Шифр «Miracle»

Наукова робота на конкурс за напрямом:
Комп’ютерні науки

на тему:
«Інформаційна технологія моделювання діяльності людини-оператора в автоматизованих технологічних комплексах»

2020

ЗМІСТ

ЗМІСТ....2
ВСТУП....3
1. АНАЛІЗ СТАНУ ЕРГОНОМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ....4
1.1 Аналіз функцій людини-оператора в сучасних автоматизованих технологічних комплексах....4
1.2. Принципи структура і зміст ергономічного проектування автоматизованих технологічних комплексів....6
1.3. Показники автоматизованих технологічних комплексів, які використовуються при ергономічному проектуванні....7
1.4. Висновок до розділу 1....7
2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ....8
2.1. Мета та задачі дослідження....8
2.2. Вибір методів дослідження....9
2.3. Функціонально-структурна теорія ерготехнічних систем....10
2.4. Висновки до розділу 2....12
3. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА АСУТП....13
3.1. Загальний алгоритм редукції....13
3.3. Моделювання елементів діяльності оператора виробництва з використанням програмного комплексу....16
Висновок до розділу 3....27
ВИСНОВКИ....28
Список літератури....29
ДОДАТОК А. Показники ефективності, якості і надійності АТК....33
ДОДАТОК Б. Порівняльний аналіз методів опису і оцінки процесів функціонування людино-машинних систем....31
ДОДАТОК В. Типові функціональні одиниці....39
ДОДАТОК Г. Типові функціональні структури....41
ДОДАТОК Д. Розробка моделей синтаксичного аналізатора ФМ....43
ДОДАТОК Е. Опис основних елементів користувача програмного....49
ДОДАТОК Е. Лістинг програми....54
ДОДАТОК Ж. Інструкція користувача....72
ДОДАТОК З. Результати моделювання задачі вибору ступеня автоматизації....85
ДОДАТОК К....88

ВСТУП

Актуальність. Незважаючи на велику кількість досліджень «людського фактору» задача автоматизованого оцінювання надійності людини оператора в інформаційних системах вирішена не до кінця.

Об'єкт дослідження. Діяльність людини оператора в інформаційних системах

Предмет дослідження. Автоматизація оцінювання надійності людини оператора в інформаційних системах

Гіпотеза дослідження. Якщо описати діяльність людини-оператора за допомогою функціональної мережі та розробити технологію редукції цієї мережі, то можливо з достатньою для практичних задач точністю отримати оцінку надійності операторської діяльності

Мета. Розробити комп'ютерну технологію для моделювання і оцінювання надійності операторської діяльності в інформаційних системах.

Впровадження. Результати впроваджені:

в навчальний процес Сумського державного університету

Апробація результатів: Науково технічна конференція «Інформатика Математика Автоматика», м. Суми: СумДУ, 23-26 квітня 2019.

International Scientific Conference «UNITECH'17» - Gabrovo, 17-18 November 2017 – Bulgaria.

Науково технічна конференція «Інформатика Математика Автоматика», м. Суми: СумДУ, 5-9 лютого 2018.

Науково-практична конференція «Цифрові технології в освіті, науці, суспільстві» м. Петрозаводськ 27–30 листопада 2017.

Науково-практична конференція «Цифрові технології в освіті, науці, суспільстві» м. Петрозаводськ , 4–6 грудня 2018.

Публікації. За матеріалами досліджень опубліковано 6 наукових робіт (перелік та копії додаються).

1. АНАЛІЗ СТАНУ ЕРГОНОМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

1.1 Аналіз функцій людини-оператора в сучасних автоматизованих технологічних комплексах

Суттєвими особливостями сучасних технологічних процесів як в промисловому, так і в сільськогосподарському виробництві є необхідність суворої підтримки їх параметрів щодо деяких оптимальних значень і високих вимоги, що пред'являються до властивостей вироблюваної продукції, що поєднуються зі зростаючою швидкістю зміни параметрів. [1]

Функції людини-оператора залежать від структури і режиму роботи АСУТП. До складу АСУТП завжди входять обчислювальні комплекси (ОК). При прийнятті рішень або діалоговому режимі роботи ОК грає інформаційну роль (ІОК). За допомогою ОК інформація, яка надходить від технологічного об'єкта управління (ТОУ), автоматично або за запитом обробляється, але заданою програмою і видається людині-оператору у вигляді рекомендації (поради), а рішення про її використання та реалізацію приймається оператором. Під технологічним об'єктом управління (ТОУ) розуміємо сукупність основного та допоміжного обладнання, необхідного для реалізації заданого технологічного процесу, і сам технологічний процес. Сукупність АСУТП і ТОУ становить автоматизований технологічний комплекс (АТК).

Відмінними ознаками АТК [2, 3, 4] є:

- здійснення управління ТОУ в цілому;
- здійснення управління в темпі протікання технологічного процесу (в реальному масштабі часу ТОУ);
- вибір і реалізація рішень , а також управління ТОУ за участю технічних засобів і людини-оператора.

Аналіз структур АТК і участь людини-оператора в АТК різних типів

Об'єктом управління в АТК є окремі енергетичні та технологічні засоби або їх взаємопов'язані комплекси технологічні процеси. Роль ергатичного елемента, який в даному випадку називається відповідно людиною-оператором складається з дистанційного спостереження за роботою і з дистанційного виконання ряду власних функцій (пуск, відключення, перемикання на нові режими, введення керуючих впливів, завантаження деталей в склад і т. д.) Можна виділити наступні типи АТК [7]:

- АТК інформаційного типу;
- АТК комбінованого (інформаційного-який дає поради) типу;
- АТК з прямим цифровим керуванням.

Структура АТК інформаційного типу показана на рис. 1.1(а). а реалізовані нею рівні ієрархії функцій управління - на рис. 1.1(б). Як видно з рис. 1.1(а), оператор може керувати ТОУ безпосередньо (вручну) і за допомогою системи дистанційного керування (за принципом "включено-виключено"). [7,8]

Переваги цієї структури АТК визначимо за допомогою порівняння її з системами ручного і дистанційного керування технологічними процесами.

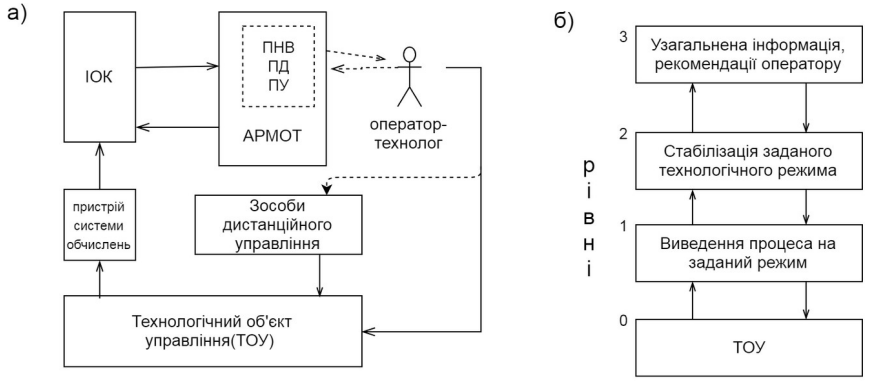


Рисунок 1.1-АТК Інформаційного типу

а)структура АТК; б)рівні ієрархії функцій управління;

До переваг можна віднести можливість: обробки в реальному масштабі часу функціонування ТОУ великого (з урахуванням швидкодії сучасних міні- і мікро-ЕОМ) потоку інформації про хід технологічного процесу і про стан

технічних засобів (обладнання) ТОУ; отримання оперативної техніко-економічної інформації про роботу АТК; отримання інформації в концентрованому вигляді на одному пристрої наочного зображення ІОК (у вигляді формуляра, графіка, словесних рекомендацій); документування ходу технологічного процесу і стану обладнання ТОУ в процесі експлуатації; отримання оператором оперативної інформації від ІОК в складних виробничих ситуаціях (в тому числі і аварійних). [7]

1.2. Принципи структура і зміст ергономічного проектування автоматизованих технологічних комплексів

На зміну машиноцентризму приходить розуміння того, що технічна частина системи є лише засобом праці, хоча і кібернетичним, але допоміжним елементом, що сприяє діяльності суб'єкта праці. В цьому суть антропоцентричного підходу до дослідження автоматизованих систем.

У загальному процесі проектування зовнішніх (машина, середовище) і внутрішніх (професійний відбір, навчання) коштів трудової діяльності КЕП являє специфічний, але неізольований розділ.

До складу основних завдань ергономічного проектування входять:

1) вибір чисельності персоналу і розподіл функцій між персоналом системи, тобто розробка загальної організації системи;

2) вибір ступеня автоматизації управління і контролю, тобто розподіл функцій між людиною-оператором і автоматичними пристроями машини на кожному індивідуальному робочому місці;

3) розробка інформаційної моделі і алгоритмів функціонування ЕТС;

4) проектування індивідуального (колективного) робочого місця;

5) проектування умов праці на робочому місці, а також одна допоміжна, спрямована на експертизу одного або конкуруючих варіантів

проектних ергономічних рішень, висунутих в процесі вирішення основних завдань КЕП.

Таким чином, основними проблемами, що виникають при вирішенні основних завдань ергономічного проектування АТК є:

- генерація проектних варіантів;
- моделювання проектних варіантів і отримання об'єктивних кількісних характеристик АТК для варіантів;
- вибір варіантупа підставі аналізу об'єктивних кількісних характеристик (оптимізація).

1.3. Показники автоматизованих технологічних комплексів, які використовуються при ергономічному проектуванні

Як вже зазначалося в пункті 1.2, один з основних принципів ергономічного проектування - принцип забезпечення максимальної ефективності системи. Про те, наскільки хороший варіант системи необхідно судити за кінцевим результатом - ступеня досягнення системою мети або характером процесу функціонування, що веде до досягнення мети. Номенклатура основних системних (прагматичних) показників процесу функціонування [12] наведена в додатку А.

1.4. Висновок до розділу 1

Після проведення ергономічного аналізу сучасних АТК, будо доведено факт підвищення ролі людини-оператора в АТК і нежиттєздатність концепції широкого застосування «безлюдних технологій».

Доведено необхідність людино-системного підходу до проектування АТК і розробки відповідних методів і засобів на основі ергономічного проектування.

Виникла необхідність прийняття рішень з вибору проектних варіантів АТК на основі розширеного (по відношенню до різних підходів до ергономічного прооектування) складу показників.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Мета та задачі дослідження

У зв'язку з останніми вимогами, що виникли через широке впровадження поліергатичних систем з жорсткими обмеженнями на час прийняття управлінських рішень, коли оператору-керівнику необхідно оперативно аналізувати процеси людино-машинної взаємодії, виникає необхідність аналізувати ФМ в автоматичному режимі (без участі людини). Існуючі засоби автоматизації аналізу ФМ, як зазначено в [5], мають резерви підвищення ефективності. Це викликало необхідність розробки нової мови опису ФМ. Така мова запропонована нами в роботах. Мова опису ФМ повинна бути доповнена моделями, що дозволяють аналізувати і розпізнавати ТФМ, щоб забезпечити автоматичний аналіз і оцінювання ФМ. Таким чином, завданням даного дослідження є розробка механізму розпізнавання ТФС для забезпечення процедури редукції ФМ, описаної моделлю.

Для оцінювання показників безпомилковості та часу виконання всього алгоритму використовують отримані в функціонально-структурній теорії ерготичних систем [15] моделі, які отримані для типових блоків ТФО – типових функціональних структур (ТФС).Реалізується процедура поетапного «згортання» ФМ – редукції. На жаль технологія такого згортання до сих пір не є автоматизованою через відсутність відповідних моделей. Таким чином, для того щоб автоматизувати оцінку діяльності необхідно розробити:

- мову опису ФМ;
- моделі ТФМ;
- алгоритм розпізнавання ТФС;

- алгоритм редукції ФМ.

2.2. Вибір методів дослідження

Для опису людино-машинних систем з урахуванням "людського фактора" в даний час використовується широкий спектр наук - від психології і біомеханіки до теорії управління та математичної логіки. Процеси функціонування ЛМС можуть бути описані рядом формальних систем [14,15,16,17]:

- логічні системи (формальні граматики, мережі Петрі і ін.);

- алгебраїчні системи (марковскі і напівмарковських процеси);

- мовно-алгебраїчні системи (мережі передування, PERT, GERT, МКП мережі, функціональні мережі).

Формальні граматики і відповідні їм автомати (машини Тьюринга, лінійно-обмежені автомати, кінцеві автомати) дозволяють описувати процес функціонування послідовної алгоритмічної системи як процес зміни станів в залежності від зовнішніх впливів.

Мережі Петрі [18] призначені для опису систем з паралельно функціонуючими і асинхронно взаємодіючими елементами. Даний апарат призначений в основному для вирішення завдань "якісного" характеру при проектуванні дискретних систем з паралелізмом: виявлення аварійних ситуацій і потенційно вузьких місць .

Алгоритмічні моделі (граф-схеми алгоритмів, логічні схеми алгоритмів, алгоритмічні алгебри Глушкова, схеми Янова) [14,19] дозволяють описувати тільки послідовні алгоритмічні системи і принципово не придатні для опису систем з паралельно функціонуючими елементами.

Основним недоліком всіх перерахованих методів є неможливість кількісної оцінки показників функціонування ергатичних систем(ЕТС).

Узагальнений структурний метод (УСМ), що лежить в основі функціонально-структурної теорії (ФСТ) ЕТС, як апарату опису АФ використовує функціональну мережу (ФМ) [29]. ФМ дозволяє описувати не тільки процеси виконання, але і процеси прийняття рішень.

Для опису АФ в апараті ФМ використовуються типові функціональні одиниці (ТФО). До їх числа відносяться функціонери, які відповідають реальним операціям і діям, і композіціонери (фіктивні операції), необхідні для встановлення логіко-функціональних зв'язків між функціонерами.

Для проведення кількісної оцінки показників якості і надійності функціонування ЕТС в апараті ФМ отриманий набір аналітичних виразів для найбільш частих структур, так званих типових функціональних структур (ТФС), що спрощує процедуру оцінки ФМ.

З аналізу ясно, що найбільшою мірою вимогу опису будь-якого АФ та можливості оцінки показників його ефективності, якості і надійності відповідає УСМ. У роботах Лаврова Е.А. розроблені моделі для оцінки якості виконання АФ АТК при різних варіантах організації, а також поставлено і вирішено комплекс оптимізаційних завдань ергономічного проектування [24,27,34,35,36].

Порівняльний аналіз методів опису і оцінки процесів функціонування ЛМС наведено в додатку Б.

2.3. Функціонально-структурна теорія ерготехнічних систем

Загальною метою розрахунків ефективності, якості і надійності ергатичних систем (систем «людина -техніка») є оцінка рівня ефективності, якості і надійності системи на основі обчислення кількісних значень показників, встановлених або обраних для даного типу системи.

Для формалізованого опису діяльності необхідного для введення інформації в комп'ютер необхідна спеціальна мова опису функціональних мереж.

Загальною метою розрахунків ефективності, якості і надійності ергатичних систем (систем «людина -техніка») є оцінка рівня ефективності, якості і надійності системи на основі обчислення кількісних значень показників, встановлених або обраних для даного типу системи.

Перелік основних ТФО наведені в додатку В.

При оцінці показників ефективності, якості і надійності ергатичних систем відповідно до методик справжніх «Рекомендацій» доводиться мати справу з трьома групами показників:

Група результуючих показників, які є результатом розрахунку і є оціночними для ергатичної системи в цілому або окремої функції:

π - ймовірність безпомилкового виконання функцій;

θ - ймовірність своєчасного виконання функцій;

φ - ймовірність правильного безпомилкового і своєчасного виконання функції;

T — час виконання функції;

U — дохід, отриманий від виконання функції;

Якщо при розрахунку результуючих показників використовуються випадкові величини (випадкове число операцій, циклів, змінні значення вихідних характеристик і т. П.) П.

Група вихідних показників, які відносяться до конкретної 1-й операції, що входить до складу функції, і на основі яких виробляється обчислення результуючих показників, визначаються експериментально.

β_i -ймовірність безпомилкового (або помилкового) виконання і-ї операції;

T_i - час виконання і-ї операції;

r_i - дохід (витрати), отримані від виконання і-ї операції.

Якщо вихідні показники є випадковими величинами (від впливу зовнішніх факторів на людину або з інших причин), то в розрахунок необхідно вводити їх математичні очікування і дисперсії.

Група проміжних показників, що з'являється в процесі виконання розрахунків показників для типових груп операцій по редукції [20,23,24]:

β_S - еквівалентна ймовірність безпомилкового (або помилкового) виконання, відповідної типової функціональної структури (ТФС);

T_S - еквівалентний час виконання типової функціональної структури;

ТФС наведені в додатку Г.

У зв'язку з цим деякі характеристики приймаються спочатку наближеними (орієнтовними), що знижує точність результатів розрахунку. Для оцінювання показників безпомилковості та часу виконання всього алгоритму використовують отримані в функціонально-структурній теорії ерготичних систем [34] моделі, які отримані для типових блоків ТФО – типових функціональних структур (ТФС).Реалізується процедура поетапного «згортання» ФМ – редукції.

2.4. Висновки до розділу 2

Ефективним апаратом моделювання діяльності оператора може бути апарат функціональних мереж проф. Губінського А.І.

Комп'ютерно-орієнтований опис діяльності оператора доцільно здійснювати з використанням мови опису функціональних мереж, яка включає:

- моделі ТФО
- моделі ТФС
- моделі ФМ
- модель редукції ФМ

Для реалізації процесу редукції необхідно виділити типові функціональн

3. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА АСУТП

3.1. Загальний алгоритм редукції

Дана мова забезпечує можливість виявляти ТФС в моделі ФМ і замінювати їх на еквівалентні ТФО. Таким чином, процес зменшення розмірності ФМ зводиться до маніпулювання малими описами ФМ, ТФС і ТФО. Основні етапи цього процесу показані на рис.3.1.

