

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання самостійної роботи
з дисципліни
“Людино-машинна взаємодія”
для студентів
спеціальності 6.05010301
“Програмне забезпечення систем”
усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни “Людино-машинна взаємодія” для студентів спеціальності 6.05010301 “Програмне забезпечення систем” усіх форм навчання /Укл.: С.М. Сердюк, Ж.К. Камінська. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 38с.

Укладачі: С. М. Сердюк, доцент, к.т.н.,
Ж.К. Камінська, асистент

Рецензент: С.К. Корнієнко, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: С.М. Сердюк, доцент, к.т.н.,

Затверджено
на засіданні кафедри
“Програмних засобів”

Протокол № _____
від _____ 2017

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Загальні відомості про дисципліну	8
2 Теоретичні питання з дисципліни	9
3 Перелік лабораторних робіт	11
4 Розрахунково-графічне завдання	12
5 Приклад формалізації СЛТС	32
ЛІТЕРАТУРА	37

ВСТУП

Самостійна робота студентів – це спланована пізнавальна, організаційно і методично направлена на досягнення результату діяльність студента, яка здійснюється без прямої допомоги викладача. Вона є основним способом оволодіння студентами навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових аудиторних занять [1].

Мета виконання самостійної роботи – поглиблення, узагальнення і закріплення теоретичних знань і практичних умінь студентів з дисципліни, що вивчається, шляхом вироблення вміння самостійної роботи з навчальною і фаховою науково-технічною літературою.

Завдання самостійної роботи студентів:

- розвиток творчих здібностей та активізація розумової діяльності студентів;
- формування у студентів потреби безперервного самостійного поповнення знань;
- розвиток морально-вольових зусиль студентів;
- самостійна робота студентів як результат їх морально-вольових зусиль;
- навчити студентів самостійно працювати з літературою;
- навчити студентів творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його;
- сформуванати навички щоденної самостійної роботи з метою одержання та узагальнення знань, умінь і навичок.

Форми самостійної роботи студентів:

- підготовка до лекцій і лабораторних занять;
- опрацювання теоретичних основ прослуханого лекційного матеріалу;
- вивчення окремих тем або питань, що передбачені для самостійного опрацювання;
- опрацювання навчальної та методичної літератури;
- опрацювання наукової літератури та періодичних видань;
- виконання розрахунково-графічного завдання,
- написання рефератів,
- контрольної роботи – для студентів заочної форми навчання.

Зміст самостійної роботи студентів з дисципліни визначається навчальною програмою дисципліни та робочою навчальною програмою вивчення дисципліни. На самостійну роботу виноситься: частина теоретичного матеріалу, менш складного за змістом, окремі практичні завдання та роботи, що не потребують безпосереднього керівництва викладача.

Складовими самостійної роботи студента є обов'язкова та вибіркова частини. Обов'язкова складова передбачає опанування програмного матеріалу дисципліни. Вибіркова складова передбачає виконання завдань, які студент вибирає з метою підвищення свого професійного рівня, особистого рейтингу. Як правило, до таких завдань відноситься робота науково-дослідницького і творчого характеру.

Навчально-методичні засоби самостійної роботи студентів:

- основна література (підручник, конспект лекцій, навчальні та методичні посібники);
- додаткова література (наукова, фахова, періодична);
- методичні матеріали.

Місцями виконання самостійної роботи з дисципліни є бібліотека, навчальні кабінети, комп'ютерні класи та лабораторії університету, а також домівка студента.

При використанні студентами складного обладнання чи устаткування, складних систем доступу до інформації передбачаються можливості отримання необхідної консультації або допомоги з боку викладача.

Вимоги до самостійної роботи студента:

– робота має бути виконана особисто студентом або групою студентів, де кожен її член самостійно виконує свою частку колективної роботи;

– робота повинна являти собою закінчену розробку (чи її етап), де розкриваються й аналізуються актуальні проблеми з певної теми або її окремих аспектів;

– робота має демонструвати достатню компетентність автора (авторів) у розкритті питань, що досліджуються;

– робота повинна мати навчальну, наукову й (або) практичну спрямованість і значимість, містити певні елементи новизни (при виконанні науководослідної роботи).

Оформлення звітів зі самостійної роботи студентів здійснюється відповідно до вимог, розроблених кафедрою, та інших нормативних документів, що стосуються виконання та оформлення наукових, навчально-методичних та інших робіт.

Керівництво самостійною роботою студентів – це індивідуально-консультативна робота – це форма організації навчальної роботи викладача зі студентами, яка здійснюється шляхом створення необхідних умов для виявлення і розвитку індивідуальних здібностей студента на основі особистіснодіяльнісного підходу. Вона проводиться з метою посилення мотивації студентів до пізнавальної діяльності і спрямування її в необхідному напрямку.

Індивідуально-консультативна робота, як правило, проводиться у вигляді консультацій, інколи – індивідуальних занять у формі: діалогу з різних навчальних проблем; перевірки виконання завдань; виконання індивідуальних завдань (курскових та дипломних проєктів (робіт), розрахункових, творчих робіт тощо); евристичної бесіди; наукової роботи та ін.

Консультація – одна з форм організації навчального процесу, що проводиться з метою отримання студентом відповіді на окремі теоретичні чи практичні питання, пояснення певних теоретичних положень та їх практичного застосування. При цьому виділяють такі види консультацій: тематичні – проводяться за певними темами дисципліни або найбільш складними питаннями програмного матеріалу; цільові – використовуються перед проведенням модульної контрольної роботи або іншого виду поточного чи підсумкового контролю; активні – консультації з використанням активних методів навчання (наприклад, у формі прес-конференції); з самостійної роботи – проводяться при підведенні підсумків самостійної роботи.

Формами контролю студентів за якістю оволодіння навчальним матеріалом є: самоконтроль за допомогою контрольних тестових завдань та контроль з боку викладача, який здійснюється за допомогою методів поточного і підсумкового контролю.

Методами поточного контролю є:

- усне опитування студентів на лабораторних заняттях;
- перевірка практичних завдань, виконаних студентами індивідуально;
- перевірка рефератів та організація їх презентацій;
- співбесіда.

Формами підсумкового контролю є:

- проведення контрольних робіт в аудиторії (за тематичними модулями);
- екзамен (залік) за передбаченими програмою курсу питаннями та практичними завданнями.

Облік успішності студентів з виконання самостійної роботи здійснюють викладачі у журналах обліку успішності.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Метою даної дисципліни є вивчення теоретичних та методологічних основ ергономічного проектування «людино-машинних інтерфейсів» (ЛМІ) для взаємодії з будь-якими об'єктами, у тому числі і віртуальними.

Внаслідок вивчення дисципліни студенти повинні:

- вивчити основні принципи проектування ЛМІ на базі системного підходу, включаючи етапи системного аналізу, ергономічного проектування та оцінки досягнутої ергономічної якості;

- придбати практичні навички та досвід проектування ЛМІ.

На основі вивчення дисципліни "Людино-машинна взаємодія" студенти повинні знати:

- ергономічні вимоги до кожного компоненту системи "людина-машина-середовище" (ЛМС): людини-оператора (обмеження, властиві організму людини, які повинні бути узгоджені з характеристиками технічних засобів і параметрами виробничого середовища), технічних засобів, робочих місць, виробничого середовища;

- прийоми розробки та оцінки інтерактивного програмного забезпечення, орієнтованого на людину;

- методи формалізації і моделювання операторської діяльності в ЛМС;

- засоби створення GUI і UI-середовища програмування;

- основні напрями ергономічної стандартизації в системі управління якістю продукції.

