть класифікуватися і як небезпечні [16].

Шкідливі чинники підрозділяються на чотири основні групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

Для студентів лабораторії можна виділити такі небезпечні та шкідливі фактори як фізичні та психофізіологічні.

При роботі з макетом може проявитися ряд шкідливих факторів, до числа яких належать:

- понижена або підвищена вологість, температура і рухливість повітря робочої зони;
- підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- відбита або пряма блискучість;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини;

- нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження зорових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження);
- фізичні перевантаження статичної та динамічної дії.

Дуже часто у операторів спостерігається розлад м'язової системи. Це пов'язано з мускульними напругами від одних і тих же обмежених рухів при збереженні загальної статичності тіла. Незручність пози через зневагу ергономічним вимогам при устаткуванні робочого місця і монотонність роботи служать причиною великої вірогідності виникнення болю в спині і необхідність подальшого ортопедичного лікування.

Всі типи професійного ризику під час роботи з технікою, налагоджуються на стресові ситуації, нерідко заподіюють нервові, психічні і серцево-судинні захворювання.

На підставі приведеного можна зробити висновок, що серед операторів можливий розвиток таких захворювань як хронічні неврози і психічні захворювання, гіпертонія, безсоння, розлади серцево-судинної системи та інші. От чому для цієї категорії працівників дуже актуальної є проблема значного поліпшення умов праці, а також планування оздоровчих заходів.

5.2.1 Мікроклімат та повітряне середовище робочої зони

Істотне значення для комфортної роботи з макетом мають параметри мікроклімату, де працює людина.

Параметри можуть змінюватися в широких межах, у той час як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка постійної температури тіла завдяки терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище. Принцип нормування мікроклімату - створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем.

Обчислювальна техніка є джерелом суттєвих тепловиділень, що може привести до підвищення температури і зниження відносної вологості в

приміщенні. У приміщеннях, де встановлене технічне обладнання, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах ДСН 3.3.6-042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [17] встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення.

Площу та об'єм для одного робочого місця оператора визначають згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами ЕОМ» [18]. Площа має бути не менше 6,0 кв.м, об'єм - не менше 20,0 куб.м.

У процесі роботи, пил постійно знаходиться в повітрі, осідає на пульті-табло, залізничній колії через електростатичні поля макета. У приміщенні, де передбачається експлуатація комплексу програмних засобів, знаходиться побутовий пил. Електризований пил викликає подразнення шкіри та слизової оболонки очей і носа. При тривалій роботі в обстановці підвищеної запиленості підвищується небезпека виникнення запальних процесів у людини. Необхідний стан робочої зони досягається виконанням наступних заходів:

- кондиціювання повітря;

- застосування вентиляції;

- проведення вологого прибирання у всіх приміщеннях, і особливо в тих, де експлуатується обчислювальна техніка.

Для захисту повітря робочої зони і атмосфери від підвищеної запиленості застосовується система вентиляції.

5.2.2 Виробниче освітлення та шум

Приміщення з технічним обладнанням повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [19]. Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послаблює увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно МСКраве

освітлення викликає засліплення, подразнення і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, тому так важливий правильний розрахунок освітленості.

Існує три види освітлення - природне, штучне і поєднане. Розглянемо докладніше цю класифікацію.

Природне освітлення - освітлення приміщень денним світлом, що потрапляє через світлові прорізи в зовнішніх огороджувальних конструкціях приміщень. Природне освітлення характеризується тим, що міняється в широких межах залежно від часу дня, пори року, характеру галузі і ряду інших чинників.

Штучне освітлення застосовується при роботі в темний час доби і вдень, коли не вдається забезпечити допустимі значення коефіцієнта природного освітлення (похмура погода, короткий світловий день).

Сумісним називається освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне. Робоче освітлення, у свою чергу, може бути загальним або комбінованим. Загальне - освітлення, при якому світильники розташовуються у верхній зоні приміщення рівномірно або стосовно розташуванню обладнання. Комбіноване - освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве.

Шум погіршує умови праці, здійснюючи шкоду на організм людини. Працівники в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, біль у вухах та інше. Такі порушення в роботі органів і систем організму можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини, аж до стресових. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється втома у зв'язку з підвищеними

енергетичними витратами і нервово-психічним напруженням, погіршується мовлення (ДСТУ 2867-94. «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги») [20].