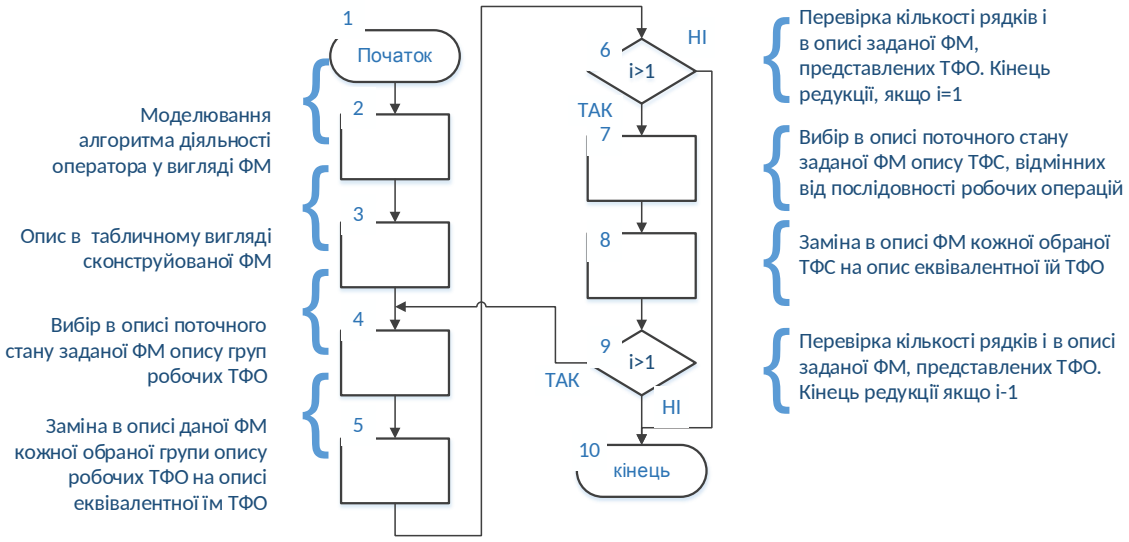


Рисунок 3.1- Основні етапи процеса редукції ФМ

Складемо збільшений алгоритм процесу зменшення розмірності ФМ:

Зобразити алгоритм діяльності оператора в вигляді функціональної мережі;

Описати в табличному (строчному) вигляді сконструйовану мережу O_{FS} за допомогою елементів і операцій опису, розроблених в моделях:

$O_{FS} = \langle \ldots \rangle$, (1)

де: o_{e_j} - *j*-й елемент описання в структурі алгоритма діяльності;

te_j – позначення в структурі алгоритма ТФО с елементом описання o_{e_j};

n- кількість елементів опису в структурі алгоритма;

$N_j,\{V_{j_l},L_{j_l}\}$ - описуюча операція, яка відповідає *j*–му елементу опису функціональної мережі. Позначає перехід типу V_{j_l} з ТФО з елементом опису o_{e_j} і номером N_j, на ТФО з номером L_{j_l};

η_j – кількість типів переходів, відповідаючих *j*–му елементу опису;

k_{e_j} - обмеження на кількість повторень в циклі.

Задати номеру збільшуючої підстановки і лічильнику ТФМ значення *1*: *k=1*; *m=1*;

Створити тимчасове опис функціональної мережі O_{FS_1} в відповідності з формулою (1) в табличному вигляді. Обрати в описі заданої ФМ рядки, які описують послідовність робочих операцій, і помістити її в опис ФМ з ім'ям O_{FS_1};

В описі ФМ з ім'ям O_{FS_1} кожну групу рядків, які описують послідовність робочих операцій, замінити рядком, який описує еквівалентну їм ТФО;

Створити опис протокола процеса зменшення розмірності ФМ PR_{FS} на мові опису ФМ [8] і помістити рядки для опису протокола на *k=1*. В вихідному описі ФМ з ім'ям O_{FS} обрані рядки, які описують послідовність робочих операцій замінити на рядки, які описують еквівалентну їм ТФО. Видалити всі рядки з опису O_{FS_1};

Перевірити кількість рядків в описі заданої ФМ з ім'ям O_{FS}, які описують ТФО: *i=кількість ТФО*;

Якщо *i=1*, перейти на 24, інакше перейти на 9;

Збільшити лічильник ТФС на *1*: *m=m+1*;

В описі функціональної мережі з ім'ям O_{FS} вибрати послідовності рядків, що представляють m-у ТФМ і помістити в опис функціональної мережі з ім'ям O_{FS_1};

Якщо кількість рядків в описі функціональної мережі з ім'ям O_{FS_1} порожня, то перейти на 19, якщо немає - замінити в O_{FS_1} рядки, що описують m-і ТФМ, на рядки, що описують еквівалентні їм ТФО;

Збільшити крок згортання на 1: $k = k + 1$. В опис протоколу процесу зменшення розмірності ФМ PRFS додати записи, що описують протокол згортання m - х ТФМ;

У вихідному описі функціональної мережі з ім'ям O_{FS} записи, що описують вибрані m-і ТФМ, замінити на записи з опису O_{FS_1}, що представляють еквівалентні їм ТФО;

Видалити всі рядки з опису O_{FS_1};

Вибрати в описі функціональної мережі з ім'ям O_{FS} рядки, що представляють послідовності робочих ТФО, і помістити їх в опис функціональної мережі з ім'ям O_{FS_1};

Якщо кількість рядків в описі ФМ з ім'ям O_{FS_1} порожня, то перейти на 19, інакше - замінити записи, що представляють послідовності робочих ТФО, на записи еквівалентних їм ТФО;

Збільшити крок згортання на 1: $k = k + 1$. В опис протоколу процесу зменшення розмірності ФМ PRFS додати записи, що описують протокол згортання послідовностей робочих ТФО;

У вихідному описі функціональної мережі з ім'ям O_{FS} вибрані рядки, що описують послідовності робочих операцій, замінити на рядки, що описують їм еквівалентні ТФО. Видалити всі рядки з опису O_{FS_1};

Перевірити кількість рядків в описі заданої функціональної мережі з ім'ям O_{FS}, що описують ТФО: i = кількість ТФО. Якщо i = 1, перейти на 24, інакше перейти на 20;

Перевірити умову "Є ще ТФС?". Якщо "Так", то збільшити лічильник ТФМ на одиницю: m = m + 1, інакше перейти до кроку 22;

Перейти до кроку 10;

Перевірити кількість рядків в описі заданої функціональної мережі з ім'ям O_{FS};

Якщо i> 1, перевірити опис функціональної мережі;

Кінець процесу зменшення розмірності функціональної мережі.

Вимагання детального розгляду пунктів зазначеного алгоритму, що стосуються виявлення згортаютання фрагментів функціональної мережі, тобто ТФМ, і заміни їх на еквівалентні ТФО.

Розробка моделей синтаксичного аналізатора функціональних мереж наведена в додатку Д

3.3. Моделювання елементів діяльності оператора виробництва з використанням програмного комплексу

Будемо вважати, що система забезпечення ергономічного якості АСУ. Інформаційна технологія реалізована, якщо вона забезпечує:

- оцінку варіантів діяльності оператора АСУТП;
- формування відповідей на запити типу «що буде, якщо?»;
- накопичення, зберігання і пошук даних для розрахункових і оптимізаційних процедур.

Таким чином, реалізація технології пов'язана з розробкою інформаційного і програмного забезпечення, що реалізує автоматизацію процедур перерахованих типів. Для забезпечення накопичення, зміни та зберігання вихідних даних використовується мова опису алгоритмів діяльності оператора.

До основних функціональних вимог відносимо:

- отримання оцінок прагматичних показників алгоритмів діяльності операторів-виконавців;
- забезпечення діалогової побудови моделей алгоритмів діяльності операторів-виконавців;
- забезпечення можливості формування і роботи з базою «типових технологій»
- накопичення результатів для моделювання алгоритмів діяльності;
- ведення нормативно-довідкової інформації;

Інформаційно-логічна модель наведено в додатку Е.

Програмний комплекс розроблений в середовищі MS Excel. Середовище автоматизації обране виходячи з того, що електронні таблиці є ідеальним засобом для виконання обчислень будь-якої складності без особливих витрат на програмування, забезпечують збереження великих масивів інформації типу реляційних баз даних - більше 60-ти тис. Записів на кожному аркуші робочої книги. Інструментальні засоби програмування Visual Basic for Application (VBA) дозволяють створювати готові програми та спеціальні надбудови MS Excel, що забезпечують високий рівень автоматизації обробки інформації.

Структура даних і їх розміщення на сторінках книги MS Excel наведено в додатку Е. Всі дані, програмні модулі, необхідні для моделювання, представляються книгою MS Excel: Оцінка_ФМ.xls;

Книга містить дані і засоби для автоматизованої оцінки алгоритмів діяльності операторів і для вибору оптимального алгоритма оператора на виконання потрібної функції.

Підтримка нормальної діалогу системи з оператором-керівником забезпечується призначеним для користувача інтерфейсом. Всі елементи інтерфейсу діляться на дві групи: форми і об'єкти. VBA містить графічне середовище, що дозволяє наочно конструювати екранні форми і керуючі елементи.

Одним з основних елементів інтерфейсу користувача є Головна форма системи (рис.3.3), яка відкривається натисканням кнопки «Форма оцінки АФ». Кнопка розміщена в верхній частині робочого аркуша «Оцінка АФ» робочої книги *Оцінка_ФМ.xls;*

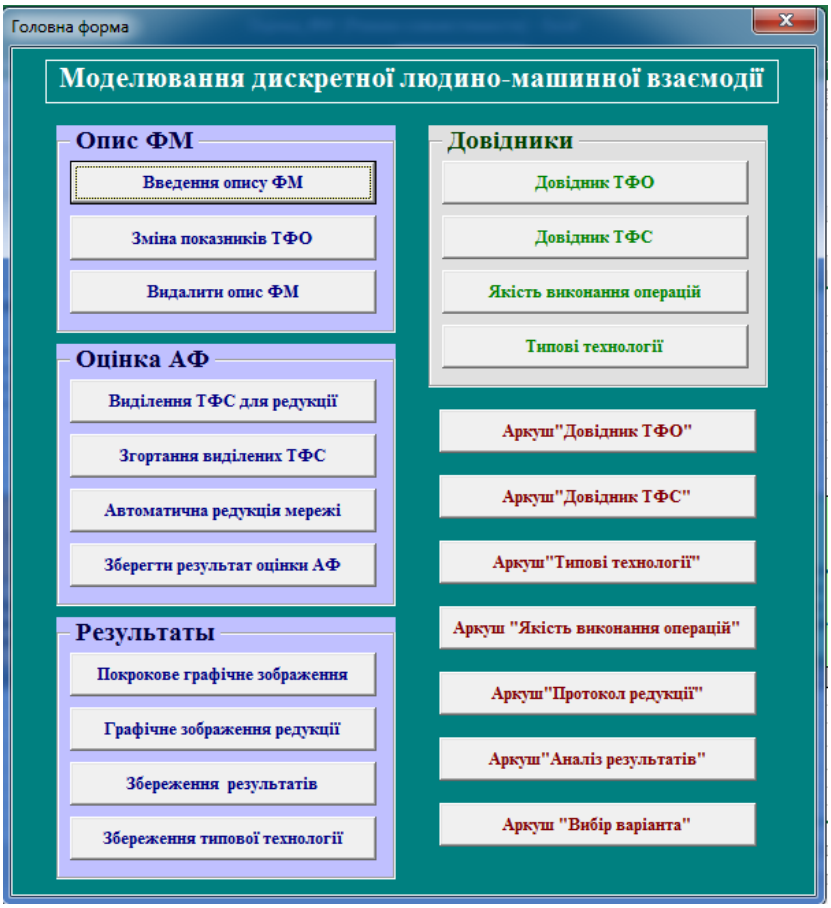


Рисунок 3.3. – Головна форма програмного комплекса

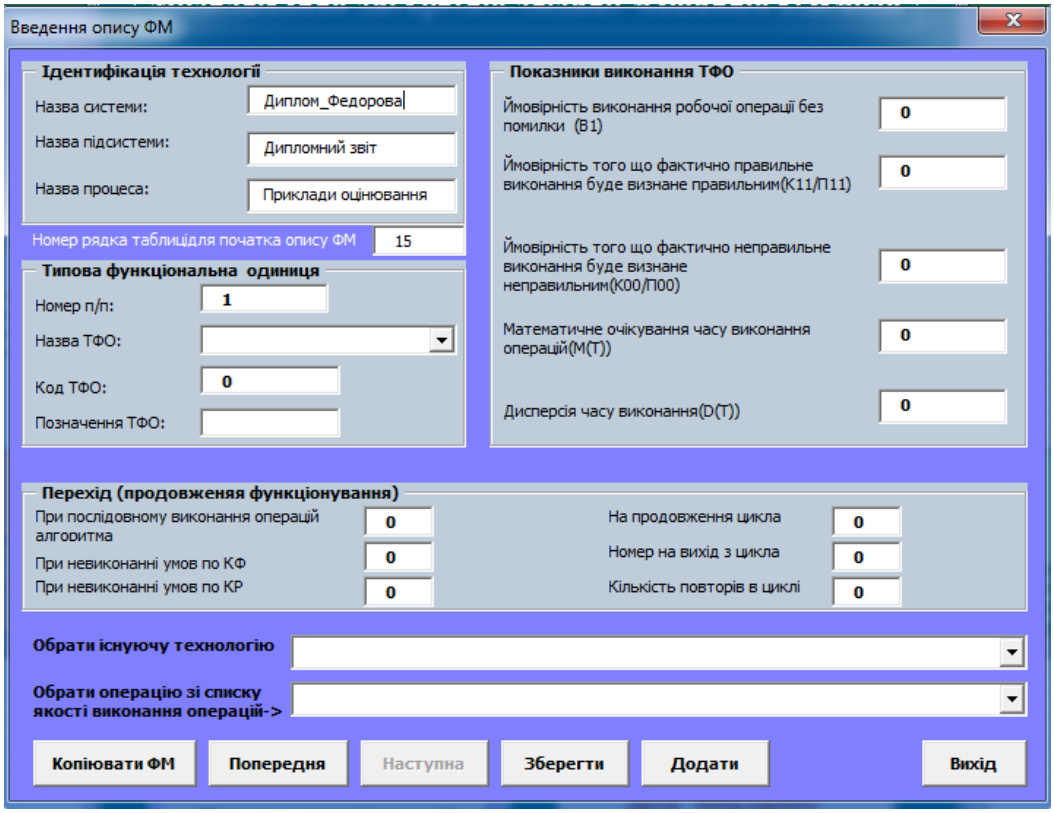


Рисунок 3.5. Форма введення опису функціональної мережі

Головна форма містить кнопки управління, які ініціюють виконання всіх програмних модулів системи. Написи на кнопках відповідають назвам програмних модулів. При натисканні кнопок головної форми, можуть відкриватися інші екранні форми, що містять поля введення, поля зі списками для вибору, графічне зображення ТФС і ТФО, факторів, що впливають, кнопки управління. Деякі з них наведені нижче. Кнопка «Введення опису ФМ» викликає форму Введення опису функціональної мережі. На формі є поля для значень функціональної мережі рис 3.4.

Кнопка «Зберегти результат оцінки АФ» викликає форму Результати оцінки ФМ.Надалі можна буде обрати цей збережений результат зі списку при введення нового АФ. Можливе інше збереження результату редукції на аркуш «Результати оцінки ФМ» у вигляді спеціальної таблиці з різними характеристиками АФ (рис. 3.6)

Показники якості виконання алгоритма					
Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма	Математичне очікування часу виконання алгоритма	Дисперсія часу виконання алгоритма	Ймовірність своєчасного виконання алгоритма	Заданний директивний час, То:	Ймовірність своєчасного і безпомилкового виконання
0,994	36,47	26,92	0,99544	50	0,98947

Рисунок 3.6.- Збереження даних на аркуш «Результати оцінки ФМ»

Моделювання процесів функціонування ЛМС здійснюється на основі апарату функціональних мереж, узагальненого структурного методу опису і кількісної оцінки АФ ЛМС [47].

Програма розроблена засобами Visual Basic for Application (VBA) з використанням бібліотечних функцій загальносистемної середовища MS Excel.Основні елементи користувача програмного комплексу та лістинг програми наведені в додатку Е. Інструкція користувача наведена в додатку Ж.

Моделювання елементів діяльності оператора для вибора ступеня автоматизації з допомогою програмного комплексу

Розглянемо задачу вибору ступіня автоматизації в гнучкій виробничій системі. Структура комплекса технічних, основних програмних та інформаційних засобів задана. Необхідно здійснити розподіл функцій спеціального процеса (алгоритма) функціонування автоматизованої транспортно- складської ситеми (АТСС) по реалізації заявки гнучкого виробничого модуля(ГПМ)на виконання транспортно-складської операції(доставка ГПМ зі склада блока з заготовками, формами та комплектом інструментальної наладки; доставка до сладу від ГПМ блока з готовими деталями і т.д).При цьому повинна бути забезпечена максимальна ймовірність безпомилкового виконання алгоритма, а ймовірність його реалізації за директивний час T_0 ±40 с повинна бути не менше 0,990.

Жорстке обмеження на часові параметри функціонува АТСС пояснюється тим, що несвоєчасне реалізація алгоритма викличе протоювання ГПМ, що потягне за собою зривання виконання планованого завдання.

- Виділеня наступні основні функціональні елементи(операції):
- Прийняття заявки на виконання транспортно-складської операції *f1*
- Визначення адреси комірки складу *f2*
- Введення завдання в локальну систему управління(ЛСУ) АТСС *f3*
- Реалізація транспортно- складської операції *f4*

Крім того можливе введення в алгоритм інших операції(не основних), призначення яких підвищити безпомилковість реалізації алгоритма. До них відносять наступні наступні контрольні операції: контроль над правильністю введення завдання в ЛСУ f_1^k; контроль над правильністю реалізації транспортно-складської операції f_2^k.

Аналіз можливостей людини-оператора і машини з виконання виділених операцій з врахуванням того, що основні технічні засоби задані і зміни ступеня автоматизації можливі за рахунок введення програмної реалізації деяких операцій, що дозволить сформувати множину можливих способів виконання кожної операції. Зміст усіх операцій наведено в таблиці 3.2. Відповідно до цих даних будемо аналізувати 5 варіантів одного алгоритма.

Таблиця 3.2- Зміст операцій алгоритма

Операція	Спосіб виконання операції				
	1	2	3	4	5
Прийняття заявок	Автоматичні зміни таблиці поточного стану ГПМ без	Автоматична зміна таблиці поточного стану ГПМ з поверненням	Автоматична зміна таблиці поточного стану ГПМ з поверненням	Фіксування оператором загорання сигнальної лампи на	Фіксування оператором загорання сигнальної лампи на

	повідомлення на термінал оператора	повідомлення на термінал і корегуванням заявки(якщо потрібно)	повідомлення на термінал і корегуванням заявки(якщо потрібно)	ГПМ	ГПМ
Визначення адреси комірки склада	Автоматично по моделі склада	Автоматично по моделі склада	Оператором по паперовому док.змоделлю склада	Оператором по паперовому док.з моделлю склада	Оператором в діалозі з УВК шляхом запита моделісклада
Введення завданння в ЛСУ	Автоматично (завдання вводиться з УВК)	Автоматично (завдання вводиться з УВК)	Оператором без контроля правильності введення алрес	Оператором з контролем правильності введення адреси по кожній координаті	Оператором з контролем правильності введення адрес одночасно по двом портам
Реалізація транспортно складської операції	Автоматично	Автоматично	Напів автоматично під управлінням оператора	Автоматично	Напів автоматично під управлінням оператора
Контроль правильності введення завдання	Здійснюється контроль	Здійснюється контроль	НЕ Здійснюється контроль	НЕ Здійснюється контроль	НЕ Здійснюється контроль
Контроль правильності виконання транспортно-складської операції	Здійснюється контроль	Здійснюється контроль	НЕ Здійснюється контроль	Здійснюється контроль	НЕ Здійснюється контроль

Для того щоб, побудувати модель алгоритма функціонування ЛМС, портібно визначити типи функціонерів, які необхідно поставити у відповідність виділенимфункціональним елементам:

f1- робоча ТФО(позначимо *P1*);

f2- робоча ТФО(позначимо *P2*);

f3- робоча ТФО(позначимо *P3*);

f4- робоча операція з самоконтролем працездатності (позначимо *RKR*, Контроль прцездатності введемо в звязку з великою ймовірністю відмови штабелера та транспортного візка);

f_1^k - контрольна ТФО(позначимо *К1*);

f_2^k - контрольна ТФО(позначимо *К2*);

Окрім введених основних і контрольних операцій в модель потрібно ввести операцію, яка відповідає ремонту технологічного обладнання f_1^p. Цій операції відповідають робоча ТФО позначимо її *Р4.* Враховуючи введені позначення побудуємо модель процесу функціонування ЛМС рис 3.7.