вміти:

- проводити системний аналіз ЛМС;

- оцінювати інтерфейси, використовуючи евристичне оцінювання і методи спостереження за користувачем;

- проводити прості формальні експерименти з оцінки ергономічних гіпотез;

- застосовувати орієнтоване на користувача проектування і принципи ергономіки при проектуванні широкого кола програмних інтерфейсів.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Психологічні принципи людино-машинної взаємодії

Передумови виникнення ергономіки та інженерної психології. Методологічні основи ергономіки та інженерної психології: основні поняття, об'єкт, предмет і задачі. Зв'язок цих дисциплін. Методологічні принципи та системний підхід в інженерній психології. Психофізіологічні властивості людини-оператора. Система переробки інформації людиною-оператором. Класифікація ЛМІ: командний, WIMP-, SILK- інтерфейси.

Література / 2, стор. 25-35, стор. 102-121, 123-162; 3, стор.11-33, 67-71 /.

2.2 Аналіз, проектування та прототипування людино-машинного інтерфейсу

Аналіз методологічних напрямків проектування інтерфейсу користувача. Інженерно-технічний підхід до проектування графічного інтерфейсу - методика алгоритмічного моделювання GOMS. Когнітивний підхід до проектування інтерфейсу користувача. Використання персонажів для проектування GUI інтерфейсів. Експертний підхід до проектування інтерфейсу користувача.

Аналіз методів оцінки діяльності користувача: узагальнений структурний метод, операційно-психологічний метод, структурно-алгоритмічний метод, логіко-комбінаторний метод. Прототипування інтерфейсу користувача: паперове прототипування, презентаційна версія прототипу, псевдореальна версія прототипу, реальна версія прототипу.

Література /4, стор. 25-33; 7, стор. 19-52; 5, стор.148-186/

2.3 Функціональні компоненти та властивості людино-машинного інтерфейсу

Структура ЛМІ. Функціональні компоненти. Процеси вводу-виводу. Процес діалогу. Методи мовного управління та мовного представлення інформації. Інформаційна архітектура та структура програмного продукту. Основи інформаційної архітектури: списки об'єктів, списки вимог, списки тематичних категорій, списки інструментів. Фізична структура: склад та зміст вікон, вибір та

компонування елементів керування, візуальні атрибути інформації, що відображається, система навігації, контекстна допомога, довідкова система. Іммерсивні середовища технічних систем: основні поняття. Іммерсивний інтерфейс у віртуальних середовищах. Системи іммерсивного інтерфейсу в професійних середовищах.

Література / 7, стор. 275-283; 3, стор. 111-121; 8, стор. 55-73/

2.4 Засоби розробки людино-машинного інтерфейсу

Етапи ергономічного проектування ЛМІ. Початок робіт над проектом. Постановка задач. Збір інформації про продукт, що розроблюється. Дослідження цільової аудиторії. Ціль та методи обробки та представлення даних. Методи якісних досліджень. Високорівневе та низькорівневе проектування. Особливості діяльності проектувальників GUI інтерфейсів. Порівняння інструментальних засобів візуального проектування інтерфейсу Borland C++ Builder і Microsoft Visual Studio. Розробка ЛМІ за допомогою SCADA-систем. Призначення, структура, основні функціональні можливості SCADA-систем. Візуальний дизайн: визначення поверхні, візуальне оформлення.

Література /4, стор. 33-49; 6, стор. 22-31, 46-58; 9, стор. 4-27/

2.5 Оцінювання якості людино-машинного інтерфейсу

Стандарт ISO 9126 - основа регламентування показників якості програмних засобів. Моделі якості програмних засобів: внутрішньої, зовнішньої та якості при використанні. Скорегована модель якості програмного продукту згідно стандарту ISO/IEC 25010.2-2008. Аналіз юзабіліті-метрик якості програмних засобів. Розробка юзабіліті-метрик на основі діяльного підходу. Юзабіліті-тестування: основні поняття. Повне та проміжне тестування. Проведення проміжного тестування: пошук респондентів, вибір сценаріїв тестування, проведення тестування, аналіз результатів.

Література /4, стор. 58-67; 10, стор. 3-14; 11, стор. 10-30/

3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

3.1 Лабораторна робота №1. Збір, аналіз і класифікація вхідної/вихідної інформації по заданому варіанту інтерфейсу об'єкту, що проектується

Мета роботи: Вивчити перший етап проектування інтерфейсів, в ході якого необхідно: зібрати, проаналізувати та класифікувати вхідну інформацію щодо об'єкта що проектується.

3.2 Лабораторна робота № 2. Етапи проектування і створення користувальницького інтерфейсу. Розробка структури, форм і макета екрану інтерфейсу

Мета роботи: Ознайомитися з основними етапами проектування і створення користувальницького інтерфейсу. Розробити структуру, форму і макет екрану інтерфейсу.

3.3 Лабораторна робота № 3. Етапи проектування користувальницького інтерфейсу. Вибір елементів керування. Текст і числа.

Мета роботи: Освоїти третій етап проектування користувальницького інтерфейсу, в ході якого необхідно вивчити основи дизайну форм і елементи керування.

3.4 Лабораторна робота № 4. Етапи проектування і створення користувальницького інтерфейсу. Інформаційна графіка. Використання миші та клавіатури. Дизайнерська доробка інтерфейсу.

Мета роботи: Освоїти четвертий етап проектування користувальницького інтерфейсу, у ході якого необхідно вивчити інформаційну графіку, використання миші та клавіатури, а також доопрацювати дизайн інтерфейсу.

4 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ

4.1 Порядок виконання роботи

Перед початком виконання РГЗ необхідно ознайомитися з теоретичними основами узагальненого структурного методу (УСМ) формалізації систем "людина-техніка-середовище" (СЛТС) [5]. Робота над РГЗ складається з наступних етапів, що повинні завершуватись оформленням пояснювальної записки відповідно до вимог п.2.2.

Етап 1. Для обраної в першій лабораторній роботі СЛТС побудувати функціональну структуру (ФС) процесу функціонування (ПФ) і розрахувати такі показники якості його виконання як:

- імовірність безпомилкового виконання;
- математичне очікування часу виконання;
- дисперсія часу виконання.

Етап 2. Провести оцінку показників якості функціонування СЛТС. Зробити відповідні висновки.

Етап 3. Написання пояснювальної записки згідно до вимог п.2.2.

4.2 Вимоги до змісту та оформлення

Пояснювальна записка повинна бути оформлена відповідно з вимогами нормативно-технічної документації до текстових документів [14] та ЄСПД [15]. При цьому у пояснювальній записці обов'язковими є наступні складові частини:

- титульний лист;
- реферат;
- індивідуальне завдання;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць і термінів;
- вступ;
- розділ перший - "Формалізація процесів функціонування СЛТС. Огляд і аналіз стану у теоретичному і практичному аспектах";
- розділ другий "Функціональна структура процесу функціонування СЛТС";
- висновки;
- список використаних джерел;

- додаток А. Функціональна мережа ПФ

В розділі "Вступ" вказують коротку характеристику області "Формалізація процесів функціонування СЛТС " та приводять докази актуальності досліджень.

В першому розділі необхідно провести аналіз методів формалізації ПФ СЛТС, доказати переваги використання УСМ для кола проблем, які повинні бути вирішені в РГЗ.

Другий розділ повинен містити опис побудови із типових функціональних одиниць (ТФО) функціональної структури ПФ, обраної у першій лабораторній роботі СЛТС та розраховані показники якості функціонування СЛТС.

В розділі "Висновки" необхідно навести аналіз результатів розрахунків та пропозиції щодо вдосконалення (побудови) реальної системи, що досліджується (або системи що проектується).

Графічна частина завдання виконується на аркуші формату А4 (А3) і представляє собою функціональну структуру ПФ. Графічний ілюстративний матеріал має відповідати вимогам ЕСПД. Обсяг пояснювальної записки (без додатків) 15...20 сторінок машинного тексту.