Все це знижує працездатність людини і її продуктивність, якість і безпеку праці. Тривалий вплив інтенсивного шуму (вище 80 дБ) на слух людини приводить до його часткової або повної втрати.

Рівень шуму на робочому місці операторів не повинен перевищувати 50 дБ. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами (ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку») [21].

5.2.3 Електрична та пожежна безпека

Приміщення для роботи з технічним обладнанням відносять до категорії приміщень з підвищеною небезпекою, оскільки є можливість ураження електричним струмом. Джерелами електронебезпеки є макет залізниці, пульт-табло і прилади в разі виникнення несправності (наприклад, при порушенні захисного заземлення, ізоляції проводів, включення в мережу і виключення з мережі вилок електроживлення).

У приміщенні з технічним обладнанням на видному і доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, що може цілком відключити електричне живлення приміщення, за винятком освітлення.

Мікропроцесорна система повинна відповідати вимогам чинних в Україні стандартів, нормативних актів охорони праці. Мікропроцесорні системи закордонного виробництва додатково повинні відповідати вимогам національних стандартів держав-виробників і мати відповідне позначення на корпусі, в паспорті або іншій експлуатаційній документації.

За способом захисту людей від ураження електричним струмом система повинна відповідати I класу захисту відповідно до ДСТУ 2267-93 «Вироби електротехнічні. Терміни та визначення» [22].

Також повинні застосовуватися такі основні технічні засоби захисту від ураження електричним струмом, як:

- електрична ізоляція струмоведучих частин;

- захисне заземлення;

- захисне відключення.

Приміщення повинно відповідати нормативам з вогнестійкості будівельних конструкцій, плануванні будівель та оснащеністю пристроями протипожежного захисту відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [23].

Згідно з пожежної безпеки об’єктів будівництва, будівлі та приміщення, де розміщені робочі місця операторів, мають бути не нижче II ступеня вогнестійкості (ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги») [24].

Розрахунок освітленості робочого місця:

Вихідні параметри: довжина і ширина кабінету складають: а = 5 м і б = 4 м, відповідно, висота стелі - h = 3 м. Розрахунок проводиться під типовий растровий світильник з 4-ю лінійними люмінесцентними лампами (Кл), потужністю 18 Вт кожна (1 лампа дає світловий потік (СПл), рівний 900 лк).

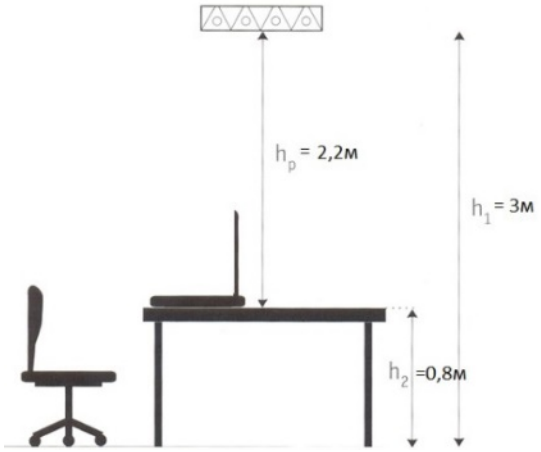

Рисунок 5.1 Робоче місце

Розрахунок відбиваності всіх поверхонь. Так як всі поверхні покриті білою фарбою, підлога - сіра, а значить, індекси відображення складають: для стелі - 80, для стін - 80, для підлоги - 30.

Оскільки посада програміста передбачає тривалі монотонні операції - зі високим рівнем зорової роботи (розрізнення об'єктів, розміром від 3 до 5 мм), то візьмемо за норму - освітленість його робочого місця (Е) в 500 люксів.

Коефіцієнт запиленості (поправка на запиленість) для нашого прикладу дорівнює 1,2 (Кз).

Визначаємо індекс приміщення (Іп), розрахунок:

$$Іп = S/((h1-h2)*(а+б)) \quad \textbf{(5.1)}$$

$$Іп = (5*4) / ((3-0,8) * (5+4)) = 1,01 \quad \textbf{(5.2)}$$

Тепер, скориставшись таблицею, можна визначити коефіцієнт використання (U) - в моєму випадку він складе 65.