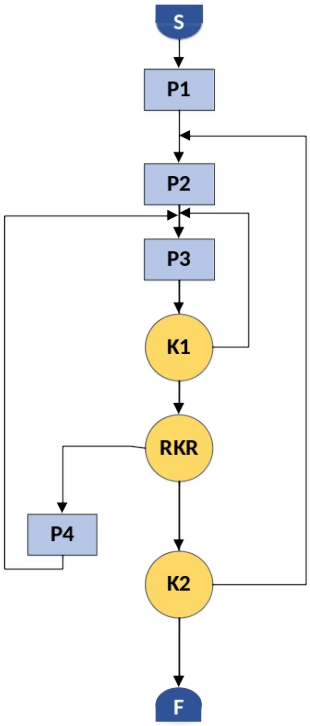


Рис. 3.7 – Алгоритм роботи оператора

В модель введені контрольні операції для забезпечення універсальності опису алгоритма функціонування(при такому підході немає необхідності кожного разу будувати нову модель).

У випадку, коли контроль не реалізується, операція стає фіктивною. Для того, щоб зобразити цей факт, відповідним чином будуть сформовані вхідні данні. $К^{11} = 1;\ К^{00} = 0;$ M(T)=0; D(T)= 0;

Таблиця 3.3- Вихідні дані для розрахунку значень показників якості

ТФО	Спосіб виконання ТФО				
	1	2	3	4	5
P1	B=0.9980 M(T)=1.7c D(T)=0.04 c²	B=0.999 M(T)=2.1c D(T)=0.1c²	B=0.999 M(T)=2.1c D(T)=0.1c²	B=0.998 M(T)=2.6c D(T)=0.08c²	B=0.998 M(T)=2.6c D(T)=0.08c²
P2	B=0.9965 M(T)=30 c D(T)=0.4 c²	B=0.9965 M(T)=30 c D(T)=0.4 c²	B=0.9980 M(T)=7.1c D(T)=0.9 c²	B=0.9980 M(T)=7.1c D(T)=0.9c²	B=0.9970 M(T)=4.9c D(T)=0.8c²
P3	B=0.9978 M(T)=2.9c D(T)=0.3 c²	B=0.9978 M(T)=2.9c D(T)=0.3 c²	B=0.9982 M(T)=10.1c D(T)=1.5c²	B=0.9995 M(T)=13.2c D(T)=1.9c²	B=0.9986 M(T)=10.8c D(T)=1.6c²
K1	K¹¹=0.9900 K°°=0.8 M(T)=1.7c D(T)=0.04 c²	K¹¹=0.9900 K°°=0.8 M(T)=1.7c D(T)=0.04 c²	K¹¹=1,0 K°°=0.0 M(T)=0.0c D(T)=0.0 c²	K¹¹=1,0 K°°=0.0 M(T)=0.0c D(T)=0.0 c²	K¹¹=1,0 K°°=0.0 M(T)=0.0c D(T)=0.0 c²
RKR	V=0.990 B=0.9985 П¹¹=0,990 П°°=0,8 M(T)=10c D(T)=0.8 c²	V=0.990 B=0.9985 П¹¹=0,990 П°°=0,8 M(T)=10c D(T)=0.8 c²	V=0.9990 B=0.9990 П¹¹=0,995 П°°=0,900 M(T)=18.8c D(T)=2.1 c²	V=0.990 B=0.9985 П¹¹=0,990 П°°=0,8 M(T)=10c D(T)=0.8 c²	V=0.9990 B=0.9990 П¹¹=0,995 П°°=0,900 M(T)=18.8c D(T)=2.1 c²
P4	B=0.9999 M(T)=30 c D(T)=3.5 c²	B=0.9999 M(T)=30 c D(T)=3.5 c²	B=0.9999 M(T)=30 c D(T)=3.5 c²	B=0.9999 M(T)=30 c D(T)=3.5 c²	B=0.9999 M(T)=30 c D(T)=3.5 c²
K2	K¹¹=0.9900 K°°=0.8 M(T)=2.7c D(T)=0.5 c²	K¹¹=0.9900 K°°=0.8 M(T)=2.7c D(T)=0.5 c²	K¹¹=1,0 K°°=0.0 M(T)=0.0c D(T)=0.0 c²	K¹¹=0.9900 K°°=0.8 M(T)=2.7c D(T)=0.5 c²	K¹¹=1,0 K°°=0.0 M(T)=0.0c D(T)=0.0 c²

В розробленому програмному комплексі було промодельовано 5 варіантів алгоритма. Всі обчислення дані були внесені до табл. 3.4.

Для розрахунку значень показників безпомилковості і часу виконання операцій використовувалися дані наведені в таблиці 3.3. Так відповідно до кожного алгоритма ми маємо різні комбінації характеристик операцій. Оскільки ймовірність своєчасного виконання залежить від директивного

часу, то її було промодельовано на 4 можливих варіантах, для вибору оптимального результата

Таблиця 3.4- Результати обчислень

	Директивний час To	1	2	3	4(мін автомати зація)	5
Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма **B**	-	0,9940	0,9982	0,996	0,9993	0,994
Математичне очікування часу виконання алгоритма **M(т)**	-	23,828	24,228	38,4	36,55	37,47
Дисперсія часу виконання алгоритма **D(т)**	-	31,408	31,46	27,7	47,82	26,98
Ймовірність своєчасного виконання алгоритма **Рсв(To)**	35	0,97689	0,97260	0,25914	0,41132	0,38847
	40	0,97722	0,99754	0,61944	0,69108	0,75186
	45	0,99992	0,99989	0,89508	0,88914	0,94992
	50	0,99999	0,99999	0,98624	0,97411	0,97411
Ймовірність своєчасного і безпомилкового виконання **B*Рсв(To)**	35	0,97422	0,97085	0,25810	0,41103	0,38613
	40	0,97113	0,99574	0,61696	0,69059	0,74735
	45	0,99719	0,99809	0,89150	0,88851	0,94422
	50	0,99726	0,99819	0,98229	0,97343	0,98947

Для порівняння показників по алгоритмам побудуємо відповідні графіки залежностей(рис. 3.8-3.9).

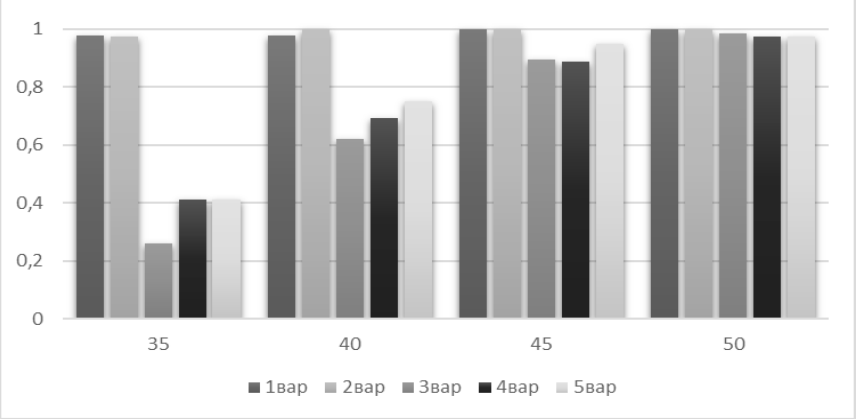


Рисунок 3.8- Діаграма залежності ймовірності своєчасного виконання алгоритма від директивного часу

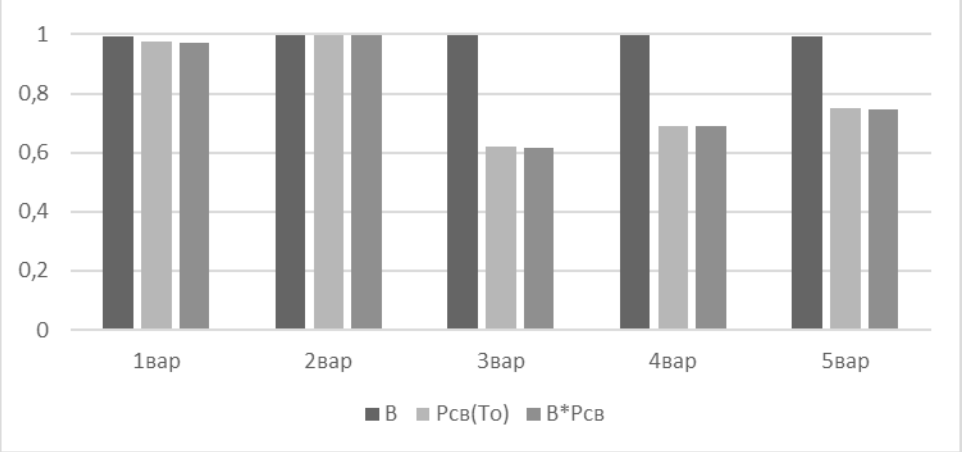


Рисунок 3.9 - Діаграма залежності характеристик виконання від варіанта алгоритма

Для вибору повинна бути забезпечена максимальна ймовірність безпомилкового виконання алгоритма, а ймовірність його реалізації за директивний час T_0 ±40 с повинна бути не менше 0,990. З першої діаграми помітно що найкраще заданому початково часу T_0=40 відповідає другий варіант. Цей варіант має також найвищі значення ймовірності своєчасного виконання алгоритма та ймовірності безпомилкового виконання. Отже, початковим умовам вибору найбільше відповідає 2й варіант. Скріншоти результатів моделювання з допомогою програмного комплекса наведені у додатку Ж.

Висновок до розділу 3

Комп'ютерно орієнтований опис діяльності оператора доцільно здійснювати з використанням мови опису функціональних мереж

Розроблена технологія, заснована на використані Excel і VBA, дозволяє моделювати довільну дискретну діяльність оператора-технолога АСУТП.

Проведене тестове моделювання підтверджує достовірність результатів, отриманих за допомогою програмного комплексу.

ВИСНОВКИ

Ефективним апаратом моделювання діяльності оператора може бути апарат функціональних мереж проф. Губінського А.І.

Комп'ютерно-орієнтований опис діяльності оператора доцільно здійснювати з використанням мови опису функціональних мереж, яка включає:

- моделі ТФО
- моделі ТФС
- моделі ФМ
- модель редукції ФМ

Для реалізації процесу редукції необхідно виділити типові функціональні структури діяльності, для яких існують виведені математичні моделі.

Використання системи дозволить суттєво зменшити затрати часу на розробку заходів з підвищення надійності інформаційних систем за рахунок повної автоматизації розрахунків.

Проведене тестове моделювання задачі вибору, підтвердило правдивість та коректність результатів з допомогою розробленого програмного комплекса.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1.Лавров Е.А., Скиданенко А.С.//Эргономические резервы повышения эффективности АСУТП производства удобрений. Сучасні інформаційні системи і технології: матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції, м.Суми,21-24 травня 2013 р. / редкол.А.С. Довбиш, О.А. Борисенко, О.В. Бондар. - Суми: Сумський державний університет, 2013- С.53-54.

2.Леонов А.А., Ревзин Ф.Я. Автоматизация химических производств и пути ее развития. М., "Химия", 1967.-96с.

3. Лучиков Ю.М., Ровенков В.И. Ж. "Химическая промышленность", 1967, II, -73с.

4. Резолюция симпозиума "Психофизиология труда диспетчеров, операторов и аппаратчиков автоматизированного производства". Горький, 1974.-33 с.

5. "Организация, нормирование и оплата труда рабочих на аппаратурных процессах". Методические рекомендации. М., НИИ труда, 1977.-75 с.

6. Зинченко В.П., Мунипов В.М. К проблеме классификации видов операторской деятельности. В кн. "Психофизиология труда операторов автоматизированного производства". М., 1974. -25 с.

7. СНиП II-А.9-71. Искусственная освещенность.

8.Методические рекомендации по оценке надежности и эффективности систем «человек—техника». Под ред. А. И. Гусинского. М., Изд-во АН СССР, 1971. – 95 с.

9.Справочник по надежности т. з. Пер. с англ. Под ред. Б. Е. Бердичевского. М., «Мир», 1970. – 210 с.

10.Надежность и эффективность комплексных систем «человек—техника». Ч. 3. Под ред. А. И. Губинского. Л., ЛДНТП, 1970. – 235 с.

11.Авиационные и цифровые системы контроля и управления. Под. ред. В. А. Мясникова и В. П. Петрова. Л., «Машиностроение», 1976. – 240 с.

12.Губинский А. И., Кобзе в В. В. Оценка надежности деятельности человека-оператора в системах управления. М., «Машиностроение», 1974. – 365 с.

13.Ховард Р. А. Динамическое программирование и марковские процессы. М., «Сов. радио», 1980 – 275 с.

14.Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. Пер. с англ. /Под. ред. В. Н. Калашникова М.: Мир, 1979. – 638 с.

15.Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. Л.: Наука, 1982. - 270с.

16.Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоиздат, 1981. - 232 с.

17. Сильвестров Д.С. Полумарковские процессы с дискретным множеством состояний (основы расчета функциональных надежностных характеристик стохастических систем). – М.: Сов.радио, 1980. – 272 с.

18. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас; пер. с англ. / Под ред. Б.Г. Сушкова. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

19. Зараковский Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. – М.: Наука, 1966. – 112 с.

20. Зараковский Г.М.. Павлов В.В. Закономерности функционирования эргатических систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.

21. Попович П.Р., Губинский А.И., Колесников Г.М. Эргономическое обеспечение деятельности космонавтов. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.

22. Губинский А.И., Гриф М.Г., Цой Е.Б. О некоторых алгоритмах оптимизации систем «человек-техника» // Применение ЭВМ в оптимальном планировании и проектировании. – Новосибирск: НГУ, 1981, - С. 148-154.

23. Ашеров А.Т. Обеспечение эффективности функционирования АСУ на этапе проектирования // Экономика и математические методы, 1975, №1. – С.178-179.

24. Ашеров А.Т., Исаенко С.Г., Лавров Е.А. Разработка моделей для оценки надежности системы управления гибкими производственными системами (СУ ГПС). / / III Конференция молодых ученых и специалистов приборостроительной промышленности. – М., 1986. – С. 64-66.

25. Ашеров А.Т., Лавров Е.А., Исаенко С.Г. Подход к оценке надежности системы управления ГПС. // Расчет и управление надежностью больших механических систем. Информационные материалы VI Всесорюзной школы. – Тернополь-Свердловск, 1986. – С. 69-71.

26. Ашеров А.Т., Лавров Е.А., Исаенко С.Г. Метод формализованного описания процесса функционирования элементов ГПС для оценки показателей надежности //ежности //и типизации АСУ ГПС. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара (г. Харьков, ноябрь 1987 г.) Часть 1. – М., 1987. –С 14-15.

27. Лавров Е.А., Ашеров А.Т., Бланк Н.М. Оценка времени выполнения задания системой «человек-машина» при различных законах распределения времени выполнения отдельных операций // III всесоюзная научно-техническая конференция «Методы синтеза типовых модульных систем обработки данных». Кишинев. 18-21 октября 1988. тезисы докладов. –М., 1988. –С. 59-60.

28. Лавров Е.А., Волонцевич А.А. Пути оценки надежности программного обеспечения банка эргономических данных // Всесоюзная конференция «Автоматизация эргономических исследований, проектирования и испытаний систем «человек-машина». – Л., 1984. – С27-29.

29.Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник/ Адаменко А.Н.,

Ашеров А.Т., Лавров Е.А. и др.. под общ. ред. Губинского А.И. и Евграфова Е.Г.- М., Машиностроение, 1993. – 528с.

30.Губинский А.И. Эргономическое проектирование судовых систем управления / А.И. Губинский, В.Г. Евграфов. - Л.: Судостроение, 1977. - 224с.

31.Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашеров, И. Л. Бердников и др.; Под общ. ред. А. И. Губинского и В. Г. Евграфова. - М.: Машиностроение, 1993– 528 с.

32.Адаменко А.Н. Автоматизация анализа функциональных сетей на основе использования языка исчисления предикатов и системы логического вывода ”Пролог-СМ” / А.Н. Адаменко, А.Л. Медынцев// Известия ЛЭТИ , вып 358,- Л., 1985, -С. 61-65

33.Ротштейн А.П. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий /А.П. Ротштейн, П.Д. Кузнецов.- К.: Техніка, 1992.-245с.

34.Лавров Є.А. Інформаційна технологія ергономічного проектування автоматизованих технологічних комплексів/ Є.А. Лавров, О.В. Кошман // Вісник Сумського державного аграрного університету, Випуск 3- Суми, 1999.- С.31-37.

35. Лавров Е.А., Пасько Н.Б., Excel – технология эргономического моделирования дискретных человеко-машинных систем/ Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія “Механізація та автоматизація виробничих процесів”. – Суми: СНАУ, 2008. - Вип. 1(17). – С. 82-94.

36. Е.А.Лавров, Н.Б.Пасько Подход к поддержке принятия решений о распределении функций между операторами АСУ// Восточно-Европейский журнал передових технологий. Сер. Системы управления. - Харків, 2008 - 2/2 (32) - 2008. - С. 63-67

37. Постник М.И. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях: Учебник. Мн.: Выш.шк., 2003. – 398 с.

ДОДАТОК А. ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, ЯКОСТІ І НАДІЙНОСТІ АТК

Незважаючи на велику важливість і пріоритетність прагматичних показників, вважаємо, що проектування АТК з урахуванням тільки цієї групи показників(табл А.1), як це робиться в ряді робіт [11,13,14,16] є не зовсім коректним, тому що при цьому не враховуються групи показників, які використовуються при інженерно-психологічному підході до проектування [18,19,20,21,25] що характеризують умови діяльності людини.

Тому додатково введемо в розгляд ряд інших показників.

Група "Економічні показники"! [18]:

- приведені витрати;
- капітальні витрати;
- експлуатаційні витрати;

Таблиця А.1 Основні показники ефективності, якості і надійності АТК (прагматичні).

Назва властивості	Назва показника
Ефективність	Імовірність безпомилкового і своєчасного виконання процесу функціонування. Вартісні витрати на виконання процесу функціонування
Продуктивність	Закон розподілу часу реалізації процесу функціонування і його моменти: математичне очікування і дисперсія Імовірність своєчасної реалізації процесу функціонування
Структурна надійність	Імовірність безвідмовної роботи системи за час виконання функції Імовірність знаходження системи в стані готовності в момент надходження заявки на виконання функції Імовірність того, що система знаходиться в стані готовності в момент надходження заявки на виконання функції і виконає визначену функцію, якщо виникають через відмови в період виконання функції перерви на їх усунення не перевищать допустимого часу
Функціональна надійність	Ймовірність безпомилкового виконання функцій

Група "Показники складності завдань" [22]:

- стереотипність;

- логічна складність.