За шість днів до установленого терміну здавання РГЗ студент зобов'язаний надати викладачу пояснювальну записку по РГЗ, графічний ілюстративний матеріал для оцінки стану готовності та рецензування. Термін на рецензію керівником - три дні. Після рецензування керівник, або повертає РГЗ студенту на доробку з вказанням помилок і неточностей і призначає новий контрольний термін, або зараховує завдання з відповідною оцінкою.

При проведенні модульного контролю за виконане РГЗ студент може отримати у підсумку від 10 до 15 балів.

4.3 Основні теоретичні відомості

4.3.1 Формалізація даних на основі узагальненого структурного методу. Даний метод орієнтований на формалізацію СЛТС в цілому, тобто як дій людини, так і операцій технічної частини. В УСМ для формального опису ПФ СЛТС вводяться ТФО – свого роду «цеглинки» (базові елементи), з яких будуються моделі ПФ різних СЛТС.

Залежно від призначення в УСМ розрізняють наступні ТФО:

функціонери (основні і додаткові) та композиціонери (допоміжні і службові). Функціонери відповідають реальним операціям або діям людини, робочим операціям технологічного устаткування, засобів обчислювальної техніки і програмних засобів в ПФ, що аналізується, а композиціонери – деяким взаємозв'язкам операцій та логічним функціям.

Основними функціонерами є такі операції: робочі, логічні (альтернативи) та затримки. До робочих відносять операції, направлені на досягнення деякого конкретного результату: включення, переміщення, виявлення і сприйняття сигналів, зчитування та аналіз інформації, запам'ятовування, обчислювальні операції і тому подібне. Логічні операції полягають в перевірці дотримання деякої умови і виборі наступного шляху реалізації функції. Операція затримки не здійснює яких-небудь дій на об'єкт та полягає в припиненні на деякий час (детермінований чи випадковий) подальшої реалізації алгоритму процесу функціонування.

До додаткових функціонерів відносяться різновиди логічної операції: контроль (самоконтроль) правильності виконання попередніх операцій, перевірка працездатності (діагностики стану) технічних засобів, організаційний контроль.

Основні функціонери можуть мати один або декілька входів. При цьому операції робочі та затримки мають, як правило, лише один вхід, логічні – два і більше.

До допоміжних композиціонерів відносять з'єднувачі «І», «АБО вкл.», «АБО викл.», а також обмежувач циклів. З'єднувач «І», що має два (декілька) входи і один вихід, означає, що наступна операція алгоритму, може починатися лише після закінчення обох (всіх) попередніх операцій, що стоять перед з'єднувачем. З'єднувач «АБО вкл.», що має два (декілька) входи і один вихід, означає, що наступна операція може початися після отримання результату (завершення) однієї будь-якої чи обох (всіх) попередніх операцій. З'єднувач «АБО викл.», що має два (декілька) входи і один вихід, означає, що наступна операція може початися, коли буде завершена одна з попередніх операцій. Обмежувач циклів має лише один вхід і два виходи та контролює число повторень циклічних операцій (блоків операцій) і припиняє їх виконання досягнувши заданого числа циклів.

До службових композиціонерів відносять елементи, які відзначають початок (стартер) чи кінець (фінішер) деякої групи

операцій, частини алгоритму функціонування в цілому, а також роздільних блоків операцій.

Допоміжні і службові композиціонери не відображають реальних операцій, що виконуються людиною і іншими структурними елементами ПФ. Для спільності підходу можна вважати, що ці елементи мають ймовірність безпомилкового виконання рівну одиниці, а час виконання операцій для них дорівнює нулю.

Перелік умовних позначень та основних показників якості виконання ТФО приведено в таблиці 4.1.

Для побудови моделі реального процесу функціонування СЛТС для подальшої оцінки показників якості функціонування СЛТС використовується наступна методика:

4.3.1. Дати ім'я процесу, що оцінюється (наприклад, «процес збору радіопередавальної апаратури»).

4.3.2. Перерахувати отримувані продукти праці (може бути один або декілька продуктів; наприклад, радіо передавальна документація на технологічний процес зборки).

4.3.3. Для кожного продукту праці призначити конкретний склад показників ефективності, якості та надійності (ЕЯН), які передбачається отримати в результаті оцінки, виходячи з наступної номенклатури показників: B_1 – ймовірність показників бездефектного продукту праці; B_0 – ймовірність виконання процесу функціонування з дефектами; T – середній час, що витрачається на здобуття продукту праці; $D(T)$ – дисперсія часу виконання ПФ; W – середні трудовитрати на виконання ПФ; $D(W)$ – дисперсія трудовитрат на виконання ПФ.

4.3.4. Зібрати вихідні дані.

- скласти таблицю з переліком всіх робіт, що входять в ПФ, і поставити кожній роботі у відповідність її модель – ТФО.

- встановити для кожної роботи вихідні характеристики відповідно до номенклатури показників, вказаних в таблиці 4.1. Вихідні характеристики можуть бути визначені на основі статистичних даних або шляхом розрахунку і опиту експертів.

4.3.5. З ТФО, вказаних в таблиці 4.1, 4.2 скласти модель ПФ у вигляді ФС. Для ерготехнічних систем, що випускають ряд продуктів, ФС будуються спочатку для процедур випуску окремих продуктів, а потім зводяться в єдину ФС.

4.3.6 Оцінка показників ЕЯН у відповідності з УСМ складається з наступних процедур.

1. Проводиться аналіз ФС на предмет виявлення в ній типових функціональних структур (ТФС), що представляють деякі типові сукупності ТФО, що повторюються. Структура ТФС і вміст ТФО, що в неї входять визначають надійнісні та часові характеристики цієї ТФС. В табл. 4.3 приводиться бібліотека, в якій є розрахункові формули для визначення основних надійнісних і часових характеристик ТФС.

2. Для усіх ТФС функціональної мережі за формулами, приведеними в бібліотеці, і вихідним даним, розраховуються відповідні показники якості.

3. Проводиться перетворення («згорання») первинної функціональної мережі шляхом заміни ТФС на еквівалентні ТФО з показниками якості, які підраховуються на основі математичних моделей для даної ТФС в процедурі 2.

4. Проводиться вторинний аналіз (див. процедуру 2) ФС і виявлення нових ТФС, вихідними даними про показники якості яких є значення показників якості еквівалентних ТФО, визначених відповідно до процедури 3.

5. Процедури 2-4 повторюються до тих пір, поки структура алгоритму, що досліджується не буде приведена до однієї узагальненої ТФО, показники якості якої і будуть представляти собою узагальнену характеристику ЕЯН процесу функціонування СЛТС.

Таким чином, прийняті наступні позначення:

V^1 - ймовірність безпомилкового виконання;

K^{00} - ймовірність виявлення помилки при її наявності;

K^{01} - ймовірність виявлення помилки при її відсутності ($K^{00} + K^{01} = 1$);

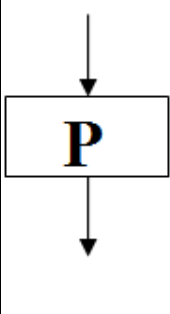
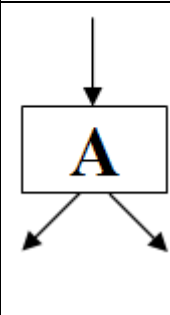
K^{11} - ймовірність виявлення відсутності помилки при її відсутності ($K^{10} + K^{11} = 1$);

K^{10} - ймовірність виявлення відсутності помилки при її наявності ($K^{00} + K^{01} = 1$);

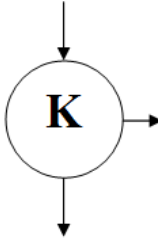
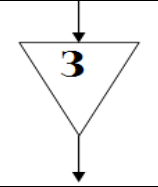
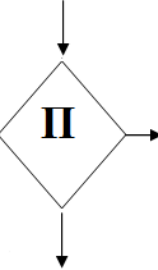
M - математичне очікування часу виконання;

D - дисперсія часу виконання операції.