Виконаємо, розрахунок кількості світильників (КСв.) Для даного приміщення:

$$Ксв. = (Е * S * 100 * Кз) / (U * Кл * СПл) \quad \textbf{(5.3)}$$

$$(500 * 20 * 100 * 1,2) / (65 * 4 * 900) = 5 \quad \textbf{(5.4)}$$

В моєму випадку кількість світильників є недостатньою, так я на моєму робочому місці їх встановлено лише 4.

5.3 Дій працівників в надзвичайних ситуаціях

1. При виявлені небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, радіаційна безпека, неполадки в електрогосподарстві тощо) для власного життя та життя співробітників заспокоїти і заспокоїти оточуючих.
2. Не усувати самому несправностей електромережі та електрообладнання, а вимкнути загальне електропостачання.
3. При виявленні пожежі зобов’язаний негайно викликати пожежну частину.

Порядок дій працівників у разі пожежі:

У разі виникнення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це телефоном аварійно-рятувальну службу (тел. 101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;
- вжити (по можливості) заходів по евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;
- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового об'єкту;
- у разі необхідності викликати інші аварійні служби (медичну, газорятувальну тощо).

Посадова особа об'єкта, що першою прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана аварійно-рятувальна служба (продублювати повідомлення), довести подію до відома керівника установи;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- здійснити у разі необхідності відключення електроенергії, агрегатів, апаратів, водяних комунікацій (за винятком систем протипожежного захисту);
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі.
- Вжити заходів згідно з планом евакуації на випадок пожежі, виробничих та природних явищ та вивести працівників у безпечне місце. Організувати роботу ДПД щодо збереження майна та цінних паперів.
- При появі сторонньої особи, яка застосовує протиправні дії щодо безпеки життєдіяльності оточуючих, викликати міліцію.

- У випадку травмування працівників або клієнтів під час роботи підприємства необхідно викликати швидку допомогу або за потреби надати першу долікарську допомогу, за необхідності створити комісію по розслідування нещасного випадку, видати акт встановленого зразка, наказ про підсумки розслідування, повідомлення про наслідки нещасного випадку.
- Дії при наданні першої долікарської допомоги. Надання першої медичної допомоги починати з оцінки загального стану потерпілого і на підставі цього скласти думку про характер пошкодження. У разі різкого порушення або відсутності дихання, зупинки серця негайно зробити штучне дихання та зовнішній масаж серця, викликати швидку медичну допомогу.

Дії при ураженні електричним струмом:

Під час ураження електричним струмом в першу чергу необхідно знеструмити обладнання або провід, які стали причиною ураження людини струмом. Підходять для цього всі способи: вимкнути рубильник, вивернути або вимкнути пробки на електричному щитку, припинити подачу живлення роз'єднанням найближчого штепсельного роз'єму. У разі неможливості припинення подачі електричного струму штатними засобами, необхідно перерубати окремо кабелі живлення, використовуючи будь-які ріжучі предмети з ізольованими рукоятками.

5.4 Висновки за розділом

В даному розділі було розглянуто вимоги щодо робочого місця, для використання навчального макету. Проаналізовано вимоги щодо: виробничого освітлення на робочому місці, шуму та вібрації, мікроклімату, електробезпеки. А також розглянуто вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проводилось дослідження моделей та методів оцінювання показників надійності програмного забезпечення комп'ютерних систем, що працюють в режимі реального масштабу часу.

1) Виконано аналіз методів оцінки програмного забезпечення на ранніх стадіях проектування систем та розглянуто основні показники надійності систем, зокрема математичні моделі розрахунку надійності невідновлювальних систем з резервуванням та без резервування;

2) Дано опис схеми життєвого циклу комп'ютерної системи та запропонований набір математичних моделей для опису роботи СТС, її програмного забезпечення в умовах обмежень реального часу;

3) Запропоновано прості методи розрахунку ймовірності безвідмовної роботи транзакцій, розглянуто можливість дублювання розрахунку транзакцій при умові, що при цьому сумарний час виконання розрахунків не перевищує часового обмеження відведеного для транзакції;

4) Проведено дослідження залежності ймовірності безвідмовної роботи від температури, часу роботи системи та від обраного типу мікропроцесору з використанням запропонованої методики.