Група "Показники інформаційного навантаження і напруженості оператора :

- коефіцієнт завантаженості;

- період зайнятості;

- коефіцієнт черги;

- довжина черги сигналів;

- час очікування початку обробки сигналу;

- швидкість надходження інформації;

- напруженість.

Можливі й інші групи показників. Включення до складу розглянутих показників прагматичних і економічних показників забезпечить задоволення вимог до ефективності АТК, інші показники будемо використовувати для оцінки відповідності варіантів організації АТК, пропонованим вимогам до умов діяльності операторів.

ДОДАТОК Б. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПИСУ І ОЦІНКИ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ

Таблиця Б.1.

Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
1. Загальні дані						
1.1 основний автор	Ляпунов А.А	Ахьюджа Х.	Прицкер А.А	Гусаков А.А.	Губінский А.И. Ашеров Т.А.	Ротштейн А.П.
1.2 Рік розробки	1960	1979	1972	1972-1974	1969-1981 1977-1993	1990-1997
1.3 Основна спрямованість методу	опис алгоритмів	Опис і оцінка комплексів робіт в промисловості і будівництві	Опис і оцінка довільних процесів	Опис і оцінка організаційно-технологічної надійності комплексів робіт в будівництві	Універсальна орієнтація на опис і оцінку будь-яких процесів функціонування. Опис і оцінка ефективності функціонування дискретних інформаційно виробничих	Опис і оцінка бездефектного функціонування промислових ЧМС, в тому числі в нечітких умовах

					ерготехніческіх систем	

Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
1.4 Наявність засобів автоматизації моделювання	Ручні	На різних класах ЭВМ	На ЕС ЭВМ	На ЕС ЭВМ	На ЕС ЭВМ ПК	Персональні комп'ютери MS DOS
2. Описові можливості метода						
2.1 форма подання АФ ЭТС	Граф работ (вершины – работы, дуги – отношение следования во времени)	Граф робіт (вершини - роботи, дуги - відношення слідування в часі)	Граф подій (вершини - події, дуги - роботи)	Граф подій (вершини - події, дуги - роботи)	Граф "робіт-подій" (вершини двох типів: роботи і події, дуги - відношення слідування в часі з широкими логічними функціями)	Граф подій (вершини - події, дуги - роботи)
2.2 Склад символів алфавіту	Две работы (оператор и логическое условие)	Тільки одновихідні роботи	Одновихідні і двовихідні роботи	Тільки одновихідні роботи	П'ятнадцять функціонерів і чотирнадцять композіціонеров	Три оператора робіт і два оператора умов

Продовження таблиці Б.1.

Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
2.3 Можливість представлення						
а) послідовних робіт	Так	Так	Так	Так	Так	Так
б) паралельних робіт з ФАЛ на вході "І"	Ні	Так	Так	Так	Так	Так
в) паралельних робіт з ФАЛ на вході "АБО виключити" /" АБО включити"	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
г) паралельних робіт з ФАЛ на вході "І"	Ні	Так	Так	Так	Так	Так

Продовження таблиці Б.1.

Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
д) параллельных работ из ФАЛ на выходе "ИЛИ исключить" /" ИЛИ включить"	Так/Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
е) циклов (возвращен)	Так	Ні	Так	Ні	Так	Так
ж) циклов (доопрацювань)	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
3. Можливості обліку та подання переривань робіт через виявлені збої, помилки, відмови						
	Ні	Ні	Ні	Ні	Так	Так
4. Можливості обліку не знайдених збоїв, помилок, відмов						
	Ні	Ні	Ні	Ні	Так	Так
	5. Основні недоліки метода					
	Слабкі логічні можливості	Неврахування переривань робіт через помилки, відмови	Неврахування переривань робіт через помилки, відмови	Неврахування переривань робіт через помилки, відмови	Висока складність методу	Висока складність методу

Продовження таблиці Б.1.

Продовження таблиці Б.1.

Метод Характеристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
6. Загальна оцінка описових можливостей						
	Примітивна (історично перша спроба)	Слабка	Гарна	Слабка	Найбільш висока з усіх існуючих на сьогодні	Висока
7. Можливості оцінки методом						
7.1 Облік стохастичности результатів (через помилки і відмови)	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так
7.2 Облік стохастичности часу виконання роботим	Ні	Так	Так	Ні	Так	Так

Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
8. Характиристики часу розподілу						
8.1 Закон розподілу	Ні	Бета-разподіл	Нормальний або бета-разподіл	Нормальний або бета-разподіл	Гамма-розподіл (експоненціальний, нормальне, дискретний розподіл)	Різні функції розподілу
8.2 Показники	Ні	Параметри розподілу бети	Математичне очікування і дисперсія	Математичне очікування і дисперсія	Математичне очікування і дисперсія	Математичне очікування і дисперсія
9. Загальна характеристика можливостей оцінки						
9.1 Рівень	Нульовий	Тільки часові характеристики	Тільки часові характеристики (з урахуванням імовірнісних результатів)	Тільки часові характеристики (з урахуванням імовірнісних результатів)	Як часові характеристики так і характеристики бездефектності (з урахуванням помилок, структурних відмов, оргвідмов)	Як часові характеристики так і характеристики бездефектності (з урахуванням помилок, структурних відмов, оргвідмов)

Продовження таблиці Б.1.

Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
9.2 Наукоемкість (міра використання аналітичних моделей		Слабка	Середня	Слабка (тільки імітаційні моделі)	Висока (в основі аналітичні моделі)	Висока (в основі аналітичні моделі)
9.3 Можливість розширення номенклатури оцінюваних показників		Ні	Ні	Є	Є (можливо доповнити дорогою номенклатурою якісні та кількісні показники)	Є (можливо доповнити дорогою номенклатурою якісні та кількісні показники)
9.4 Складність отримання оцінки		Середня	Підвищена	Середня	Висока	Висока

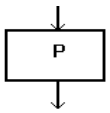
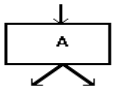
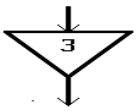
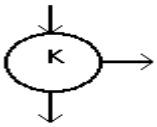
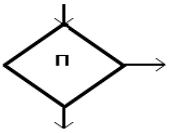
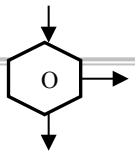
Продовження таблиці Б.1.

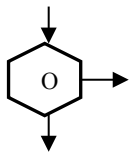
Метод Характе-ристика	Граф-схеми алгоритмів (ГСА)	Мережі PERT	Мережі GERT	Імітаційні моделі організаційно-технологічної надійності (ОТН)	Функціональні мережі	
					Граф-схеми	Функціональні мережі алгебраїзму
10. Загальна оцінка метода						
	Придатний тільки для опису структур алгоритмів і процесів	Придатний для оцінки часових характеристик процесів з обмеженою логікою	Придатний для оцінки часових характеристик процесів з ймовірними наслідками і розширеної логікою	Придатний для оцінки часових характеристик і своєчасності виконуваних процесів	Придатний для оцінки часових і надежностних характеристик будь-яких процесів функціонування ЕТС з урахуванням помилок, структурних відмов і оргвідмов	Придатний для оцінки часових і надежностних характеристик будь-яких процесів функціонування ЕТС з урахуванням помилок, структурних відмов і оргвідмов

Продолжение таблицы Б.1

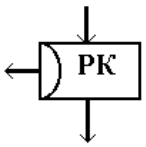
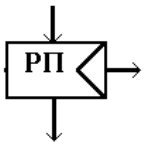
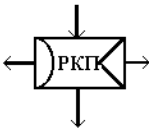
ДОДАТОК В. ТИПОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОДИНИЦІ.

Таблиця В.1- Типові функціональні одиниці.

Види функціонерів	Назва	Умовне позначення
	Робочий	
Основні	Логічний (Альтернативний)	
	Затримки	
	Функціональний контроль	
Допоміжні	Діагностичний контроль	
	Організаційний контроль	

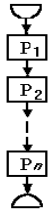
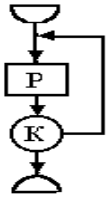


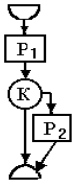
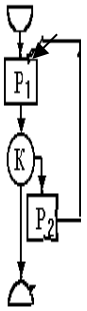
Продолжение таблицы В.1.

Назва	Умовне поначення
Робочий з одночасним контролем результатів функціонування	
Робочий з одночасною діагностикою техніки	
Робочий з одночасним контролем результатів функціонування і діагностикою техніки	

ДОДАТОК Г. ТИПОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ СТРУКТУРИ.

Таблиця-Г.1. Типові функціональні структури.

Зміст типової функціональної структури (ТФС)	Схема ТФС	Показник	Розрахункова формула
1. Послідовне виконання робочих операцій, RR		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = \prod_{i=1}^{n} B_i$
		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X) = \sum_{i=1}^{n} M(X_i)$ $X = \{T, W, C\}$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(X) = \sum_{i=1}^{n} D(X_i)$ $X = \{T, W, C\}$
2. Циклічна функціональна схема "Робоча операція з контролем функціонування без обмеження на кількість циклів", RK		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = B^1 * K^{11} * \frac{1}{1 - (B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00})}$
		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X) = (M(X_p) + M(X_к)) * M(L)$ $M(L) = \frac{1}{1 - (B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00})}$ $X = \{T, W, C\}$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(X) = D(L) * (M(X_p) + M(X_к))^2 +$ $(D(X_p) + D(X_к)) * M(L)$ $D(L) = \frac{B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00}}{(1 - (B^1 * K^{10} + B^0 * K^{00}))^2}$ $X = \{T, W, C\}$
Рабочая операция с контролем функционировани		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B = B_1^1 * K^{11} +$ $(B_1^0 * K^{00} + B_1^1 * K^{10}) * B_2^1$

Зміст типової функціональної структури (ТФС)	Схема ТФС	Показник	Розрахункова формула
я и исправлением ошибки без циклов, *RKR1*		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X)=M(X_{p1})+M(X_{к})+$ $(B_1^0*K^{00}+B_1^1*K^{10})*M(X_{p2})$ $X=\{T,W,C\}$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(X)=D(X_{p1})+D(X_{к})+$ $(B_1^0*K^{00}+B_1^1*K^{10})*D(X_{p2})+$ $(B_1^0*K^{00}+B_1^1*K^{10})*$ $(B_1^1*K^{11}+B_1^0*K^{01})*M^2(X_{p2})$ $X=\{T,W,C\}$
Циклава ФС «Рабочая операция с контролем функционировани я, исправлением и повторением рабочей операции без ограничения на количество циклов», *RKR*		Ймовірність безпомилкового виконання операції	$B=\dfrac{B_1^1*K^{11}(1-K^{00}*B_2^0)}{K^{01}+B_1^1*B_2^1(K^{11}-K^{01})}$
		Математичне очікування часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$M(X)=M(X_{p1})+M(X_k)+[M(X_{p1})+$ $*\dfrac{B_1^1*K^{10}+B_1^0*K^{00}}{1-(B^1K^{10}+B^0*K^{00})}$, где $B^1=B_1^1*B_2^1;\quad B^0=1-B^1$
		Дисперсія часу виконання операції (трудомісткості, вартості)	$D(T)=D(X_{p1})+D(X_k)+[D(X_{p1})+$ $*\dfrac{B_1^1*K^{10}+B_1^0*K^{00}}{1-(B^1K^{10}+B^0*K^{00})}+$ $+\dfrac{B_1^1*K^{10}+B_1^0*K^{00}}{(1-(B^1K^{10}+B^0*K^{00}))^2}*$ $*\dfrac{B_1^1*K^{10}+B_1^0*K^{00}}{1-(B^1K^{10}+B^0*K^{00})}*$ $*\dfrac{B_1^1*K^{11}+B_1^0*K^{01}}{(1-(B^1K^{10}+B^0*K^{00}))^2}*$ $*[M(X_{p1})+M(X_{p2})+M(X_k)]^2$ где $X=\{T,W,C\}$

ДОДАТОК Д. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ СИНТАКСИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ФМ

Синтаксис для операцій

Позначимо опис в загальному вигляді (тобто, для ФМ, або для ТФС, або для ТФО, або для протоколу редукції) символом «R», рядок опису в загальному вигляді - r.

Введемо поняття сумісних описів: два описи будуть сумісні, якщо вони мають однаковий склад елементів в рядку опису.

Нехай задані два сумісних описи R_1 і R_2.

Об'єднанням *Union* двох сумісних описів R_1 і R_2 буде опис R, який містить сукупність рядків заданих описів, причому, першими в описі R вказуються рядки опису

R_1: $R = R_1$ *Union* $R_2 ::= \{ r \mid r \in R_1 \vee r \in R_2 \}$

Позначимо операцію *Union* в функціональному вигляді:

R_1 Union R_2::=Union(R_1, R_2)

Перетин *Intersect* двох сумісних описів R_1 і R_2 буде опис R, який містить безліч рядків, що належать одночасно до R_1 і опису R_2:

$R = R_1$ *Intersect* $R_2 ::= \{ r \mid r \in R_1 \wedge r \in R_2 \}$

Позначимо операцію *Intersect* в функціональному вигляді:

R_1 Intersect R_2::=Intersect (R_1, R_2)

Різниця *Minus* двох сумісних описів R_1, R_2 буде опис R, який містить безліч рядків, що належать опису R_1 і не належать опису R_2:

$R = R_1$ *Minus* $R_2 ::= \{ r \mid r \in R_1 \wedge r \notin R_2 \}$

Позначення операції *Minus* в функціональному вигляді:

R_1 *Minus* R_2::=*Minus* (R_1, R_2)

Опис технології розпізнавання для ТФС

Моделі ТФО для опису ФМ розглянуті в роботі [35]. Виходячі з цього далі розробимо :

- правила синтаксису для операцій
- формальний опис технології розпізнавання ТФС та моделі ТФС

Процес зменшення розмірності ФМ полягає в тому, що виділення на кожному кроці процесу в структурі алгоритму ТФС і заміна їх на еквівалентні ТФО триває до тих пір, поки вся функціональна мережа не буде зведена до однієї еквівалентної ТФО, якщо це можливо. Тобто, на кожному кроці процесу структура алгоритму функціонування характеризується певним станом. Введемо позначення:

k – крок процесу зменшення розмірності ФМ, $k \in N$;

$f_k = f(k)$ – стан функціональної мережі на k-му - кроці процесу;

G_f – безліч станів функціональної мережі в процесі згортання, $f_k \in G_f$;

$k_0 = 0$ – початковий крок процесу зменшення розмірності ФМ;

$f_0 = f(k_0)$ – початковий стан функціональної мережі, $f_0 \in G_f$.

G_α – безліч правил розпізнання згортання фрагментів функціональної мережі;

$\alpha_j \in G_\alpha$ – правило обчислення в структурі алгоритму ТФМ для згортання;

$u_k = u(k)$ – протокол згортання на k-му кроці процесу.

САФС **-** це математична структура, яка представлена перехідним відображенням $R:(k;k_0,f,\alpha) \rightarrow f(k)$ для стану структури алгоритму функціонування $f(k) \in G_f$, досягнутого на кроці процесу зменшення розмірності ФМ $k \in N$ при застосуванні правил виявлення ТФМ $\alpha \in G_\alpha$, якщо на початковому етапі k0 = 0 початковий стан структури алгоритму функціонування було $f_0 = f(k_0)$, $k_0 \in N$, а також відображенням виходу - протоколу процесу зменшення розмірності ФМ $u(k) = \eta(k,f(k))$.

$$f_{k+1} = f_k \overset{\circ}{\bar{a}}_k , \qquad (2)$$

де:

f_k - стан функціональної мережі на k-му кроці процесу згортання, представлений в рядковому (табличному) вигляді формулою (1) за допомогою мови опису функціональної мережі;

$\bar{a}_k=(\alpha_1, \alpha_2,... \alpha_m)_k$ - стан функціональної мережі на k-му кроці процесу згортання, представлений в рядковому (табличному) вигляді формулою (1) за допомогою мови опису функціональної мережі;

α_j - правило виявлення в структурі алгоритму j-й ТФС для згортання,

m = 18. Правила розпізнавання ТФМ задаються предикатами, операнди яких належать множинам елементів опису і операцій опису та використовуються при описі функціональної мережі (1).

З метою апроксимації моделі (2), і, з огляду на, що стан функціональної мережі fk представляється в рядковому вигляді формулою (1), відображення $R:fk,\alpha_k \rightarrow f_{k+1}$ досліджуємо як послідовність виразів, що проводять рядковий опис, що відповідає стану функціональної мережі fk (позначимо опис через *OFS_k*), до строчного опису, що відповідає стану функціональної мережі fk + 1 (позначимо опис через *OFS_k + 1*).

Таким чином, формула (2) апроксимується як послідовність ітераційних формул над зазначеними описами:

(3)

Символ крапки в першій формулі означає, що число «аліасів» залежить від типу розпізнаваної ТФС в структурі алгоритму.

Моделі для розпізнавання ТФС

1. Розпізнавання ТФС «послідовне виконання робочих операцій» Fs_{RR}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_1) \quad (4)$$

де:

2. Розпізнавання ТФС "робоча операція з контролем функціонування без обмеження на кількість циклів»:- Fs_{RK}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k} o_1, O_{FS_k} o_2, a_2) \quad (5)$$

де:

3. Розпізнавання ТФС «робоча операція з контролем функціонування, доопрацюванням і повторенням робочої" - Fs_{RKR}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, O_{FS_k}o_3, a_3) \quad (6)$$

де:

4. Розпізнавання ТФС "Контроль працездатності з ремонтом без обмеження на кількість циклів» "- Fs_{PR}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, a_4) \quad (7)$$

де:

5. Розпізнавання ТФС «n-кратне повторення робочої операції з прийманням за всіма успішними виходами»- Fs_{CRF}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, a_5) \quad (8)$$

6. Розпізнавання ТФС «n-кратне повторення робочої операції з прийманням при наявності хоча б одного успішного виходу» - Fs_{CRO}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, a_6) \quad (9)$$

7. Розпізнавання ТФС «послідовне виконання робочих операції і операцій контроля» - Fs_{RK1}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, a_7) \quad (10)$$

де:

8. Розпізнавання ТФС «послідовне виконання робочих операцій і операції контроля працездатності» - Fs_{RP} :

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, a_8) \quad (11)$$

де:

9. Розпізнавання ТФС «робоча операція з контролем функціонування і виправленням помилки без циклів» - Fs_{RKR}:

$$O_{FS_1} = TimesWhere(O_{FS_k}o_1, O_{FS_k}o_2, O_{FS_k}o_3, a_3), \quad (12)$$

де:

В формулах (4) - (12) використані псевдоніми для опису *OFS_1* позначені через "o_1", "o_2", "o_3".

ДОДАТОК Е. ОПИС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОРИСТУВАЧА ПРОГРАМНОГО

Інформаційно-логічна модель являє собою схему зв'язків взаємодії інформаційних об'єктів. Інформаційні об'єкти виділяються в процесі інформаційного аналізу предметної області (в даному випадку - це «закріплення надходять функцій за операторами системи») і містять інтегровані структури даних предметної області. На рис. 3.2 наведена інформаційно-логічна модель програмного комплекса.