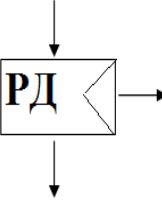
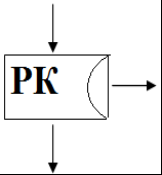
Таблиця 4.1 – Функціонери

ТФО	Умове позначення	Показники якості виконання	
		Позначення	Визначення
1	2	3	4
Робоча		$B^1(B^0)$ $M(T)$ $D(T)$	Ймовірність безпомилкового (помилкового) виконання операції Математичне очікування часу виконання операції Дисперсія часу виконання
Альтернативна		A_i A_{ij} $M(T), D(T)$	Об'єктивна ймовірність вибору i -ї альтернативи Ймовірність того, що при необхідності i -ї альтернативи вибрана j -а альтернатива Математичне очікування та дисперсія часу виконання операції


Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Контроль функціонування		$K^{11}(K^{10})$ $K^{00}(K^{01})$ $M(T), D(T)$	<p>Умовна ймовірність того, що операція, яка перевіряється, при фактично правильному виконанні буде визнана правильною (неправильною) ($K^{11}+K^{10}=1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що операція, яка перевіряється, при фактично неправильному виконанні буде визнана неправильною (правильною) ($K^{00}+K^{01}=1$)</p>
Затримка		$M(T)$ $D(T)$	<p>Математичне очікування часу виконання операції</p> <p>Дисперсія часу виконання</p>
Контроль працездатності		$R^1(R^0)$ $\Pi^{11}(\Pi^{10})$ $\Pi^{00}(\Pi^{01})$ $M(T), D(T)$	<p>Ймовірність відсутності (наявності) відмов в об'єкті що контролюється</p> <p>Умовна ймовірність того, що при фактично працездатному стані технологічних засобів (ТЗ), що перевіряються, вони будуть визнані працездатними (непрацездатними) ($\Pi^{11}+\Pi^{10}=1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що при фактично непрацездатному стані ТЗ, вони будуть визнані непрацездатними (працездатними) ($\Pi^{00}+\Pi^{01}=1$)</p>

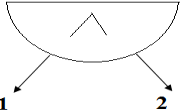
Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Робоча операція з самоконтролем працездатності		$\Pi^{11}(\Pi^{10})$ $\Pi^{00}(\Pi^{01})$ $B^1(B^0)$ $R^1(R^0)$ $M(T), D(T)$	<p>Умовна ймовірність того, що при фактично працездатному стані технічних засобів (ТЗ), що перевіряються, вони будуть визнані працездатними (непрацездатними) ($\Pi^{11} + \Pi^{10} = 1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що при фактично непрацездатному стані ТЗ, вони будуть визнані непрацездатними (працездатними) ($\Pi^{00} + \Pi^{01} = 1$)</p> <p>Ймовірність безпомилкового (помилкового) виконання операції</p> <p>Ймовірність відсутності (наявності) відмов в об'єкті, що контролюється</p>
Робоча операція з самоконтролем функціонування		$K^{11}(K^{10})$ $K^{00}(K^{01})$ $B^1(B^0)$ $M(T), D(T)$	<p>Умовна ймовірність того, що операція, яка перевіряється, при фактично правильному виконанні буде визнана правильною (неправильною) ($K^{11} + K^{10} = 1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що операція, яка перевіряється, при фактично неправильному виконанні буде визнана неправильною (правильною) ($K^{00} + K^{01} = 1$)</p> <p>Ймовірність безпомилкового (помилкового) виконання операції</p>

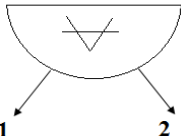

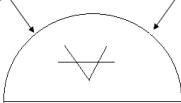
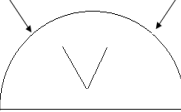
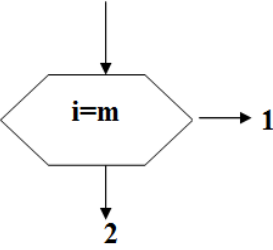
Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Робоча операція з самоконтролем працездатності і функціонування		$\Pi^{11}(\Pi^{10})$ $\Pi^{00}(\Pi^{01})$ $K^{11}(K^{10})$ $K^{00}(K^{01})$ $M(T), D(T)$	<p>Умовна ймовірність того, що при фактично працездатному стані ТЗ, що перевіряються, вони будуть визнані працездатними (непрацездатними) ($\Pi^{11} + \Pi^{10} = 1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що при фактично непрацездатному стані ТЗ, вони будуть визначені непрацездатними (працездатними) ($\Pi^{00} + \Pi^{01} = 1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що операція, яка перевіряється, при фактичному виконанні буде визнана правильною (неправильною) ($K^{11} + K^{10} = 1$)</p> <p>Умовна ймовірність того, що операція, при фактично неправильному виконанні буде визнана неправильною (правильною) ($K^{00} + K^{01} = 1$)</p>

Таблиця 4.2 – Композиціонери

Композиціонер	Умовне позначення	Умова реалізації композиціонера
1	2	3
Стартер «І»		Обидві операції, що паралельно виконуються починаються одночасно
Стартер «АБО вкл.»		З двох функціонально можливих операцій може початися будь-яка або обидві разом

Продовження табл. 4.2

1	2	3
Стартер «АБО вкл.»		З двох операцій може початися лише одна
Фінішер «І»		Комплекс паралельних операцій вважається закінченим, коли закінчено обидві операції
Фінішер «АБО вкл.»		Те ж саме, коли закінчена одна операція
Фінішер «АБО вкл.»		Те ж саме, коли закінчена хоча б одна операція
Циклоформу- вач		При кожному вході в циклоформувач підсумовується і запам'ятовується підсумкове число входів у формувач, при цьому доки фактичне число входів $l \leq m$, реалізується вихід 1 (продовження циклів), при досягненні $l = m + 1$ реалізується вихід 2 (перехід до наступної операції)

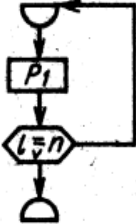
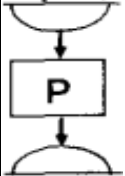
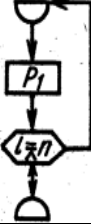
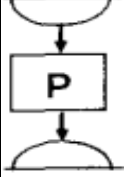
Продовження табл. 4.2

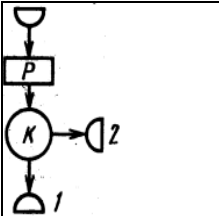
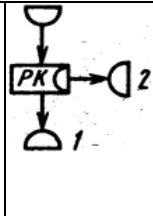
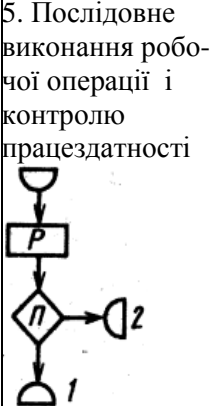
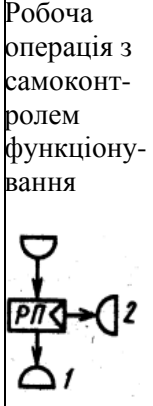
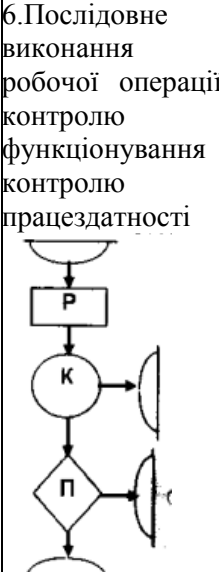
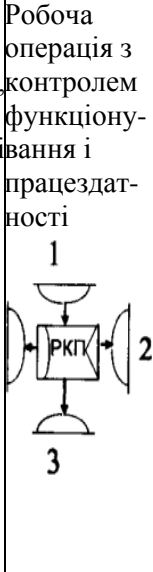
1	2	3
Циклообмежувач		<p>При кожному вході в циклообмежувач підсумовується і запам'ятовується підсумкове число входів в циклообмежувач, при цьому, поки фактичне число входів $L \leq m$, реалізується вихід 1 (дозвіл на продовження циклів), при досягненні $L = m + 1$ реалізується вихід 2 (припиняючи цикли)</p>