5) Розглянуто вимоги щодо робочого місця, для використання навчального макету. Проаналізовано вимоги щодо: виробничого освітлення на робочому місці, шуму та вібрації, мікроклімату, електробезпеки. А також розглянуто вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Варто зазначити, що розглянутий метод не бере до уваги можливі логічні та програмні помилки. Надійність систем розраховується враховуючи тільки тимчасові апаратні збої, що трапляються в інтегральних мікросхемах. В подальшому пропонується розширити перспективу використання методу на ранніх стадіях розробки комп'ютерних систем шляхом врахування більшого спектру параметрів системи, включаючи потенційні помилки в програмному забезпечені, та комбінуючи запропоновану модель розрахунку з іншими існуючими методами

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Косолапов А.А. Зміна парадигми комп'ютеризації [Текст] / А.А. Косолапов //Сб. научных трудов SWorld. Физика и математика. Информатика и кибернетика. - Одесса : КУПРИЕНКО С.В. ЦИТ 214-487. 2014. Т. 29. № 2. - С. 45-47.

2. Косолапов А. А., Жуковицький І. В. Концептуальне проектування комп'ютерних систем реального часу (моделі, методи та алгоритми) Дніпро. ДНУЗТ. 2018. 274 с.

3. И. М. Гельфанд, М. Л. Цетлин, О некоторых способах управления сложными системами, УМН, 1962, том 17, выпуск 1(103), 3–25.

4. Grabot, B., Mayère, A. and Bazet, I.: ERP systems and organisational change : a socio-technical insight. (Springer series in advanced manufacturing), Spring-er-Verlag London Limited, (2008) DOI 10.1007/978-1-84800-183-1

5. Kosolapov, A.: Models and Method for Estimate the Information-Time Characteristics of Real-Time Control System. International Conference on Information Systems Architecture and Technology ISAT 2019: Information Systems Architecture and Technology: Proceedings of 40th Anniversary Internation-al Conference on Information Systems Architecture and Technology – ISAT 2019, pp. 58-67 (2019)

6. Kumar, P.A., Kumar, G.N.: Early Software Reliability Prediction: A Fuzzy Logic Approach, Springer New Delhi Heidelberg, India (2013)

7. Verma, A., Ghaartan, A., Gayen, T.: Review of Software Fault-Tolerance Methods for Reliability Enhancement of Real-Time Software Systems. Interna-tional Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). Vol. 6, No. 3, pp. 1031 – 1037 (2016). DOI: 10.11591/ijece.v6i3.9041

8. Ali1, A., Jawawi, D.N.A., Isa, M.A., Babar, M.I. Technique for Early Reliabil-ity Prediction of Software Components Using Behaviour Models. PLOS ONE, journal.pone.0163346 September 26, pp. 1-24 (2016)

9. Hu, Q.P., Dai, Y.S., Xie, M., Ng, S.H.: Early Software Reliability Prediction with Extended ANN Model. Proceedings of the 30th Annual International

Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'06) 0-7695-2655-1/06 (2006)

10. Kumar, L.S., Kumar, A.T., Vinod, G. Software Reliability Early Prediction in Architectural Design Phase: Overview and Limitations. Journal of Software Engineering and Applications,Vol. 4, pp. 181-186 (2011)

11. Косолапов, А. А. Методика оценки надежности нечетких систем с использованием различных видов размытых множеств. Наука та прогрес транспорту. 2013. № 2(44). С. 17–27

12. Иыуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем. М: Высшая школа, 1989-216 с.

13. Горелик А.В., Ермакова О.П. Основы теории надежности в примерах и задачах. — М.: МИИТ, 2009. — 98 с.