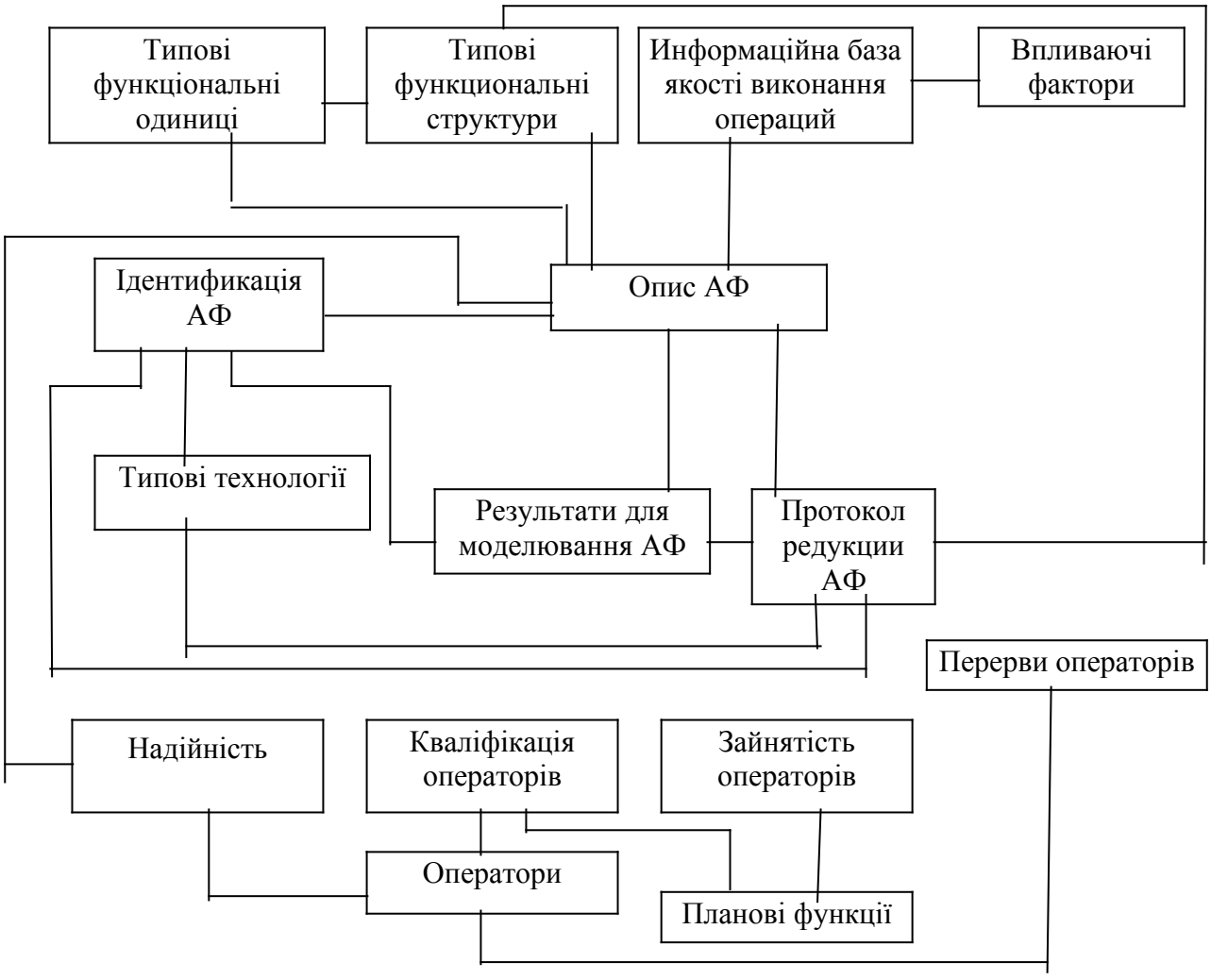


Рисунок Е.1 Інформаційно-логічна модель комплекса задач ергономічного навчання АСУТП.

Опис основних елементів користувача програмного комплекса комплекса Наведено в табл. Е1

Таблиця Е.1- Основні елементи користувача програмного комплекса.

Екранна форма		Командні клавіші, поля введення, списки		Процедура обробки події
Напис	Ім`я	Напис	Ім`я	
Головна форма системи	Start Form	Введення опису ФМ	CommandButonl	Sub CommandButtonl C'lick1()
		Зміна показників ТФО	CommandButton2	Sub CommandButton2 Click()
		Видалити опис ФМ	Command Button3	Sub CommandButton3 Click()
		Виділення ТФС для редукції	Command Button4	Sub CommandButton4 Click()
		Згортання виділених ТФС	Command Button5	Sub CommandButton5 Click()
		Автоматична редукція мережі	Command Button6	Sub CommandBuUon7 Click(): Function Vydelit(). Function SvernutQ
		Зберегти результат оцінки АФ	CommandButton8	Sub CommandButton8 Click()
		Графічне зображення редукції	Command Button9	Sub CommandButton9 Click()
		Збереження результатів	CommandButonl 10	Sub CommandButton 10 Click()

Продовження таблиці Е.1

		Збереження типової технології	CommandButtonl 11	Sub CommandButtonl 11 ClickQ
		Справочник ТФС	CommandButton24	Sub CommandButton24 Click()
		Якість виконання операцій	CommandButton 19	Sub CommandButton 19 Click()
		Типові технології	Command Button20	Sub CommandButton20 Click()
		Довідник ТФС	CommandButtonl 8	Sub CommandButtonl 8 Click()
Введення опису ФМ	FORM VVOD FS	Попередня	CommandButton 1	Sub CommandButton 1 Click()
		Наступна	CommandButton2	Sub CommandButton2 C1ick()
Зміна показників ТФО	Change Form	Зберегти	CommandButton3	Sub CommandButton3 Click()
		Додати	CommandButton7	Sub CommandButton7 Click()
		Вихід	CommandButton6	Sub CommandButton6 Click()
		Копіювати ФМ	CommandButton8	Sub CommandButton8 Click()
		Поля для введення		
		Назва системи	TextBox1	
		Назва під системи	TextBox2	
		Назва процеса	TextBox3	

Продовження таблиці Е.1

Зміна показників ТФО	Change Form	Номер рядка таблиці початку опису ФМ	TextBox22	
		Номер п/п ТФО	TextBox4	
		Код. Назва. Плзначення ТФО	TextBox6. ComboBox 1. TextBox4	Sub ComboBox 1 Change()
		Продовження функціонування : по основному напряму АФ. при невиконанні умов по КФ. при невиконанні умов по КР. на продовження цикла	TextBox8. TexlBox9. TextBox 10. TextBox 11 TextBox 12. TextBox13	
		Показники якості виконання операцій	TextBox 14. TextBox 16. TextBox 18. TextBox20. TextBox21	
		Вибір існуючої технології	ComboBox2	Sub ComboBox2 AfterlJpdate()
		Вибір операції зі списку якості виконання операцій	ComboBox3	Sub ComboBox3 AfterlJpdate()
		Зберегти зміни	CommandButtonl	Sub Command Button 1 Click()
Довідник ТФС	Form SPR TFS	Закрити	CommandButton2	Sub Command Button 2 Click()
		Номер п/п ТФО в Описі ФМ	TextBox8	TextBox« AfterUpdateO
		Показники якості виконання	TextBox 1. TextBox2. TextBox3	

Продовження таблиці Е.1

		Командні клавіші, поля введення, списки		
		Номер п/п ТФО в описі ФМ. Назва операції. Позначення операції. Показники Якості виконання операцій	TextBox4 TextBox5 lextBox6 TextBox7.TextBox8. TextBox9. TextBox 10. TextBox11	Sub TextBox4_Afterl Jpdate()
		Показники якості виконання алгоритма	TextBox 1l. TextBox 14. TextBox 15	
		Зберегти результат	CommandButtonl	Sub CommandButton 1 Click()
		Попередня	CommandButton 1	Sub CommandButton 1 Click()
		Наступна	Command Button2	Sub CommandButton2 Click()
		Додати	CommandButton1	Sub CommandButton.1 Click()
		Зберегти	CommandButton4	Sub CommandButton.4 Click()
		Номер п/п Зміст ТФС Умовне позначення еквівалентної ТФО	TextBox 1 TcxtBox2 TextBox1 TcxlBox4	
		Екранні форми з графічним відображенням крока редукції		
ТФС -робоча-коптроль функціонування	Form TFS Rk	Наступна	CommandButton 1	Sub CommandButtonl Click()
		Попередня	CommandButton2	Sub CommandButton2 Click()

Продовження таблиці Е.1

		Повернутись	CommandButton1	Sub CommandButton1 Click()
		Крок редукції		
		Контроль функціонування		
		Еквівалентна		
		Рисунки		
		Грфічне зображенн ТФС	Image 1	
		Командні клавіші, поля введення, списки		процедура обробки події
		Надпис Імя		
		«Робочая - контроль функціонування»		
		Графічне зображення ТФС «Робоча»	Image 2	

ДОДАТОК Е. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Лістинг програми

Модуль RabKontr

```
Function RabKontr3(B11, B21, B31, K111, K211, K311, K100, K200, K300, Mtp, Mtk, Dtp, Dtk, npar)
  Dim xb1, xb2, xb3, xb4, b, s, xS, rez As Single
  Dim b1(1), b2(1), b3(1) As Single
  Dim k1(1, 1), k2(1, 1), k3(1, 1) As Single
  Dim l, k, n, i, j, z As Integer

  b1(0) = 1 - B11:   b1(1) = B11
  b2(0) = 1 - B21:   b2(1) = B21
  b3(0) = 1 - B31:   b3(1) = B31
  k1(0, 0) = K100: k1(0, 1) = 1 - K100: k1(1, 0) = 1 - K111: k1(1, 1) = K111
  k2(0, 0) = K200: k2(0, 1) = 1 - K200: k2(1, 0) = 1 - K211: k2(1, 1) = K211
  k3(0, 0) = K300: k3(0, 1) = 1 - K300: k3(1, 0) = 1 - K311: k3(1, 1) = K311

  b = 0
  For l = 0 To 1
  For k = 0 To 1
  For n = 0 To 1
    xS = b1(l) * b2(k) * b3(n)
    s = 0
    For i = 0 To 1
    For j = 0 To 1
    For z = 0 To 1
      If Not ((i = 1) And (j = 1) And (z = 1)) Then
        s = s + k1(l, i) * k2(k, j) * k3(n, z)
      Else
      End If
    Next z
    Next j
    Next i
    b = b + xS * s
  Next n
  Next k
  Next l

  If npar = 1 Then
  ' Результат 1 - безпомилкове виконання '
    xS = b1(1) * b2(1) * b3(1) * k1(1, 1) * k2(1, 1) * k3(1, 1)
    RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 2 Then
  Результат 2 – Тільки з першою помилкою '
    xS = b1(0) * b2(1) * b3(1) * k1(0, 1) * k2(1, 1) * k3(1, 1)
    RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 3 Then
  ' Вихід 3 - Тільки з другої помилкою '
    xS = b1(1) * b2(0) * b3(1) * k1(1, 1) * k2(0, 1) * k3(1, 1)
    RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 4 Then
  ' Результат 4 - Тільки з третьої помилкою '
```

```
   xS = b1(1) * b2(1) * b3(0) * k1(1, 1) * k2(1, 1) * k3(0, 1)
   RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 5 Then
  ' Результат 5 - Тільки з першої і другої помилкою '
   xS = b1(0) * b2(0) * b3(1) * k1(0, 1) * k2(0, 1) * k3(1, 1)
   RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 6 Then
  ' Результат 6 - Тільки з першої і третьої помилкою '
   xS = b1(0) * b2(1) * b3(0) * k1(0, 1) * k2(1, 1) * k3(0, 1)
   RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 7 Then
  ' Вихід 7 - Тільки з другої і третьої помилкою '
   xS = b1(1) * b2(0) * b3(0) * k1(1, 1) * k2(0, 1) * k3(0, 1)
   RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If

  If npar = 8 Then
   'Результат 8-й - робоча операція виконана з трьома помилками, помилки виявлені'
   xS = b1(0) * b2(0) * b3(0) * k1(0, 1) * k2(0, 1) * k3(0, 1)
   RabKontr3 = xS / (1 - b)
  Else
  End If

End Function
```

Модуль Redukc

```
Function Redukc(name_FS As Variant, perehod As Variant, znach As Variant)
Dim i1, i2, i3, j1, j2, j3, i, j, nr As Integer, s As Double, st As String
   i1 = name_FS.Rows.Count
   i2 = perehod.Rows.Count
   i3 = znach.Rows.Count
   j1 = name_FS.Columns.Count
   j2 = perehod.Columns.Count
   j3 = znach.Columns.Count

   s = 5
   sub1 i1
  ' s = 0
  ' nr = 22
  ' For i = 1 To i1
  ' For j = 1 To j1
   '  Range(j, nr + i).Value = name_FS(i, j)
  ' Next j
  ' Next i
  Redukc = s
  End Function

Sub sub1(a)
   Cells(1, 25).Value = "Число строк="
   Cells(2, 25).Value = a
```

Модуль RabKontr2

```
RabKontr2 = B21 * B11 * K111 * K211 / (1 - b)
  Else
  End If
```

```
  If npar = 2 Then
    RabKontr2 = B21 * (1 - B11) * (1 - K100) * K211 / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 3 Then
    RabKontr2 = B11 * (1 - B21) * (1 - K200) * K111 / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 4 Then
    RabKontr2 = (1 - B21) * (1 - B11) * (1 - K100) * (1 - K200) / (1 - b)
  Else
  End If
  If npar = 5 Then
    RabKontr2 = (Mtp + Mtk) / (1 - b)
  Else
  End If
End Function
```