Таблиця 4.3 – Бібліотека ТФС з розрахунковими формулами показників

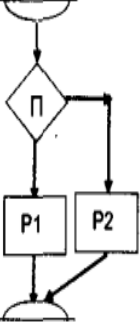
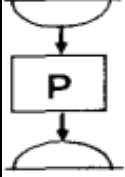
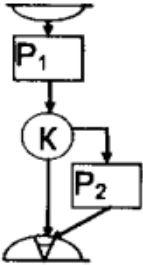
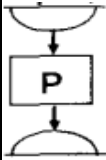
Номер, зміст і схема ТФС	Еквівалентна ТФЕ	Показник	Розрахункова формула
1	2	3	4
<p>I. Послідовне виконання робочих операцій P</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування часу виконання (T)</p> <p>Дисперсія T</p> <p>Операція згортки</p>	<p>$B = \prod_{i=1}^n B_i^1$, де i – номер ТФО</p> <p>$M(T) = \sum_{i=1}^n M(T_i)$,</p> <p>$D(T) = \sum_{i=1}^n D(T_i)$,</p> <p>$P_{cv}(T_0) = (F_{p1} * \dots * F_{pk})(T_0)$ символ "*" – означає операцію згортки</p>

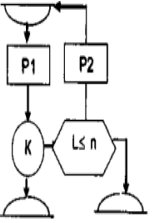
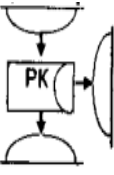
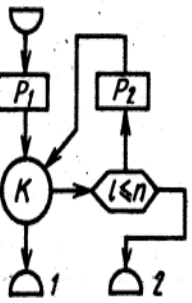
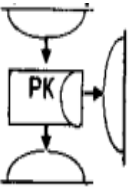
Продовження табл. 4.3

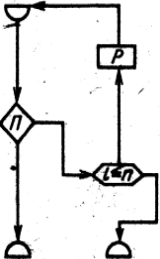
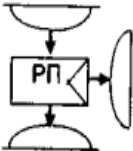
1	2	3	4
<p>2. n-кратне повторення робочої операції з прийняттям за всіма успішними результатами</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування часу виконання (Т)</p> <p>Дисперсія Т</p> <p>Операція згортки</p>	<p>$B = (B_1^1)^n$</p> <p>$M(T) = nM(T_1)$</p> <p>$D(T) = nD(T_1)$</p> <p>$P_{св}(T_0) = F_{p_1}^{n*}(T_0)$, F^{n*} означає n-кратну згортку функції розподілення F в точці T_0</p>
<p>3. n-кратне повторення робочої операції одного успішного результату</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування Т</p> <p>Дисперсія Т</p> <p>Операція згортки</p>	<p>$B = 1 - (1 - B_1^1)^n$</p> <p>$M(T) = nM(T_1)$</p> <p>$D(T) = nD(T_1)$</p> <p>$P_{св}(T_0) = (F_p * F_k)(T_0)$</p>
<p>4. Послідовне виконання робочої операції Р і контролю К функціонування</p>	<p>Робоча операція</p>	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування Т</p> <p>Дисперсія Т</p>	<p>$B = B^1 K^{11}$</p> <p>$M(T) = M(T_p) + M(T_k)$</p> <p>$D(T) = D(T_p) + D(T_k)$</p>

		Операція згортки	$P_{ce}(T_0) = (F_p * F_k)(T_0)$
<p>5. Послідовне виконання робочої операції і контролю працездатності</p> 	<p>Робоча операція з самоконтролем функціонування</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування T</p> <p>Дисперсія T</p>	<p>$B = B^1 R^1 \Pi^{11}$</p> <p>$M(T) = M(T_p) + M(T_{\Pi})$</p> <p>$D(T) = D(T_p) + D(T_{\Pi})$</p>
<p>6. Послідовне виконання робочої операції, контролю функціонування і контролю працездатності</p> 	<p>Робоча операція з контролем функціонування і працездатності</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування T</p> <p>Дисперсія T</p>	<p>$B = B^1 K^{11} R^1 \Pi^{11}$</p> <p>$M(T) = M(T_p) + M(T_k) + (B^1 K^{11} + B^0 K^{00})M(T_{\Pi}),$</p> <p>$D(T) = D(T_p) + D(T_k) + (B^1 K^{11} + B^0 K^{01})D(T_{\Pi}) + (B^1 K^{11} + B^0 K^{01})(B^1 K^{10} + B^0 K^{00})M^2(T_{\Pi}),$</p>
		Операція згортки	$P_{ce}(T_0) = [B^1 K^{11} + (1 - B^1) K^{01}] \times (F_p * F_k * F_{\Pi})(T_0) + [1 - B^1 K^{11} - (1 - B^1) K^{01}](F_p * F_k)(T_0)$

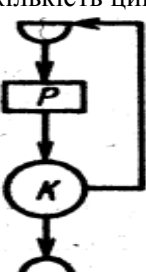
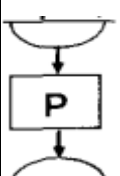
Продовження табл. 4.3

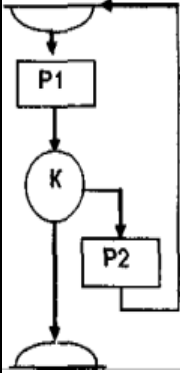
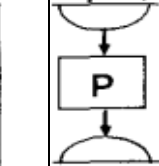
1	2	3	4
<p>7. Контроль працездатності з робочими операціями з обох виходів</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування Т</p> <p>Дисперсія Т</p>	$B = R^1 \Pi^{11} B_1^1 + R^0 \Pi^{00} B_2^1$ $M(T) = M(T_{\Pi}) + (R^1 \Pi^{11} + R^0 \Pi^{01}) M(T_{p1}) + (R^0 \Pi^{00} + R^1 \Pi^{10}) M(T_{p2})$ $D(T) = D(T_{\Pi}) + (R^1 \Pi^{11} + R^0 \Pi^{00}) D(T_{p1}) + (R^0 \Pi^{00} + R^1 \Pi^{10}) D(T_{p2}) + (R^1 \Pi^{11} + R^0 \Pi^{01})(R^0 \Pi^{00} + R^1 \Pi^{10}) \times (M(T_{p1}) - M(T_{p2}))^2$
<p>8. Робоча операція з контролем функціонування та виправленням помилки без циклів</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування Т</p> <p>Дисперсія Т</p> <p>Операція згортки</p>	$B = B_1^1 K^{11} + (B_1^0 K^{00} + B_1^1 K^{10}) B_2^1$ $M(T) = M(T_{p1}) + M(T_k) + (B_1^0 K^{00} + B_1^1 K^{10}) M(T_{p2})$ $D(T) = D(T_{p1}) + D(T_k) + (B_1^0 K^{00} + B_1^1 K^{10}) D(T_{p2}) + (B_1^0 K^{00} + B_1^1 K^{10})(B_1^1 K^{11} + B_1^0 K^{01}) M^2(T_{p2}),$ $P_{ce}(T_0) = (B_1^1 K^{10} + B_1^0 K^{00}) \times (F_{p1} * F_{p2} * F_k)(T_0) + (1 - B_1^1 K^{10} - B_1^0 K^{00}) \times (F_{p1} * F_k)(T_0)$
<p>9. Циклова функціональна структура (ФС)</p>	<p>Робоча операція самоконт-</p>	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$B = B^1 K^{11} \frac{1 - (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})^n}{1 - (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})}$