14. Про охорону праці [Текст]: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII

15. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями

16. ДСТУ 2293:2014. «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»: Наказ Мінекономрозвитку України від 02.12.2014 р. № 1429

17. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42

18. ДСанПІН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин [Текст]: Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 10 грудня 1998 р. № 7

19. ДБН В.2.5-28:2018 Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінрегіон України, 2018

20. ДСТУ 2867-94. «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги»

21. ДСН 3.3.6.037-99. «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»

22. ДСТУ 2267-93 «Вироби електротехнічні. Терміни та визначення»

23. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [Текст]: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 № 158

24. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [Текст]: Наказ Мінрегіону України від 31.10.2016 № 287

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А – Тези студентської конференції

Оцінка надійності програмного забезпечення комп'ютерних систем реального часу на ранніх стадіях проектування

Сокур М. М., Косолапов А. Український державний університет науки і технологій, Україна

Комп'ютерні системи, що функціонують в режимі реального часу (КС РЧ), потребують набагато більшої надійності ніж звичайні обчислювальні системи. На це є дві причини. По-перше, сигнали та повідомлення, що надходять до системи, обробляються без жодного втручання людини, так само як і формуються керуючі сигнали чи повідомлення, що надходять до технологічних об'єктів та диспетчерських пунктів. Тож, якщо протягом цього циклу з'явиться помилка, вона може бути визначена тільки після того, як стане очевидна оператору термінала. Друга причина випливає з самої природи КС РЧ – припинення функціонування веде до великих виробничих втрат та неприємностей.

Виходячи з цих причин у проектуванні КС РЧ важливим етапом є етап концептуального (раннього) проектування, коли формуються основні апаратно-програмні рішення комп'ютерної системи. Складність проектно-дослідницьких робіт цього етапу полягає в недостовірності початкових даних для прийняття рішень. Для вирішення проблеми ранньої оцінки надійності програмного забезпечення (ПЗ) використовуються нейронні мережі, нечітка логіка та поведінкові моделі. Але ці підходи важко застосувати на ранніх стадіях проектування, особливо для систем реального часу. Тому в роботі пропонуються прості методи розрахунку надійності ПЗ в умовах обмежень реального часу.

Припускаємо, що КС виконує набір φ-транзакцій при отримані ініціативних сигналів від датчиків і завершує роботу видачою керуючих дій на технологічні об'єкти та видачою повідомлень для оперативного персоналу. Кожна φ-транзакція складається з функціонально-програмних блоків (ФПБ), які в свою чергу характеризуються кількістю команд певного типу (пересилки, додавання, множення, ділення і тд.). φ-транзакція має ліміт часу для її виконання (дедлайн) та починається з деякою інтенсивністю. Відомо, що найбільша загроза для КС РЧ, які побудовані на великих інтегральних схемах і мікропроцесорах, це їх чутливість до зовнішніх електор-магнітних полів і змін температур. Тому, як відомо, інтенсивність збоїв на порядок вище інтенсивності відмов. Основою для розрахунків є частота відмов найкоротшої команди mov, що виконується за один так та дорівнює частоті відмов однієї мікросхеми. На базі цього значення розраховуються інтенсивності відмов ланцюга ФПБ для кожного варіанту його завершення.

Надійність прикладного ПЗ буде оцінюватися ймовірністю беззбійного виконання кожної φ-транзакції за час її виконання. Для цього будуть використовуватися математичні моделі розрахунку ймовірності безвідмовної роботи для невідновлювальних систем при експоненційному розподілі інтервалів часу між збоями. Оскільки цей показник розраховується протягом «життя» транзакції, він відповідає коефіцієнту готовності системи (ймовірності того, що об'єкт буде в робочому стані в довільний момент часу). Для забезпечення більшої надійності можливо передбачити дублювання виконання φ-транзакції. Але це можливо тільки за умови, коли час виконання φ-транзакції принаймні вдвічі менший за ліміт часу відведений для її виконання. При цьому також можливо розрахувати ймовірність безвідмовного функціонування ПЗ за формулою для невідновлювальних систем з резервуванням.

Таким чином є можливість розрахувати надійність КС РЧ на ранніх стадіях їх проектування, коли з початкових даних відомо тільки інтенсивність відмов мікросхем та основні характеристики системи, такі як кількість та інтенсивність вхідних сигналів, структура виконуваних φ-транзакцій. Варто зазначити, що в даному підході не враховується фактор можливих програмних та логічних помилок, припускається що збій трапляється через відмову в електронній мікросхемі в один із тактів при ви-конанні φ-транзакції.

ДОДАТОК Б – Таблиці з початковими даними

ДОДАТОК В – Таблиця розрахунку ВБР при зміні температур

ДОДАТОК Г – Таблиця розрахунку ВБР за різні проміжки часу

ДОДАТОК Д – Таблиця розрахунку ВБР при різних МП