Модуль Zgortka

```
Function Svernut(nom_b, nom_e)
Dim N01(100), K04(100), N02(100), N03(100), N04(100), N05(100) As Integer
Dim N06(100), N07(100), N08(100), N01NEW(100) As Integer
Dim K01(100) As String
Dim B11(100), K111(100), K100(100) As Single
Dim mt(100), dt(100) As Single
Dim Be121(100), Be10(100) As Single
Dim Be20(100), Be120(100) As Single
Dim i, ii, j, jj, jjj, nr, xKR, xnom, k, kk, i2, i3, i5, i6, i7, kolgr As Integer
Dim TX05(100), ObTFE(100) As String
Dim NameTFE(100) As String
Dim VybR(100, 15) As Integer
Dim KGr As Integer
Dim KG(50, 2) As Integer
Dim xTfs(50) As String          "
Dim xK01(50) As String          "
Dim PN02(20, 2)
Dim PN03(20, 2)
Dim PN05(20, 2
Dim PN06(20, 2)
Dim PN07(20, 2)
Dim RabPer(100)
Dim xRaz, xmin, xmax As Integer "
Dim xN04, xN04new As Integer    "
Dim xDel
Dim xB11, xMt, xDt, xx, xDL, xxDl As Single
Dim xBe121, xBe10, xBe20, xBe120, xMT1, xMT2, xDT1, xDT2 As Single
Dim xB111, xB112, xB121, xB122 As Single
Dim xBorder As Variant
Dim xxEK, xS As String



nRed = 0            "
KolTFE = 0
NomBegin = nom_b
If NomBegin > 0 Then
   NomEnd = nom_e
   If NomEnd > 0 Then

    nr = NomBegin
    Do While nr <= NomEnd
       KolTFE = KolTFE + 1
```

```
    N01(KolTFE) = Cells(nr, 1).Value
    NameTFE(KolTFE) = Cells(nr, 2).Value
    K04(KolTFE) = Cells(nr, 3).Value
    ObTFE(KolTFE) = Cells(nr, 4).Value
    N02(KolTFE) = Cells(nr, 5).Value
    N03(KolTFE) = Cells(nr, 6).Value
    N05(KolTFE) = Cells(nr, 7).Value
    N06(KolTFE) = Cells(nr, 8).Value
    N07(KolTFE) = Cells(nr, 9).Value
    N08(KolTFE) = Cells(nr, 10).Value
    K01(KolTFE) = Cells(nr, 11).Value
    N04(KolTFE) = Val(Cells(nr, 12).Value)
    TX05(KolTFE) = Cells(nr, 13).Value
    B11(KolTFE) = Cells(nr, 14).Value
    K111(KolTFE) = Cells(nr, 15).Value
    K100(KolTFE) = Cells(nr, 16).Value
    mt(KolTFE) = Cells(nr, 17).Value
    dt(KolTFE) = Cells(nr, 18).Value


   nr = nr + 1
  Loop

    kolgr = 0
    i = 1
    Do While i <= KolTFE
       If N04(i) <> 0 Then
"      MsgBox ("N04(i)=" & N04(i))
         kolgr = kolgr + 1
         KG(kolgr, 1) = N04(i)
         KG(kolgr, 2) = 1
         xTfs(kolgr) = TX05(i)
         xK01(kolgr) = K01(i)
         xKR = N04(i)
         i = i + 1
         Do While N04(i) = xKR
           KG(kolgr, 2) = KG(kolgr, 2) + 1
           i = i + 1
         Loop
       Else
          i = i + 1
       End If
    Loop



     If kolgr > 0 Then
       For i = 1 To kolgr
          If 1 > 0 Then
            Select Case xK01(i)
                Case "RR"
                   xB11 = 1: xMt = 0: xDt = 0: xxEK = ""
                   For j = 1 To KG(i, 2)
                      xB11 = xB11 * B11(KG(i, 1) + j - 1)
                      xMt = xMt + mt(KG(i, 1) + j - 1)
                      xDt = xDt + dt(KG(i, 1) + j - 1)
                      xxEK = xxEK & ObTFE(KG(i, 1) + j - 1) & ","
                   Next j
                   B11(KG(i, 1)) = xB11
                   mt(KG(i, 1)) = xMt
                   dt(KG(i, 1)) = xDt
```

```
                ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
                NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Ðàáî÷àÿ"
                K04(KG(i, 1)) = 1
                xxEK = Left(xxEK, Len(xxEK) - 1)
                                kk = 3

                Do While Val(Worksheets( Протокол редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
                  kk = kk + 1
"           MsgBox ("Ïðîòîêîë" & Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value)
                Loop

                '"  À òåïåðü âûâîäèì òåêóùèé ïðîòîêîë
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
                Worksheets("Протокол редукції").Cells(kk, 2).Value = xxEK
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 4).Value = xB11
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 5).Value = xMt
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 6).Value = xDt
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 7).Value = "RR"
            Case "RK"

                xxEK = ""
                xx = 1 / (1 - (B11(KG(i, 1)) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1)))
                xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) + 1) * xx
                xMt = (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1)) * xx
                xDL = xx * xx
                xDL = xDL * (B11(KG(i, 1)) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1))
                xDt = xDL * (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1)) ^ 2 + (dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1)) * xx
                B11(KG(i, 1)) = xB11
                mt(KG(i, 1)) = xMt
                dt(KG(i, 1)) = xDt

                xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & "," & ObTFE(KG(i, 1) + 1)

                ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
                NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Ðîáî÷à"
                K04(KG(i, 1)) = 1
                kk = 3
                Do While Val(Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value) > 0
                  kk = kk + 1
'"          MsgBox ("Ïðîòîêîë" & Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value)
                Loop

                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 2).Value = xxEK
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 4).Value = xB11
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 5).Value = xMt
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 6).Value = xDt
                Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 7).Value = "RK"

            Case "RKR"
                xxEK = ""
                xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) + 1) * (1 - K100(KG(i, 1) + 1) * (1 - B11(KG(i, 1) + 2)))
                xB11 = xB11 / (1 - K100(KG(i, 1) + 1) + B11(KG(i, 1)) * B11(KG(i, 1) + 2) * (K111(KG(i, 1) + 1) - 1 +
K100(KG(i, 1) + 1)))
                xDL = (B11(KG(i, 1)) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1))) * K100(KG(i, 1) + 1))
                xDL = xDL / (1 - (B11(KG(i, 1)) * B11(KG(i, 1) + 2) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1)) *
B11(KG(i, 1) + 2)) * K100(KG(i, 1) + 1)))
                xxDl = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1) + 1) + (1 - B11(KG(i, 1))) * (1 - K100(KG(i, 1) + 1))
```

```
                    xxDl = xxDl / (1 - (B11(KG(i, 1)) * B11(KG(i, 1) + 2) * (1 - K111(KG(i, 1) + 1)) + (1 - B11(KG(i, 1)) *
B11(KG(i, 1) + 2)) * K100(KG(i, 1) + 1)))
                    xMt = mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1) + (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1) + mt(KG(i, 1) + 2)) * xDL
                    xDt = dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1) + (dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1) + dt(KG(i, 1) + 2)) * xDL
                    xDt = xDt + xDL * xxDl * ((mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1) + mt(KG(i, 1) + 2)) ^ 2)
                    B11(KG(i, 1)) = xB11
                    mt(KG(i, 1)) = xMt
                    dt(KG(i, 1)) = xDt
                     '" Äëÿ ïðîòîêîëà
                    xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & "," & ObTFE(KG(i, 1) + 1) & "," & ObTFE(KG(i, 1) + 2)

                    ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
                    NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Ðîáî÷à"
                    K04(KG(i, 1)) = 1

                    kk = 3
                    Do While Val(Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value) > 0
                      kk = kk + 1

                    Loop

                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 2).Value = xxEK
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 4).Value = xB11
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 5).Value = xMt
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 6).Value = xDt
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 7).Value = "RKR"

                Case "AL"
                   xxEK = ""

                    xB11 = B11(KG(i, 1)) * K111(KG(i, 1)) * B11(KG(i, 1) + 1) + (1 - B11(KG(i, 1))) * B11(KG(i, 1) + 2) *
K100(KG(i, 1))
                    xMt = (mt(KG(i, 1)) + mt(KG(i, 1) + 1)) * K111(KG(i, 1)) + (mt(KG(i, 1) + 2) + mt(KG(i, 1))) *
K100(KG(i, 1))
                    xDt = (dt(KG(i, 1)) + dt(KG(i, 1) + 1)) * K111(KG(i, 1)) + (dt(KG(i, 1) + 2) + dt(KG(i, 1))) * K100(KG(i,
1)) + K111(KG(i, 1)) * K100(KG(i, 1)) * (mt(KG(i, 1) + 1) - mt(KG(i, 1) + 2)) ^ 2

                    B11(KG(i, 1)) = xB11
                    mt(KG(i, 1)) = xMt
                    dt(KG(i, 1)) = xDt
                    xxEK = ObTFE(KG(i, 1)) & "," & ObTFE(KG(i, 1) + 1)

                    ObTFE(KG(i, 1)) = xTfs(i)
                    NameTFE(KG(i, 1)) = "1 - Ðîáî÷à"
                    K04(KG(i, 1)) = 1
                    kk = 3
                    Do While Val(Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value) > 0
                      kk = kk + 1
  '"            MsgBox ("Ïðîòîêîë" & Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value)
                    Loop

                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 1).Value = Val(Mid(xTfs(i), 3))
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 2).Value = xxEK
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 3).Value = xTfs(i)
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 4).Value = xB11
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 5).Value = xMt
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 6).Value = xDt
                    Worksheets("Протокол редукції ").Cells(kk, 7).Value = "AL"
```

```
    Else
    End If


Next i
For i = 1 To kolgr
   If xK01(i) = "RR" And N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) < N01(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) Then
     N02(KG(i, 1)) = N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1)
   End If
   If xK01(i) = "RK" And N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) < N01(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1) Then
     N02(KG(i, 1)) = N02(KG(i, 1) + KG(i, 2) - 1)
   End If
Next i
i = 0
For j = 1 To KolTFE
 If N04(j) = 0 Then
    i = i + 1
    N01NEW(i) = N01(j)
 Else
    If N01(j) = N04(j) Then
      i = i + 1
      N01NEW(i) = N01(j)
    End If
 End If
Next j

For j = 1 To KolTFE
   For jj = 1 To i
     If N02(j) = N01NEW(jj) Then
       N02(j) = jj
     End If
     If N03(j) = N01NEW(jj) Then
       N03(j) = jj
     End If
     If N05(j) = N01NEW(jj) Then
       N05(j) = jj
     End If
     If N06(j) = N01NEW(jj) Then
       N06(j) = jj
     End If
     If N07(j) = N01NEW(jj) Then
       N07(j) = jj
     End If
   Next jj
Next j
"""Âûâîä ïîñëå ñâîðà÷èâàíèÿ """
For k = 1 To 3
 For j = 1 To 18
    Cells(NomEnd + 4 + k, j).WrapText = True
    Cells(NomEnd + 4 + k, j).Font.Bold = True

    Cells(NomEnd + 4 + k, j).Value = Cells(NomBegin - 4 + k, j)
 Next j
Next k
Range(Cells(NomEnd + 5, 5), Cells(NomEnd + 5, 10)).MergeCells = True
Range(Cells(NomEnd + 5, 11), Cells(NomEnd + 5, 13)).MergeCells = True
Range(Cells(NomEnd + 5, 1), Cells(NomEnd + 6, 1)).MergeCells = True
Range(Cells(NomEnd + 5, 2), Cells(NomEnd + 6, 2)).MergeCells = True
Range(Cells(NomEnd + 5, 3), Cells(NomEnd + 6, 3)).MergeCells = True
Range(Cells(NomEnd + 5, 4), Cells(NomEnd + 6, 4)).MergeCells = True
```

```
        Range(Cells(NomEnd + 5, 14), Cells(NomEnd + 6, 14)).MergeCells = True
        Range(Cells(NomEnd + 5, 15), Cells(NomEnd + 6, 15)).MergeCells = True
        Range(Cells(NomEnd + 5, 16), Cells(NomEnd + 6, 16)).MergeCells = True
        Range(Cells(NomEnd + 5, 17), Cells(NomEnd + 6, 17)).MergeCells = True
        Range(Cells(NomEnd + 5, 18), Cells(NomEnd + 6, 18)).MergeCells = True

      Range(Cells(NomEnd + 5, 1), Cells(NomEnd + 7, 18)).Borders.LineStyle = 1

        k = 0
        For j = 1 To KolTFE
          If N04(j) = 0 Or N01(j) = N04(j) Then
            k = k + 1
            If N02(j) > k And N01(j) = N04(j) Then
              N02(j) = k + 1
            End If
            Cells(NomEnd + 7 + k, 1).Value = k
            Cells(NomEnd + 7 + k, 2).Value = NameTFE(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 3).Value = K04(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 4).Value = ObTFE(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 5).Value = N02(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 6).Value = N03(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 7).Value = N05(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 8).Value = N06(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 9).Value = N07(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 10).Value = N08(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 11).Value = " "
            Cells(NomEnd + 7 + k, 12).Value = " "
            Cells(NomEnd + 7 + k, 13).Value = " "
            Cells(NomEnd + 7 + k, 14).Value = B11(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 15).Value = K111(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 16).Value = K100(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 17).Value = mt(j)
            Cells(NomEnd + 7 + k, 18).Value = dt(j)

            Range(Cells(NomEnd + 7 + k, 1), Cells(NomEnd + 7 + k, 21)).Font.ColorIndex = 1
            Range(Cells(NomEnd + 7 + k, 1), Cells(NomEnd + 7 + k, 21)).Font.Bold = False
            Range(Cells(NomEnd + 7 + k, 1), Cells(NomEnd + 7 + k, 18)).Borders.LineStyle = 1
          End If
        Next j
      End If
  End If
End If
 Svernut = NomEnd + 7 + k
End Function
```

Модуль Vydelenie

```
Function Vydelit(nom_b, nom_e) As Integer
Dim N01(100), K04(100), N02(100), N03(100), N04(100), N05(100) As Integer
Dim N06(100), N07(100), N08(100) As Integer
Dim K01(100) As String
Dim i, ii, j, jj, jjj, nr, xKR, xnom, k, kk, i2, i3, i5, i6, i7, xKol As Integer
Dim TX05(100), ObTFE(100) As String
Dim NameTFE(30) As String
Dim VybR(100, 15) As Integer
Dim KGr As Integer
Dim KR(50, 2) As Integer
"" Массиви для визначння переходів
Dim PN02(20, 2)
Dim PN03(20, 2)
Dim PN05(20, 2)
Dim PN06(20, 2)
Dim PN07(20, 2)
```

```
Dim RabPer(100)
Dim xRaz, xmin, xmax As Integer
Dim xN04, xN04new As Integer
Dim xDel
Dim xxRab As Integer
"Dim Kol_RK, Kol_RKR As Integer
"Dim Vyb_Rk(20, 2) As Integer
"Dim Vyb_RKR(20, 3) As Integer
Dim Vyb_RK_RKR(30, 5) As Integer
Dim Kol_RK_RKR As Integer
Dim NomBegin1, NomEnd1 As Integer
Dim NomBegin2, NomEnd2 As Integer
Dim NomBegin3, NomEnd3 As Integer
xxRab = 0
nRed = 0            '
KolTFE = 0
NomBegin = nom_b
NomBegin1 = NomBegin
NomBegin2 = NomBegin
NomBegin3 = NomBegin
Vydelit = 0
If NomBegin1 > 0 Then
   NomEnd = nom_e
   NomEnd1 = NomEnd
   NomEnd2 = NomEnd
   NomEnd3 = NomEnd
   If NomEnd1 > NomBegin1 Then

    nr = NomBegin      '" ФМ1
    Do While nr <= NomEnd
       KolTFE = KolTFE + 1
       N01(KolTFE) = Cells(nr, 1).Value
       NameTFE(KolTFE) = Cells(nr, 2).Value
       K04(KolTFE) = Cells(nr, 3).Value
       ObTFE(KolTFE) = Cells(nr, 4).Value
       N02(KolTFE) = Cells(nr, 5).Value
       N03(KolTFE) = Cells(nr, 6).Value
       N05(KolTFE) = Cells(nr, 7).Value
       N06(KolTFE) = Cells(nr, 8).Value
       N07(KolTFE) = Cells(nr, 9).Value
       N08(KolTFE) = Cells(nr, 10).Value
       K01(KolTFE) = Cells(nr, 11).Value
       N04(KolTFE) = Cells(nr, 12).Value
       TX05(KolTFE) = Cells(nr, 13).Value
      nr = nr + 1
    Loop
    Range(Cells(NomBegin, 11), Cells(NomEnd, 13)).Interior.ColorIndex = 35
       " З заповнених масивів формуємо тільки робочі операції, які стоять поруч
    KGr = 0: i = 1: j = 0: ii = 0
    Do While i <= KolTFE
      If K04(i) = 1 And N02(i) = N01(i) + 1 Then
          KGr = KGr + 1
          ii = ii + 1
          xnom = N01(i)
"       MsgBox ("Номер группы=" & Str(KGr))
          VybR(ii, 1) = K04(i)
          VybR(ii, 2) = N01(i)
          VybR(ii, 3) = N02(i)
          VybR(ii, 5) = xnom      " Далі використовується як N04
          j = 0
          Do While j = 0
```

```
            If K04(i + 1) = 1 Then
"         MsgBox ("1. K04(i+1)=" & Str(K04(i + 1)))
              ii = ii + 1
              VybR(ii, 1) = K04(i + 1)
              VybR(ii, 2) = N01(i + 1)
              VybR(ii, 3) = N02(i + 1)
              VybR(ii, 5) = xnom
              i = i + 1
            Else
"             MsgBox ("2. K04(i+1)=" & Str(K04(i + 1)))
              i = i + 1
              j = 1
            End If
          Loop
        Else
          i = i + 1
        End If
      Loop
  " MsgBox ("Виділити робочі=" & Str(KGr))
    If KGr > 0 Then
" Відзначимо, скільки в кожній групі вибрали робочих, помістимо в масив KR (50,2)
       " В масиві VybR (100,5) обнулив ті рядки, в яких тільки одна робоча
      xKR = VybR(1, 5)
      i = 1
      KR(i, 1) = VybR(1, 5)
      KR(i, 2) = 1
      For jj = 2 To ii
       If VybR(jj, 5) = xKR Then
         KR(i, 2) = KR(i, 2) + 1
       Else
         i = i + 1
         xKR = VybR(jj, 5)
         KR(i, 1) = VybR(jj, 5)
         KR(i, 2) = 1
       End If
      Next jj
      xKR = i     " Кількість різних груп робочих операцій (серед них є по 1-й операції)
    End If
    "' Формуємо масиви переходів
    i2 = 0: i3 = 0: i5 = 0: i6 = 0: i7 = 0
    If KGr > 0 Then
      For j = 1 To KolTFE
       For i = 1 To ii
         If VybR(i, 2) = N02(j) Then
           i2 = i2 + 1
           PN02(i2, 1) = VybR(i, 2)       " Куди перейшли з N02
           PN02(i2, 2) = N01(j)           " Звідки перейшли (з якою N01)
         End If
         If VybR(i, 2) = N03(j) Then
           i3 = i3 + 1
           PN03(i3, 1) = VybR(i, 2)       " Куди перейшли з N03
           PN03(i3, 2) = N01(j)           " Звідки перейшли (з якою N01)
         End If
         If VybR(i, 2) = N05(j) Then
           i5 = i5 + 1
           PN05(i5, 1) = VybR(i, 2)       " Куди перейшли з N05
           PN05(i5, 2) = N01(j)           " Звідки перейшли (з якою N01)
         End If
         If VybR(i, 2) = N06(j) Then
           i6 = i6 + 1
           PN06(i6, 1) = VybR(i, 2)       " Куди перейшли з N06
```

```
            PN06(i6, 2) = N01(j)          " Звідки перейшли (з якою N01)
          End If
          If VybR(i, 2) = N07(j) Then
            i7 = i7 + 1
            PN07(i7, 1) = VybR(i, 2)      " Куди перейшли з N07
            PN07(i7, 2) = N01(j)          " Звідки перейшли (з якою N01)
          End If
        Next i
       Next j
     End If
     " В масиві VybR (100, 15) з 6 по 10 стовпець
   " Мінімальні переходи на N01 з N02, N03, N05, N06, N07, відповідно
     " В масиві VybR (100, 15) з 11 по 15 стовпець
   " Максимальні переходи на N01 з N02, N03, N05, N06, N07, відповідно
  If i2 > 0 Then          " Є переходи з N02
    xRaz = 1: xmin = 0
    RabPer(xRaz) = PN02(1, 1)
    If i2 >= 2 Then
       For j = 2 To i2
          For jjj = 1 To xRaz
           If PN02(j, 1) = RabPer(jjj) Then
             xmin = 1
           End If
          Next jjj
          If xmin = 0 Then
            xRaz = xRaz + 1
            RabPer(xRaz) = PN02(j, 1)
          End If
          xmin = 0
       Next j
       " Після того, як сформували масив різних N01, на які є переходи з N02,
        " Визначаємо перехід з мінімальним номером для кожної робочої з VybR (100,15)       For j = 1 To xRaz
        xmin = 99999
        xmax = 0
        For jjj = 1 To i2
          If RabPer(j) = PN02(jjj, 1) And PN02(jjj, 2) > RabPer(j) And PN02(jjj, 2) < xmin Then
             xmin = PN02(jjj, 2)
          End If
          If RabPer(j) = PN02(jjj, 1) And PN02(jjj, 2) < RabPer(j) And PN02(jjj, 2) > xmax Then
             xmax = PN02(jjj, 2)
          End If
        Next jjj
" Далі в VybR знайти операцію, яка має номер RabPer (j) і поставити переходи
         " Ii - кількість рядків (тобто робочих операцій) в VybR
        For jjj = 1 To ii
          If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
             " Знайшли потрібну робочу і проставимо для неї мінімальні переходи з N02
             VybR(jjj, 6) = xmin
          End If
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
" Знайшли потрібну робочу і проставимо для неї максимальні переходи з N02
             VybR(jjj, 11) = xmax
          End If
        Next jjj
       Next j
    End If
  End If
  ""----------------------
 If i3 > 0 Then          " Є переходи з N03
    xRaz = 1: xmin = 0
    RabPer(xRaz) = PN03(1, 1)
```

```
    If i3 >= 2 Then
       For j = 2 To i3
          For jjj = 1 To xRaz
           If PN03(j, 1) = RabPer(jjj) Then
              xmin = 1
           End If
          Next jjj
          If xmin = 0 Then
            xRaz = xRaz + 1
            RabPer(xRaz) = PN03(j, 1)
          End If
          xmin = 0
       Next j
       ' Після того, як сформували масив різних N01, на які є переходи з N03,
        " Визначаємо перехід з мінімальним номером для кожної робочої з VybR (100,15)
       For j = 1 To xRaz
        xmin = 99999
        xmax = 0
        For jjj = 1 To i3
          If RabPer(j) = PN03(jjj, 1) And PN03(jjj, 2) > RabPer(j) And PN03(jjj, 2) < xmin Then
             xmin = PN03(jjj, 2)
          End If
          If RabPer(j) = PN03(jjj, 1) And PN03(jjj, 2) < RabPer(j) And PN03(jjj, 2) > xmax Then
             xmax = PN03(jjj, 2)
          End If
        Next jjj
" Далі в VybR знайти операцію, яка має номер RabPer (j) і поставити переходи
         " Ii - кількість рядків (тобто робочих операцій) в VybR
        For jjj = 1 To ii
          If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
            " Знайшли потрібну робочу і проставимо для неї мінімальні переходи з N03
             VybR(jjj, 7) = xmin
          End If
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
" Знайшли потрібну робочу і проставимо для неї максимальні переходи з N03
             VybR(jjj, 12) = xmax
          End If
        Next jjj
       Next j
    Else
       For jjj = 1 To ii
          If VybR(jjj, 2) = PN03(1, 1) Then
           VybR(jjj, 7) = PN03(1, 2)
           VybR(jjj, 12) = PN03(1, 2)
          End If
       Next jjj
    End If
  End If
  If i5 > 0 Then            " Є переходи з N05
    xRaz = 1: xmin = 0
    RabPer(xRaz) = PN05(1, 1)
    If i5 >= 2 Then
       For j = 2 To i5
          For jjj = 1 To xRaz
           If PN05(j, 1) = RabPer(jjj) Then
              xmin = 1
           End If
          Next jjj
          If xmin = 0 Then
            xRaz = xRaz + 1
            RabPer(xRaz) = PN05(j, 1)
```

```
          End If
          xmin = 0
        Next j
" Після того, як сформували масив різних N01, на які є переходи з N05,
        " Визначаємо перехід з мінімальним номером для кожної робочої з VybR (100,15)
        For j = 1 To xRaz
          xmin = 99999
          xmax = 0
          For jjj = 1 To i5
            If RabPer(j) = PN05(jjj, 1) And PN05(jjj, 2) > RabPer(j) And PN05(jjj, 2) < xmin Then
               xmin = PN05(jjj, 2)
            End If
            If RabPer(j) = PN05(jjj, 1) And PN05(jjj, 2) < RabPer(j) And PN05(jjj, 2) > xmax Then
               xmax = PN05(jjj, 2)
            End If
          Next jjj
" Далі в VybR знайти операцію, яка має номер RabPer (j) і поставити переходи
          " Ii - кількість рядків (тобто робочих операцій) в VybR
          For jjj = 1 To ii
            If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
                        VybR(jjj, 8) = xmin
            End If
          If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
               VybR(jjj, 13) = xmax
            End If
          Next jjj
        Next j
    End If
  End If
  '"++++++++++++++++++++++++
  '"%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
  If i6 > 0 Then
    xRaz = 1: xmin = 0
    RabPer(xRaz) = PN06(1, 1)
    If i6 >= 2 Then
       For j = 2 To i6
          For jjj = 1 To xRaz
           If PN06(j, 1) = RabPer(jjj) Then
             xmin = 1
           End If
          Next jjj
          If xmin = 0 Then
            xRaz = xRaz + 1
            RabPer(xRaz) = PN06(j, 1)
          End If
          xmin = 0
       Next j
 " Після того, як сформували масив різних N01, на які є переходи з N06,
        " Визначаємо перехід з мінімальним номером для кожної робочої з VybR (100,15)
        For j = 1 To xRaz
          xmin = 99999
          xmax = 0
          For jjj = 1 To i6
            If RabPer(j) = PN06(jjj, 1) And PN06(jjj, 2) > RabPer(j) And PN06(jjj, 2) < xmin Then
               xmin = PN06(jjj, 2)
            End If
            If RabPer(j) = PN06(jjj, 1) And PN06(jjj, 2) < RabPer(j) And PN06(jjj, 2) > xmax Then
               xmax = PN06(jjj, 2)
            End If
          Next jjj
        " Далі в VybR знайти операцію, яка має номер RabPer (j) і поставити переходи
```

```
        " Ii - кількість рядків (тобто робочих операцій) в VybR
       For jjj = 1 To ii
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
          " Знайшли потрібну робочу і проставимо для неї мінімальні переходи з N06
           VybR(jjj, 9) = xmin
        End If
       If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
           " Знайшли потрібну робочу і проставимо для неї максимальні переходи з N06
           VybR(jjj, 14) = xmax
        End If
       Next jjj
     Next j
  End If
End If
If i7 > 0 Then
  xRaz = 1: xmin = 0
  RabPer(xRaz) = PN07(1, 1)
  If i7 >= 2 Then
     For j = 2 To i7
        For jjj = 1 To xRaz
         If PN07(j, 1) = RabPer(jjj) Then
            xmin = 1
         End If
        Next jjj
        If xmin = 0 Then
          xRaz = xRaz + 1
          RabPer(xRaz) = PN07(j, 1)
        End If
        xmin = 0
     Next j
        For j = 1 To xRaz
       xmin = 99999
       xmax = 0
       For jjj = 1 To i7
        If RabPer(j) = PN07(jjj, 1) And PN07(jjj, 2) > RabPer(j) And PN07(jjj, 2) < xmin Then
           xmin = PN07(jjj, 2)
        End If
        If RabPer(j) = PN07(jjj, 1) And PN07(jjj, 2) < RabPer(j) And PN07(jjj, 2) > xmax Then
           xmax = PN07(jjj, 2)
        End If
       Next jjj

       For jjj = 1 To ii
        If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmin <> 99999 Then
           VybR(jjj, 10) = xmin
        End If
       If VybR(jjj, 2) = RabPer(j) And xmax > 0 Then
           VybR(jjj, 15) = xmax
        End If
       Next jjj
     Next j
  End If
End If

If KGr > 0 Then
  j = 2
  Do While j <= ii

     If VybR(j, 6) > 0 Or VybR(j, 7) > 0 Or VybR(j, 8) > 0 Or VybR(j, 9) > 0 Or VybR(j, 10) > 0 Then
        xN04new = VybR(j, 2)
        VybR(j, 5) = xN04new
```

```
      End If
      j = j + 1
    Loop
    xN04 = VybR(1, 5)
    j = 2
    Do While j <= ii
      If VybR(j, 5) <= xN04 Then
        VybR(j, 5) = xN04
        j = j + 1
      Else
        xN04 = VybR(j, 5)
        j = j + 1
      End If
    Loop
End If

If KGr > 0 Then
      xKR = VybR(1, 5)
      i = 1
      KR(i, 1) = VybR(1, 5)
      KR(i, 2) = 1
      For jj = 2 To ii
        If VybR(jj, 5) = xKR Then
          KR(i, 2) = KR(i, 2) + 1
        Else
          i = i + 1
          xKR = VybR(jj, 5)
          KR(i, 1) = VybR(jj, 5)
          KR(i, 2) = 1
        End If
      Next jj
      xKR = i
  kk = 3
  Do While Val(Worksheets("Протокол редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
      nRed = Val(Worksheets("Протокол редукції").Cells(kk, 1).Value)
      kk = kk + 1
  Loop
  For i = 1 To xKR
      For jj = 1 To KolTFE
        If KR(i, 1) = N01(jj) And KR(i, 2) >= 2 Then
          xxRab = 1
          nRed = nRed + 1
          For jjj = 1 To KR(i, 2)
            Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, 11).Value = "RR"
            Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, 12).Value = N01(jj)
            Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
            Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, 13).Font.ColorIndex = 1
            Vydelit = 1
            If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0
              For k = 1 To 21
                Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, k).Font.ColorIndex = 11
                Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, k).Font.Bold = True
              " Cells(Nombegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, k).Interior.ColorIndex = 35
              Next k
            Else
              For k = 1 To 21
              Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, k).Font.ColorIndex = 21
              Cells(NomBegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, k).Font.Bold = True
              "    Cells(Nombegin + N01(jj) - 1 + jjj - 1, k).Interior.ColorIndex = 19
              Next k
            End If
```

```
            Next jjj
          End If
        Next jj
      Next i
    End If

" MsgBox ("Перед виходом, xKR=" & Str(xKR) & "  KR(1, 2)=" & Str(KR(1, 2)))

    If xxRab = 0 Then
      kk = 3
      Do While Val(Worksheets("Протокол редукції").Cells(kk, 1).Value) > 0
        nRed = Val(Worksheets("Протокол редукції").Cells(kk, 1).Value)
        kk = kk + 1
      Loop
      Kol_RK_RKR = 0
      For i = 1 To KolTFE
       If (K04(i) = 1) And (K04(i + 1) = 3) And (N02(i) = N01(i) + 1) _
          And (N01(i + 1) = N01(i) + 1) And (N03(i + 1) = N01(i)) Then
          Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 1
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
       End If
       If (K04(i) = 1) And (K04(i + 1) = 3) And (K04(i + 2) = 1) And (N01(i + 1) = N01(i) + 1) And _
            (N01(i + 2) = N01(i + 1) + 1) And (N02(i) = N01(i + 1)) And (N02(i + 1) = N01(i + 3)) And _
            (N03(i + 1) = N01(i + 2)) And (N02(i + 2) = N01(i)) Then

          Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 2
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 4) = N01(i + 2)

       End If
        If (K04(i) = 2) And (K04(i + 1) = 1) And (K04(i + 2) = 1) And (K04(i + 3) = 14) And (N02(i) = N01(i) + 1) _
          And (N02(i + 1) = N02(i + 2)) And (N02(i + 1) = N01(i) + 3) Then
          Kol_RK_RKR = Kol_RK_RKR + 1
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 1) = 3
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 2) = N01(i)
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 3) = N01(i + 1)
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 4) = N01(i + 2)
          Vyb_RK_RKR(Kol_RK_RKR, 5) = N01(i + 3)
       End If

      Next i
      If Kol_RK_RKR > 0 Then

      "' Відмічаємо ТФС - РК - RKR
        For jjj = 1 To Kol_RK_RKR
          nRed = nRed + 1
          If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 1 Then       "' Відмічаємо РК
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value = "RK"
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "RK"
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
            Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))

            Vydelit = 1

            If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
```

```
    For k = 1 To 21
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.ColorIndex = 11   "Interior.ColorIndex = 35
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.ColorIndex = 11
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.Bold = True        "Interior.ColorIndex = 35
    Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold = True
    Next k
  Else
    For k = 1 To 21
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.ColorIndex = 21   " Interior.ColorIndex = 19
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.ColorIndex = 21
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.Bold = True
     Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold = True           " Interior.ColorIndex = 19
    Next k
  End If

End If
If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 2 Then       '" Відмічаємо RKR
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value = "RKR"
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "RKR"
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 11).Value = "RKR"

   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)

   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))

   Vydelit = 1

   If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
     For k = 1 To 21
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.ColorIndex = 11
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.ColorIndex = 11
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.ColorIndex = 11
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.Bold = True
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold = True
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.Bold = True
     Next k
   Else
     For k = 1 To 21
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.ColorIndex = 21
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.ColorIndex = 21
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.ColorIndex = 21
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.Bold = True
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold = True
       Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.Bold = True
     Next k
   End If
End If
If Vyb_RK_RKR(jjj, 1) = 3 Then
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 11).Value = "AL"
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 11).Value = "AL"
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 11).Value = "AL"
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, 11).Value = "AL"

   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
   Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, 12).Value = Vyb_RK_RKR(jjj, 2)
```

```
          Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
          Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
          Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))
          Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, 13).Value = "Рэ" & LTrim(Str(nRed))

          If Int(nRed / 2) * 2 - nRed = 0 Then
            For k = 1 To 21
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.ColorIndex = 11
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.ColorIndex = 11
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.ColorIndex = 11
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, k).Font.ColorIndex = 11
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.Bold = True
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold = True
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.Bold = True
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, k).Font.Bold = True
            Next k
          Else
            For k = 1 To 21
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.ColorIndex = 21
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.ColorIndex = 21
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.ColorIndex = 21
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, k).Font.ColorIndex = 21
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) - 1, k).Font.Bold = True
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2), k).Font.Bold = True
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 1, k).Font.Bold = True
              Cells(NomBegin + Vyb_RK_RKR(jjj, 2) + 2, k).Font.Bold = True
            Next k
          End If
        End If

      Next jjj
    End If

  End If
Else
  Vydelit = 0
End If     '" NomEnd>0
Else
  Vydelit = 0
End If     '" NomBegin>0

End Function
```