<p>«Робоча операція з контролем функціонування та циклообмежувачем»</p>  <p>1 2</p>	<p>ролем функціонування</p> 	<p>Математичне очікування T</p> <p>Дисперсія T</p> <p>Операція згортки</p>	<p>$M(T) = [M(T_p) + M(T_k)] \times M(L)$, де L – кількість циклів $M(L) = \frac{1 - (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})^L}{1 - (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})}$</p> <p>$D(T) = [D(T_p) + D(T_k)] \times [D(L) + M^2(L)] + D(L) \times [M(T_p) + M(T_k)]^2$, де $D(L) = \frac{B^1 K^{10} + B^0 K^{00}}{1 - (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})^2}$</p> <p>$P_{cs}(T_0) = (B^1 K^{11} + B^0 K^{01}) \times \sum_{s=1}^{n-1} (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})^{s-1} \times (F_p^{s*} * F_k^{s*})(T_0) + (B^1 K^{10} + B^0 K^{00})^{n-1} \times (F_p^{n*} * F_k^{n*})(T_0)$</p>
<p>10. Циклова ФС «Робоча операція з контролем функціонування, доопрацюванням і повторенням контролю з циклообмежувачем»</p>  <p>1 2</p>	<p>Робоча операція самоконтролем функціонування</p> 	<p>Математичне очікування T</p> <p>Дисперсія T</p>	<p>$M(T) = M(T_{p1}) + M(T_k) + (M(T_{p2}) + M(T_k))M(L)$, де $M(L) = \frac{1 - (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})^n}{1 - (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})}$;</p> <p>$D(T) = D(T_{p1}) + D(T_k) + [D(T_{p2}) + D(T_k)] \times (B_1^0 K^{00} + B_1^1 K^{10})^2 \times [D(L) + M^2(L)] + D(L) \times [M(T_{p2}) + M(T_k)]^2$, де $D(L) = \frac{B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00}}{1 - (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})^2}$</p>

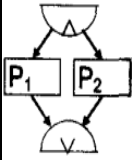
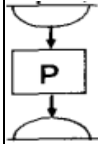
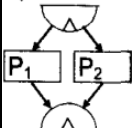
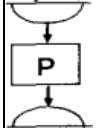
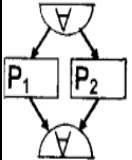
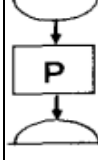
		Операція згортки	$P_{\text{св}}(T_0) = (B_1^1 K^{11} + B_1^0 K^{01}) \times$ $\times (F_{p1} + F_k)(T_0) + (B_1^1 K^{10} + B_1^0 K^{00}) \times$ $\times (B_2^1 K^{11} + B_2^0 K^{01}) \times \sum_{s=1}^{n-1} (B_2^1 K^{10} +$ $+ B_2^0 K^{00})^{s-1} \times (F_{p1} * F_{p2}^{s*} * F_k^{(s+1)*}) \times$ $\times (T_0) + (B_1^1 K^{10} + B_1^0 K^{00})^{n-1} \times (B_2^1 K^{10} +$ $+ B_2^0 K^{00})^{n-1} \times (F_{p1} * F_{p2}^{n*} * F_k^{(n+1)*})(T_0)$
<p>11. Циклова ФС «Контроль працездатності з ремонтом з циклообмежувачем»</p> 	<p>Робоча операція з контролем працездатності</p> 	Ймовірність безпомилково-го виконання	$B = \frac{B^1 \Pi^{11} (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00})}{1 - (B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})} \times$ $\times \frac{[1 - (B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})^n]}{1} +$ $+ R^1 \Pi^{11}$
Математичне очікування Т	$M(T) = M(T_n) [M(T_p) + (M(T_n))] \times$ $\times M(L) (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00}),$ <p>де</p> $M(L) = \frac{1 - (B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})^n}{1 - (B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})};$		
Дисперсія Т	$D(T) = D(T_n) + (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00})^2 \times$ $\times [(D(T_p) + D(T_n))(D(L) + M^2(L)) +$ $+ (M(T_p) + M(T_n))^2 D(L)],$ <p>де</p> $D(L) = \frac{B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00}}{(1 - B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})^2};$		
Операція згортки	$P_{\text{св}}(T_0) = (R^1 \Pi^{11} + R^0 \Pi^{01}) \times$ $\times F_n(T_0) + (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00}) \times$ $\times (B^1 \Pi^{11} + B^0 \Pi^{01}) \times$ $\times \sum_{s=1}^{n-1} (B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})^{s-1} \times$ $\times (F_n^{(s+1)*} * F_p^{s*})(T_0) +$ $+ (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00})^{n-1} \times$ $\times (F_n^{(n+1)*} * F_p^{n*})(T_0)$		

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4
<p>12. Циклова ФС «Робоча операція з контролем функціонування без обмеження на кількість циклів»</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$B = B^I K^{11} \frac{1}{1 - (B^I K^{10} + B^O K^{00})}$
		<p>Математичне очікування Т</p>	<p>$M(T) = [M(T_p) + M(T_k)] \times M(L)$, де $M(L) = \frac{1}{1 - (B^I K^{10} + B^O K^{00})};$</p>
		<p>Дисперсія Т</p>	<p>$D(T) = D(L)[M(T_p) + M(T_k)]^2 + [D(T_p) + D(T_k)]M(L)$, де $D(L) = \frac{B^I K^{10} + B^O K^{00}}{(1 - (B^I K^{10} + B^O K^{00}))^2};$</p>
<p>Операція згортки</p>	<p>$P_{cs}(T_0) = (B^I K^{11} + B^O K^{01}) \times \sum_{s=1}^{\infty} (B^I K^{10} + B^O K^{00})^{s-1} \times (F_p^{s*} * F_k^{s*})(T_0)$</p>		
<p>13. Циклова ФС «Робоча операція з контролем функціонування, доопрацюванням і повторенням робочої операції без обмеження на кількість циклів»</p>	<p>Робоча операція</p>	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$B = \frac{B_1^I K^{11} (1 - K^{00} B_2^O)}{K^{01} + B_1^I B_2^O (K^{11} - K^{01})}$
		<p>Математичне очікування Т</p>	<p>$M(T) = M(T_{p1}) + M(T_k) + [M(T_{p1}) + M(T_{p2}) + M(T_k)] \times \frac{B_1^I K^{10} + B_2^O K^{00}}{1 - (B^I K^{10} + B^O K^{00})}$, де $B^I = B_1^I B_2^I; B^O = 1 - B^I$</p>