ДОДАТОК Ж. ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

Послідовність дій при формуванні таблиці опису узагальненої структури АФ. Розглянемо приклад оцінки алгоритму функціонування, узагальнена структура якого показана на рис.Ж.1.

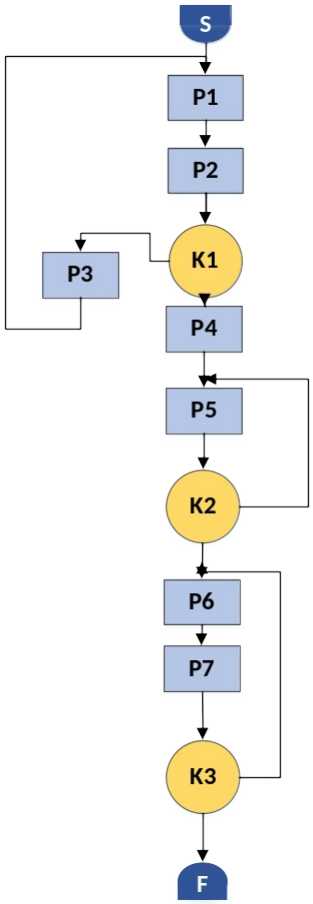


Рисунок Ж.1-Узагальнена структура алгоритму діяльності

Вихідні дані представлені в таблицях З.1 і З.2. У цих таблицях прийняті наступні позначення:

B^1 – ймовірність безпомилкового виконання;

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

K^{11} - ймовірність виявлення відсутності помилки при її відсутності;

M - математичне очікування часу виконання;

D - дисперсія часу виконання.

Таблиця Ж.1- Показники якості виконання робочих ТФО

Показник		Операція						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Ймовірність B^1		0,999	0,998	0,997	0,995	0,989	0,999	0,999
Часовий	M, с	5,1	3,0	8,5	1,7	2,3	10,0	9,0
	D, $с^2$	0,3	0,4	0,7	0,1	0,2	1,1	0,8

Таблица Ж.2- Показники якості виконання контрольних ТФО

Показник		Операція		
		K1	K2	K3
Ймовірність	K^{11}	0,990	0,995	0,997
	K^{00}	0,975	0,990	0,991
Часовий	M, с	4,0	4,5	5,0
	D, $с^2$	0,7	0,6	1,0

1. Запустити MS Excel. Відкрити книгу MS Excel *«Оцінка_ФМ.XLS»*, Перейменувати файл (бажано, з метою безпеки) командою «***Файл- Зберегти як…»***, задавши ім'я, наприклад, *«Оцінка__1.xls».*

2. Зробити активним робочий лист *«Оцінка_АФ»*.

3. Відкрити головну форму системи, натиснувши на робочому аркуші *«Оцінка_АФ»* кнопку з написом *«Форма оцінки АФ»*. Вид головної форми показаний на рис.Ж.2.

Рисунок Ж.2. Головна форма програмного комплексу

4. Якщо робочий аркуш *«Оцінка_АФ»* містить опис АФ і результати попередніх розрахунків, то видалити опис, розрахунки, протоколи редукції, натиснувши на Головній формі кнопку з написом «Видалити опис ФМ». У діалогових вікнах, які відкриються вказати діапазон рядків на аркуші *«Оцінка_АФ»,* які необхідно очистити. Номер початкового рядка за замовчуванням - 15.

5. Для ініціювання початку введення опису узагальненої структури АФ натиснути на Головній формі кнопку з написом «Введення опису ФМ». В результаті відкриється екранна форма введення, показана на рис.Ж.3

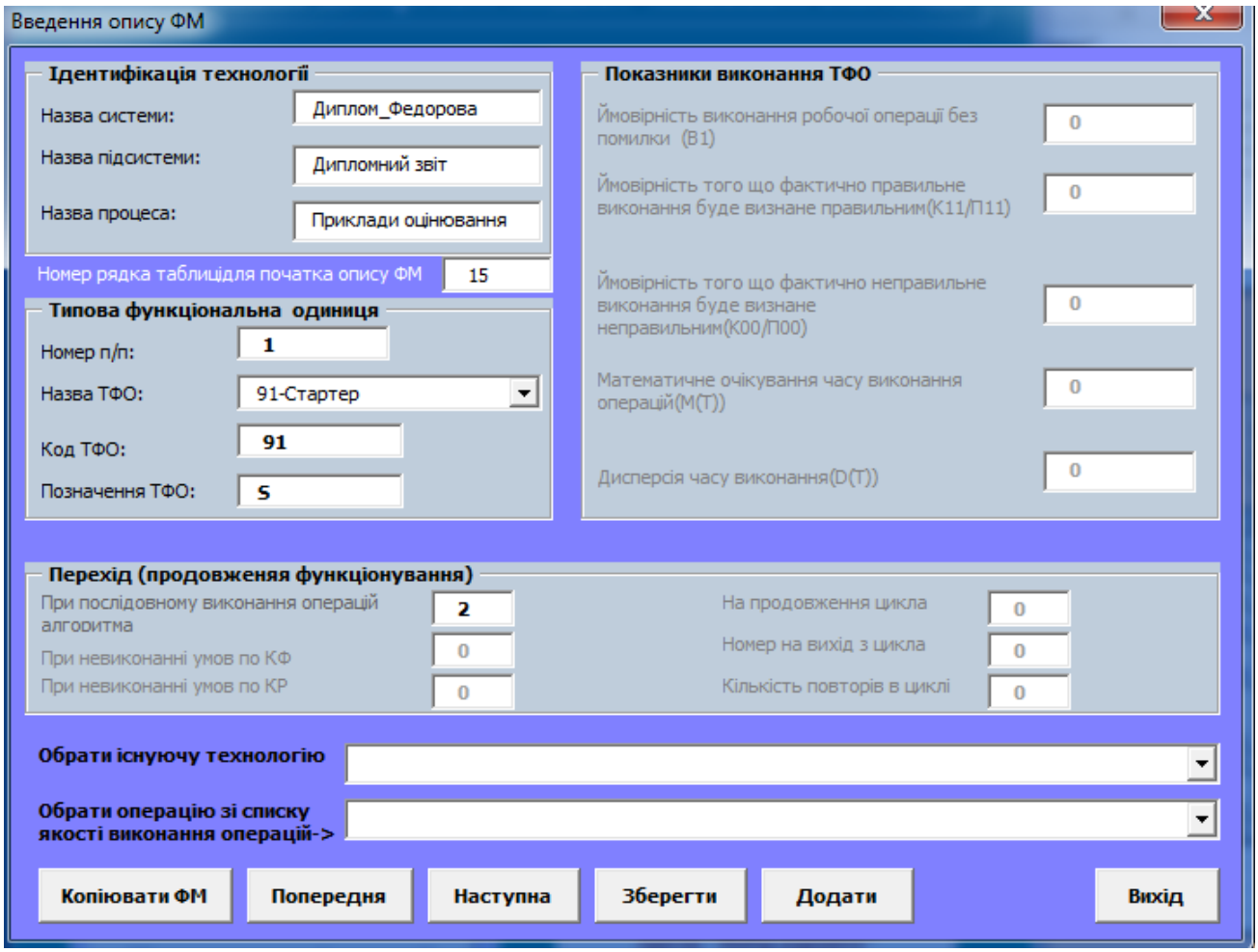


Рисунок Ж.3 Форма введення опису узагальненої структури АФ

6. Екранна форма містить чотири групи полів введення: «ідентифікація технології», «Типова функціональна одиниця», «Перехід (продовження функціонцвання», «Показники виконання ТФО», поля-списки для вибору існуючої технології та вибору операції з відповідних довідників, а також кнопки навігації. Група «ідентифікація технології» містить поля для введення назви системи, назви підсистеми і назви процесу. Поле «Код ТФО» заповнюється після вибору автоматично. Першою в описі повинна бути ТФО «Стартер». В групі «Перехід (продовження функціонцвання)» заповнються поля (або поле), які означають номери операцій, що виконуються після поточної операції в залежності від різних результатів (по контролю функціонування, з контролю працездатності, по циклам). В групі «Показники виконання ТФО» заповнюються поля, що містять показники якості виконання поточної операції. У цій та попередній групі для введення відкриті тільки ті поля, які відповідають типу поточної ТФО. Наприклад, для ТФО «Стартер»

(код – 91) для введення відкрито тільки поле переходу при послідовному виконанні операцій алгоритму (рис.Ж.4)

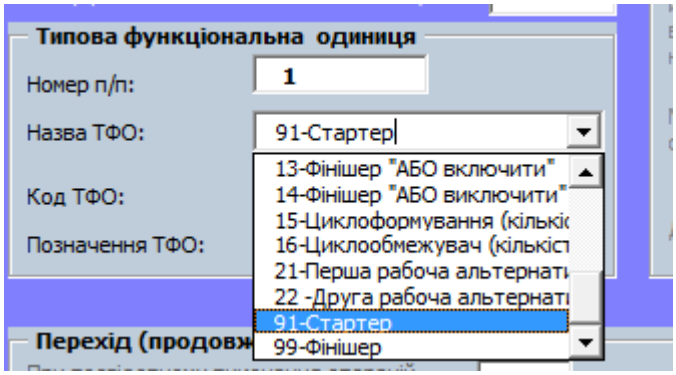


Рис.Ж.4- Список для вибору назви та коду ТФО

При виборі зі списку існуючої технології або операції з інформаційної бази якості виконання операцій, поля показників якості виконання операцій заповнюються автоматично.