		<p>Дисперсія Т</p>	$D(T) = D(T_{p1}) + DM(T_k) + [D(T_{p1}) + D(T_{p2}) + D(T_k)] \times \frac{B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00}}{1 - (B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})} + \frac{(B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})(B_1^1 K^{11} + B_2^0 K^{01})}{[1 - (B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})]^2} \times [M(T_{p1}) + M(T_{p2}) + M(T_k)]^2$
<p>14. Циклова ФС «Робоча операція контролем функціонування, доопрацювання і повторенням робочої операції без обмеження на кількість циклів»</p>	<p>Робоча операція</p>	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$P_{\text{об}}(T_0) = (B_1^1 K^{11} + B_2^0 K^{01}) \times (F_{p1} * F_k)(T_0) + (B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00}) \times (B_1^1 K^{11} + B_2^0 K^{01}) \times \sum_{s=2}^{\infty} (B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})^{s-2} \times (F_{p2}^{(s-1)*} * F_{p1}^{s*} * F_k^{s*})(T_0),$ <p>де $B^1 = B_1^1 B_2^1; B^0 = 1 - B^1$</p>
<p>Математичне очікування Т</p>		<p>Математичне очікування Т</p>	$M(T) = M(T_{p1}) + M(T_k) + \frac{B_1^1 K^{10} + B_2^0 K^{00}}{1 - (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})} \times [M(T_{p2}) + M(T_k)]$
		<p>Дисперсія Т</p>	$D(T) = D(T_{p1}) + D(T_k) + (1 - C) \frac{D(T_k) + D(T_{p2})}{1 - (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})} + \frac{(1 - C)(B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00} + C)}{[1 - (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})]^2} \times [M(T_{p2}) + M(T_k)]^2$ <p>де $C = B_1^1 K^{11} + B_2^0 K^{01};$</p>

		Операція згортки	$P_{ce}(T_0) = (B_1^1 K^{11} + B_1^0 K^{01}) \times (F_{p1} * F_k)(T_0) + (B_1^1 K^{10} + B_1^0 K^{00})(B_2^1 K^{11} + B_2^0 K^{01}) \times \sum_{s=1}^{\infty} (B_2^1 K^{10} + B_2^0 K^{00})^{s-1} \times (F_{p1} * F_k^{(s+1)*} * F_{p2}^{s*})(T_0)$
<p>15. Циклова ФС «Контроль працездатності з ремонтом без обмеження на кількість циклів»</p>	<p>Робоча операція</p>	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p> <p>Математичне очікування Т</p> <p>де</p> <p>Дисперсія Т</p>	$B = R^1 \Pi^{11} + \frac{(R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00}) B^1 \Pi^{11}}{1 - B^1 \Pi^{10} - B^0 \Pi^{00}}$ $M(T) = M(T_p) + [1 - \frac{R^1 \Pi^{11}}{B}] \times [M(T_p) + M(T_p)] M(L),$ $M(L) = \frac{1}{1 - B^1 \Pi^{10} - B^0 \Pi^{00}};$ $D(T) = \frac{R^1 \Pi^{11}}{B} D(T_p) + [1 - \frac{R^1 \Pi^{11}}{B}] D_{TL},$ $D_{TL} = D(L)[M(T_p) + M(T_p)]^2 + D(T_p) + D(T_p) M(L);$ $D(L) = \frac{B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00}}{(1 - B^1 \Pi^{10} - B^0 \Pi^{00})^2};$ <p>Операція згортки</p> $P_{ce}(T_0) = (R^1 \Pi^{11} + R^0 \Pi^{01}) F_{\Pi}(T_0) + (R^1 \Pi^{10} + R^0 \Pi^{00})(B^1 \Pi^{11} + B^0 \Pi^{01}) \times \sum_{s=1}^{\infty} (B^1 \Pi^{10} + B^0 \Pi^{00})^{s-1} \times (F_{\Pi}^{(s+1)*} * F_{\Pi}^{s*})(T_0)$
<p>16. Паралельне виконання операцій зі</p>	<p>Робоча операція</p>	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$B = 1 - (1 - B_1^1)(1 - B_2^1)$

<p>стартером типу «I», фінішером типу «АБО вкл.»</p> 		<p>Операція згортки</p>	$P_{ce}(T_0) = F_{p1}(T_0) + F_{p2}(T_0) - F_{p1}(T_0)F_{p2}(T_0)$
<p>17. Паралельне виконання операцій зі стартером типу «I», фінішером типу «I»</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$B = B_1^1 B_2^1$
<p>18. Паралельне виконання операцій зі стартером типу «АБО виключне» та фінішером типу «АБО виключне»</p> 	<p>Робоча операція</p> 	<p>Ймовірність безпомилкового виконання</p>	$B = p_1 B_1^1 + p_2 B_2^1$ <p>p_j – ймовірність вибору операції $P_{1,j}, j=1,2$</p>
		<p>Операція згортки</p>	$P_{ce}(T_0) = p_1 F_{p1}(T_0) + p_2 F_{p2}(T_0)$

5 ПРИКЛАД ФОРМАЛІЗАЦІЇ СЛТС

Для складання однопродуктової ФС необхідно.

1. Задати початок ФС у вигляді стартера всієї мережі;
2. Задати кінець ФС у вигляді фінішера всієї мережі;
3. До нижнього полюсу стартера мережі приєднати першу роботу, а в разі робіт, що починаються одночасно - перші роботи;
4. До нижніх полюсів перших робіт пристроювати наступні за ними роботи;
5. Продовжувати побудову ФС, пристроюючи до тих пір, поки не буде повністю відтворена технологія;
6. До нижніх полюсів останніх робіт приєднати фінішер всієї мережі;
7. Перевірити з експертами, чи не допущено спотворення технології при складанні ФС. Якщо будуть виявлені помилки, відкоригувати структуру ФС.

Як приклад на рис.4.1 представлена ФС процесу купівлі напою в кавовому автоматі (КА). ФС складається з наступних ТФО:

- Р1 - вибір напою з асортименту;
 - Р2 - внесення грошей;
 - Р3 - вибір кількості цукру;
 - Р4 - повернути внесені гроші;
 - Р5 - забрати здачу;
 - К1 - контроль обраного напою;
 - К2 - контроль терміну внесення оплати;
 - К3 - контроль внесеної суми;
 - К4 - контроль вибору кількості цукру;
 - К5 - контроль повернення грошей;
 - К6 - контроль операції повернення здачі;
 - А1 - підтвердити оплату, або повернути гроші;
 - А2 - забрати здачу, або завершити роботу;
 - З – затримка на час, необхідний КА для виконання підготовчих дій;
- 1 - завершення роботи з апаратом при поверненні грошей;
 - 2 - завершення роботи з апаратом.

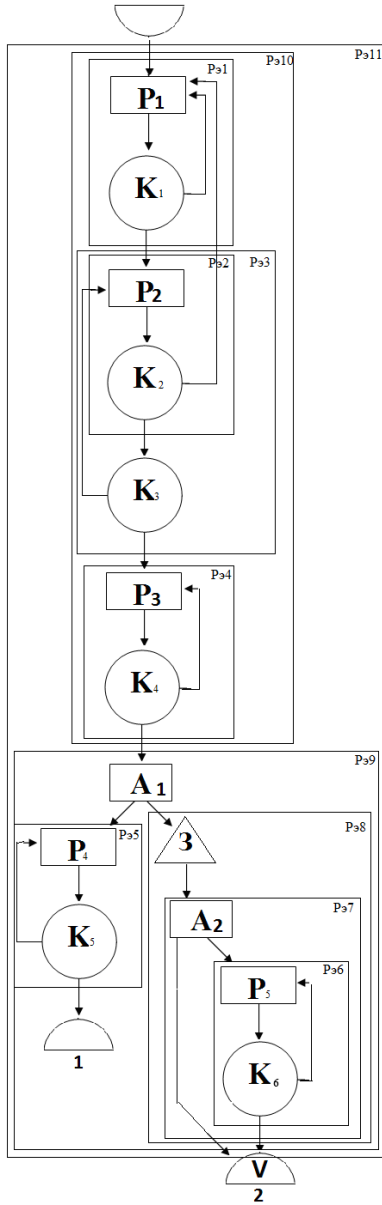


Рисунок 5.1 – ФС процессу покупки пива в КА

При поетапному згортанні структури ТФО "Альтернативна" (A_n) вважаємо еквівалентними робочій операції, сумарна ймовірність якої дорівнює 1 (сумі альтернатив A_n).

ТФО «Затримка» (З) вважаємо еквівалентною робочій операції, у якій відсутній показник ймовірності.

На рисунку 5.2 наведена схема поетапного згортання ФС. У нашому прикладі вона складається з 10 кроків.

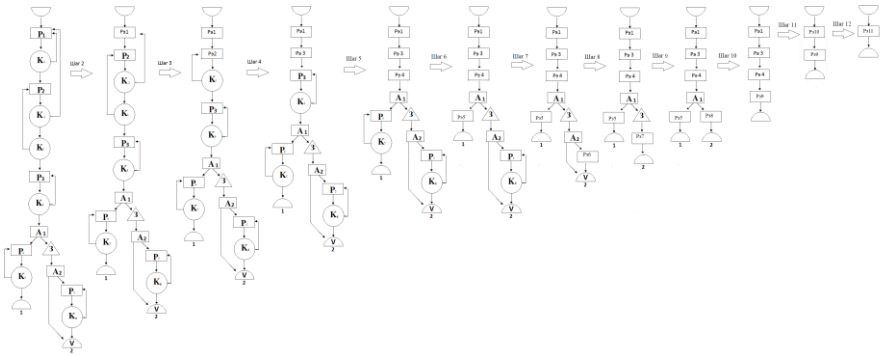


Рисунок 5.2 – Схема поетапного згортання ФС

Для складання багатопродуктової мережі необхідно:

а) скласти ФС (F_0) для кожної однопродуктової мережі:

$$F'_0, F''_0, \dots, F_0^{(n)}$$

б) шляхом аналізу цих мереж встановити точки логіко-часових зв'язків F'_0 та F''_0 ;

в) в точках зв'язків F'_0 і F''_0 встановити логічну відповідність в моделі шляхом з'єднання F'_0 і F''_0 за допомогою синхронізаторів, тобто пунктирних стрілок, що показують часовий взаємозв'язок моментів деяких подій в F'_0 і F''_0 ;

г) у разі ФС більш ніж двухпродуктових - виконати операції б) і в) для решти однопродуктових мереж.

Приклад розрахунку показників функціонування СЛТС.

Директивний час виконання технологічного процесу $T_0 = 33\text{с}$.

В таблиці 4.1 наведено показники безпомилкового виконання робочих операцій.

Таблиця 5.1 – Показники безпомилкового виконання робочих операцій

Показник		Операція				
		P1	P2	P3	P4	P5
Ймовірність B^1		0,9998	0,9975	0,9979	0,98	0,98
Часовий	M,с	0,3	0,18	0,18	0,268	0,268
	D,с ²	0,19	0,03	0,02	0,03	0,03

В таблиці 5.2 наведено показники безпомилкового виконання контрольних операцій.

Таблиця 5.2 – Показники безпомилкового виконання контрольних операцій

Показник		Операція					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
Ймовірність	K^{11}	0,995	0,994	0,998	0,995	0,998	0,994
	K^{00}	0,975	0,970	0,985	0,975	0,985	0,970
Часовий	M,с	1,5	0,4	1,6	0,5	0,8	0,8
	D,с ²	0,7	0,5	0,6	0,8	1	0,7

В таблиці 5.3 наведено показники безпомилкового виконання контрольних операцій.

Таблиця 5.3 – Показники безпомилкового виконання альтернативних операцій

Показник		Операція	
		A1	A2
Ймовірність, B^1		0,6	0,6
Ймовірність	A^{11}	0,6	0,6
	A^{22}	0,4	0,4
Часовий	M,с	9,8	9,8
	D,с ²	1,0	1,0

Показники ТФО "Затримка" наступні:

$$M(T) = 4.12c; D(T) = 0.62c$$

Табличний протокол згортки наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Табличний протокол згортки

№	Згортались ТФС	Еквівалентні	Тип	B	$M(T)$	$D(T)$	Виконання
1	P1 K1	Pэ1	PK	1,0000	1,81	0,91	+
2	P2 K2	Pэ2	PK	0,9999	0,58	0,54	+
3	Pэ2 K3	Pэ3	PK	1,0000	2,18	1,15	+
4	P3 K4	Pэ4	PK	0,9999	0,68	0,83	+
5	P4 K5	Pэ5	PK	0,9997	1,09	1,08	+
6	P5 K6	Pэ6	PK	0,9994	1,11	0,78	+
7	Pэ6 A2	Pэ7	AL	0,9994	10,91	1,78	+
8	Pэ7 3	Pэ8	3P	0,9994	15,03	2,4	+
9	Pэ5 Pэ8 A1	Pэ9	AL	0,9991	26,19	4,48	+
10	Pэ1 Pэ3 Pэ4	Pэ10	PP	0,9999	4,67	2,89	+
11	Pэ10 Pэ9	Pэ11	PP	0,9990	30,86	7,37	

Остаточні результати розрахунків наступні:

- імовірність безпомилкового виконання: 0,9990;
- математичне очікування часу виконання: 30,86;
- дисперсія часу виконання: 7,37.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що процес покупки напою в кавовому апараті згідно розробленої ФС вкладається в заданий директивний час $T_0 = 33\text{с}$ (складає 30,86 с), та виконується безпомилково ($B = 0,999$). А отже ПФ, модель якого була проаналізована у вигляді ФС, має право на існування.

ЛІТЕРАТУРА

Нормативні та довідкові джерела

1. Положення про організацію освітнього процесу в Запорізькому національному технічному університеті / Укладачі: В.Г. Прушківський, С.Т. Яримбаш, В.Л. Грешта, А.В. Пархоменко, С.І. Шило, О.О. Каплієнко, О.В. Коваленко, О.В. Лапкіна, П.В. Сахно, М.М. Переполькіна, Н.Л. Ніколаєва, О.В. Савельєва, В.П. Феоктистов, Є.О. Фасоль - Запоріжжя: Навчально - методичний відділ ЗНТУ, 2015. – 57 с.

Основна література

2. Мунипов В.М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : Учебник / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко [Текст]. -М.: Логос, 2001 - 356 с.

3. Зинченко В.П. Основы эргономики [Текст] / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов. – М.: МГУ, 1979. – 344 с.

4. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика [Текст]. – М.: НИИ школьных технологий, 2008 – 176 с.

5. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытание. Справочник [Текст] / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашерев, И. Л. Бердников и др.; под общ. ред. А. И. Губинского. – М.: Машиностроение, 1993 – 528 с.

6. Тидвелл Дж. Разработка пользовательских интерфейсов [Текст]. – СПб.: Питер, 2008 – 416 с.

Додаткова література

7. Солсо Р. Когнитивная психология [Текст] / Р. Солсо. –СПб.: Питер, 2006. – 589 с.

8.Алферов Г.В., Кулаков Ф.М., Нечаев А.И. Информационные системы виртуальной реальности в мехатронике и робототехнике[Текст] / Г.В. Алферов, Ф.М.Кулаков, А.И. Нечаев. – СПб.: "СОЛО", 2006. – 146 с.

10.Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе. Учебное пособие [Текст] / Т.А.Пьявченко. – Таганрог: МОНРФ, 2007. – 78 с.

11. ISO/IEC 9126 Software engineering. Product quality. Part 1: Quality model. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iso.ch>

12. ISO/IEC 25010.2-2008 Software engineering. Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Software and quality in use models [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jtc1-sc7.org>.

13. Usability Professionals' Association [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://upa.org.ru/Publications.aspx>

14. СТП 15-96 Стандарт предприятия. «Пояснительная записка к курсовым и дипломным проектам». Требования и правила оформления. – Запорожье, ЗГТУ, 1996 г. – 37 с.

15. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. – М., 1990. – 25 с.