7. Після заповнення полів, що стосуються поточної ТФО, для збереження даних на робочому аркуші *«Оцінка_АФ»* необхідно натиснути кнопку з написом «Зберегти».

8. Для заповнення даних за такою ТФО необхідно натиснути кнопку з написом «Додати» і повторити дії, описані в п. 6 и п.7. Останньою в описі структури повинна бути ТФО «Фінішер» (код -99). Закінчується введення опису структури АФ натисканням кнопки з написом «Вихід». Опис узагальненої структури АФ розглянутого прикладу на робочому аркуші *«Оцінка_АФ»* матиме вигляд, показаний на рис.Ж.5.

Форма оцінки АФ

ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження						Згортання			Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане правильним
				При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження циклa	Номер на выхід з цикла	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі		
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B_1^f	K_1^{ff}
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0,000000	0,000000
2	1 - Робоча	1	P1	3	0	0	0	0	0				0,998000	0,000000
3	1 - Робоча	1	P2	4	0	0	0	0	0				0,996500	0,000000
4	1 - Робоча	1	P3	5	0	0	0	0	0	RK	4	Pэ4	0,997800	0
5	3 - Контроль функціонування	3	K1	6	4	0	0	0	0	RK	4	Pэ4	0	0,990000
6	6 - Робоча операція з самоконтролем працездатності	3	PKP1	8	7	7	0	0	0				0,000000	0,990000
7	1 - Робоча	1	P4	4	0	0	0	0	0				0,9999	0,000000
8	3 - Контроль функціонування	3	K2	9	3	0	0	0	0				0,000000	0,99
9	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0				0,000000	0,000000

Рис. Ж.5 Опис узагальненої структури АФ на робочому аркуші *«Оцінка_АФ»*

Виконання оцінки алгоритму функціонування

Оцінювання алгоритму функціонування за допомогою запропонованої програми здійснюється в двох режимах: - покрокове згортання функціональної мережі; - автоматичне згортання функціональної мережі.

При першому режимі вихідна функціональна мережа спочатку програмно аналізується на наявність в ній структур для згортання. При виявленні таких ТФС, вони позначаються, а саме, виділяються іншим кольором рядки таблиці, що описують структуру для згортання. Вказується також еквівалентна ТФО, якій замінюється виявлена структура. Користувач може переглянути графічне зображення пропонованих на згортання структур і їм еквівалентних ТФО. При вирішенні про продовження редукції мережі, розраховуються показники еквівалентних ТФО. Нова структура алгоритму функціонування, отримана з вихідної (або поточної) шляхом заміни виділених ТФС на еквівалентні їм ТФО, заноситься на нову область електронної таблиці (робочий лист таблиці, колонки таблиці відповідають вихідній мережі, нумерація рядків збільшується). Крім цього, формуються і заносяться в таблицю записи, що відображають протокол редукції поточного кроку згортання функціональної мережі.

Нова структура алгоритму функціонування стає поточної і аналізується на наявність в ній структур для згортання. Процедури згортання повторюються до тих

пір, поки структура досліджуваного алгоритму лише буде приведена до однієї узагальненої ТФО, показники якості якої і будуть являти собою узагальнену характеристику алгоритму функціонування ЛМС.

Узагальнена типова функціональна одиниця, отримані показники якості, а також атрибути, які ідентифікують вихідний алгоритм функціонування, можуть бути занесені в довідник типових технологій для подальшого використання.

Другий режим характерний тим, що процедури згортання автоматично повторюються, починаючи з аналізу вихідної функціональної мережі, до тих пір, поки структура досліджуваного алгоритму лише буде приведена до однієї узагальненої типової функціональної одиниці. Але при цьому проміжні стани ФМ виводяться на робочий лист електронної таблиці. Формується протокол редукції ФМ, у відповідність з ним, можливий перегляд графічного зображення процесу згортання.

Послідовність дій для здійснення оцінки АФ.

1. Відкрити книгу MS Excel, що містить підготовлене за правилами, описаними в п.3.3, опис узагальненої структури АФ. Вказати ім'я файлу, наприклад, *«Оцінка_ФМ_1.xls»*.

2. Зробити активним робочий лист *«Оцінка_АФ»*. Вигляд робочого листа показаний на рис.З.5.

3. Відкрити Головну форму системи. Подальші дії залежать від обраного режиму редукції.

4. Якщо користувач вибирає поетапне згортання мережі, то в групі кнопок *«Оцінка АФ»* натиснути кнопку з написами «Виділити ТФС для редукції». У відкритих діалогових вікнах задати номер рядка початку опису ФМ (рис.Ж.6) і номер рядка кінця опису ФМ або відмовитися від виділення ТФС для редукції. В результаті виконання модуля в таблиці опису ФМ рядки, що представляють ТФС для згортання на даному етапі, будуть виділені іншим кольором. Крім цього, в групі колонок «Згортання» в виділених рядках вказується умовне позначення ТФС для згортання (наприклад, «RR» - послідовність робочих ТФО, "RK" - робоча -контроль

функціонування) ", номер першого рядка в згорнутій структурі (наприклад, 2, 9) і позначення еквівалентної ТФО (Ре1, Ре2 і т.д.). Опис ФМ на поточному етапі набуде вигляду, показаний на рис.Ж.7

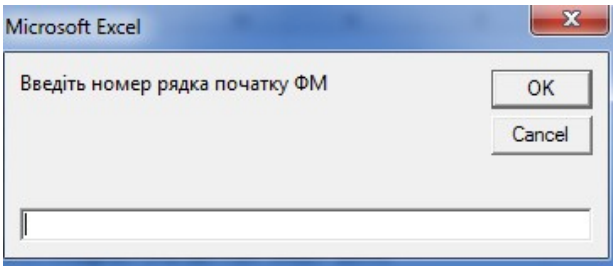


Рис.Ж.6 Діалогове вікно для введення номера рядка початку опису ФМ

ер ı	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження						Згортання		
				При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження циклa	Номер на выхід з цикла	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі
	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0			
2	1 - Робоча	1	P1	3	0	0	0	0	0			
3	1 - Робоча	1	P2	4	0	0	0	0	0			
4	1 - Робоча	1	P3	5	0	0	0	0	0	RK	4	Рэ4
5	3 - Контроль функціонування	3	K1	6	4	0	0	0	0	RK	4	Рэ4
6	6 - Робоча операція з самоконтролем працездатності	3	PKP1	8	7	7	0	0	0			
7	1 - Робоча	1	P4	4	0	0	0	0	0			
8	3 - Контроль функціонування	3	K2	9	3	0	0	0	0			
9	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0			

Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане правильним	Ймовірність того, что фактично неправильне виконання буде визнане неправильним	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання
B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	M(T)	D(T)
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,998000	0,000000	0,000000	1,700000	0,040000
0,996500	0,000000	0,000000	3,000000	0,400000
0,997800	0	0	2,900000	0,300000
0	0,990000	0,800000	2,700000	0,500000
0,000000	0,990000	0,800000	10,000000	0,800000
0,9999	0,000000	0,000000	30,000000	3,500000
0,000000	0,99	0,8	2,700000	0,500000

Рис.Ж.7 Структури, виділені для згортання на першому етапі

5. Для подальшого згортання виділених фрагментів функціональної мережі в групі кнопок *«Оцінка АФ»* натиснути кнопку з написом «Згорнути виділені ТФС» і, аналогічно попередньому, задати номер початкової і кінцевого рядка опису ФМ. В результаті виконання модуля новий стан функціональної мережі заноситься на

продовження електронної таблиці. При цьому заповнюються і форматуються аналогічно початковому стану заголовки таблиці, збільшується нумерація рядків, формуються і заносяться в таблицю записи, що відображають протокол редукції поточного кроку згортання функціональної мережі. Опис ФС після цього приймає вигляд, показаний на рис.Ж.8.

				Продовження						Згортання		
Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла	Номер на выхід з цикла	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0			
2	1 - Робоча	1	P1	3	0	0	0	0	0			
3	1 - Робоча	1	P2	4	0	0	0	0	0	RR	3	Рэ6
4	1 - Робоча	1	Рэ5	5	0	0	0	0	0	RR	3	Рэ6
5	3 - Контроль функціонування	3	K2	6	3	0	0	0	0			
6	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0			

Рис.Ж.8 Опис ФМ після згортання виділених фрагментів

Виконання пунктів 4 і 5 тривають до тих пір, поки структура досліджуваного алгоритму лише буде приведена до однієї узагальненої ТФО (рис.Ж.9).

				Продовження						Згортання				
Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла	Номер на выхід з цикла	Кількість повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі	Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11	K111
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0	0
2	1 - Рабочая	1	Рэ8	3	0	0	0	0	0				0,997274145	0
3	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0				0	0

Рис.Ж.9 Результат згортання функціональної мережі

Якщо користувач вибирає автоматичне згортання мережі, то в групі кнопок *«Оцінка АФ»* натиснути кнопку з написом «Автоматична редукція мережі». У відкритих діалогових вікнах задати номер рядка початку опису ФМ (рис.З.6) і номер рядка кінця опису ФМ або відмовитися від згортання мережі. В результаті виконання модуля кожний стан функціональної мережі (результати кожного етапу згортання) заноситься на продовження електронної таблиці. Остаточний результат редукції в автоматичному режимі показаний на рис.Ж.9. Як при виборі поетапного згортання, так і в автоматичному режимі формується в табличному вигляді протокол редукції ФМ. Результат заноситься на робочий лист «Протокол редукції» (рис.З.10). Надалі табличний протокол можна доповнити графічними схемами.

ПРОТОКОЛ РЕДУКЦІЇ

Номер крока редукції	Згортаємі ТФО	Еквівалентні ТФО	Ймовірність виконання еквівалентної операції без помилки	Мат.очікування часу виконання операції еквівалентноїопер ації	Дисперсія часу виконання еквівалентної операції	Тип ТФС яка згортається
1	P3,K1	Рэ1	0,999554774	5,666513536	1,186401798	RK
2	P3,K1	Рэ2	0,999554774	5,666513536	1,186401798	RK
3	P3,K1	Рэ3	0,999554774	5,666513536	1,186401798	RK
4	P3,K1	Рэ4	0,999554774	5,666513536	1,186401798	RK
5	Рэ4,PKP1,P4	Рэ5	0,999909814	16,14422374	23,86089337	RKR
6	P2,Рэ5	Рэ6	0,99641013	19,14422374	24,26089287	RR
7	Рэ6,K2	Рэ7	0,99927269	22,12826205	31,36813063	RK
8	P1,Рэ7	Рэ8	0,997274145	23,82826205	31,40813065	RR

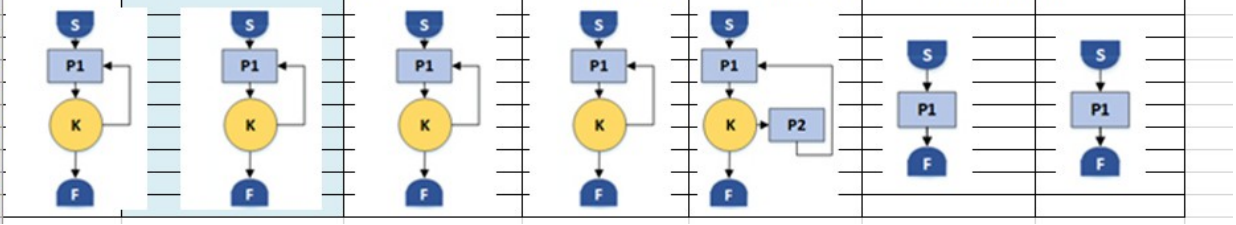


Рис.Ж.10 Таблична форма подання протоколу редукції ФМ

Графічне зображення редукції.

Програма оцінки алгоритму функціонування ЛМС забезпечує в графічній формі зображення послідовності згортання функціональної мережі, що моделює алгоритм функціонування ЛМС. Можливо як поетапне, так і узагальнене графічне зображення згортки ФМ. Поетапне зображення представляється послідовністю екранних форм, що містять малюнки згортаються ТФС і еквівалентних ТФО, позначення ТФО, що входять в структуру, кнопки навігації та іншу інформацію. За допомогою кнопок можна переходити від однієї екранної форми до іншої в межах, виділених на поточному етапі згортання, структур. У режимі узагальненого перегляду малюнки згортаються структур і коментарі до них поміщаються на робочий лист «Протокол редукції». Кількість малюнків відповідає кількості записів в таблиці протоколу редукції. Перш, ніж активізувати один з режимів перегляду, необхідно виконати або програмний модуль автоматичної редукції мережі, або програмний модуль виділення ТФС для редукції.

Послідовність дій при перегляді графічного протоколу редукції ФМ:

1. Виконати, при необхідності, за правилами, описаними в п.3.4, або автоматичну редукцію мережі, або виділення ТФС для редукції.

2. Якщо користувач вибирає поетапний перегляд графічного зображення згортки ФМ, то необхідно на Головній формі системи (рис.З.2) в групі кнопок «Результати» натиснути кнопку з написом «Покрокове графічне зображенння». У відкритих діалогових вікнах задати номер рядка початку опису поточного стану ФМ (приклад 1-го етапу, рис.З.6) і номер рядка кінця опису поточного стану ФМ або відмовитися від перегляду. В результаті виконання програмного модуля відкривається екранна форма з графічним зображенням 1-го і наступних на даному етапі кроків редукції (рис.Ж.11- приклад 1-го етапу; рис.Ж.12 - приклад 2-го етапу).

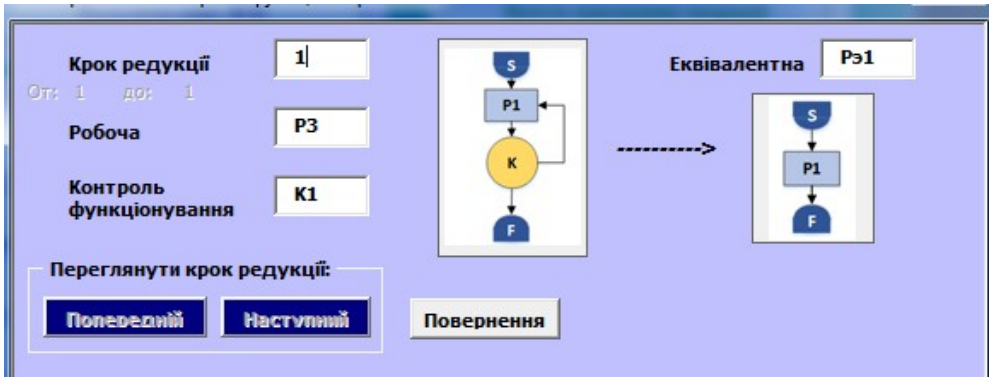


Рисунок Ж.11 Згортаються структури на першому етапі редукції

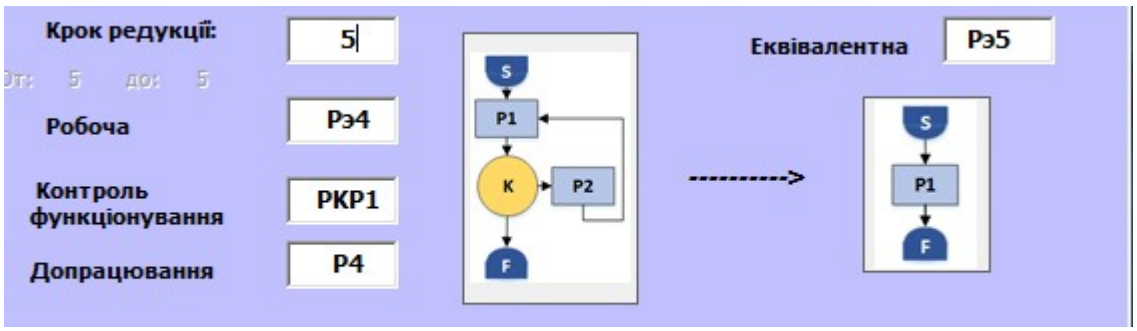


Рисунок Ж.12 Згортаються структури на другому етапі редукції

3. Кнопки навігації на екранних формах дозволяють переходити від одного графічного зображення кроку редукції до іншого. Якщо під час перегляду відкрита екранна форма з першої або останньої звернутій на даному етапі структурою, то кнопки з написом «Попередній» або «Наступний», недоступні для натискання. Кнопка з написом «Повернення» закриває перегляд. Написи і текстові поля екранних форм відображають номер першого і останнього на даному етапі кроку редукції, номер кроку, назва і позначення ТФО, що входять в згортати структуру, позначення еквівалентної ТФО.

4. Для узагальненого графічного зображення протоколу редукції необхідно на Головній формі системи в групі кнопок «Результати» натиснути кнопку з написом «Графічне зображення редукції». В результаті виконання обраного програмного модуля малюнки згортання структур і коментарі до них поміщаються на робочий лист «Протокол редукції». На рис.З.10. показані в графічному вигляді послідовності згортання функціональної мережі розглянутого прикладу.

Збереження результатів оцінки АФ. Програма оцінки АФ дозволяє зберігати результати для подальшого моделювання людино-машинного взаємодії. Результати поміщаються на робочий лист «Типові технології» і робочий лист «Результати для аналізу». На листі «Типові технології» заносяться дані про ідентифікацію оцінюваного алгоритму функціонування і показники якості його виконання. Крім цього на аркуші формується блок «Вибір технології», є списком для вибору існуючої технології при введенні опису узагальненої структури АФ.

На листі «Результати для аналізу» виводяться показники якості виконання досліджуваної операції алгоритму функціонування і відповідні показники якості алгоритму. Аналізуючи отримані результати, можна моделювати АФ в залежності від показників якості виконання операцій, його складових.

Послідовність дій при збереженні результатів оцінки АФ

1. Для збереження показників якості виконання алгоритму функціонування для подальшого використання необхідно на Головній формі системи в групі кнопок «Результати» натиснути кнопку з написом «Зберегти типову технологію». У вікні діалогу задати номер рядка з результатами оцінки алгоритму (рис.Ж.14) або відмовитися від виведення результатів.

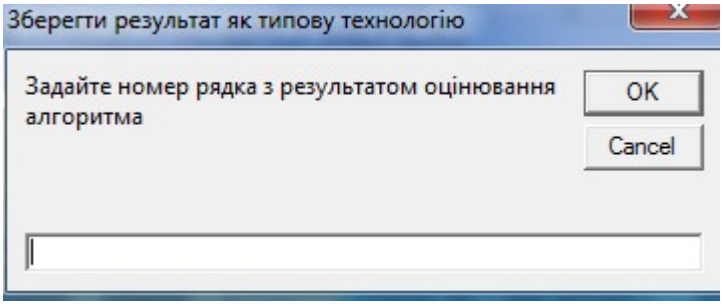


Рисунок Ж.14-Вікно для введення номера рядка з результатом розрахунку

Якщо на листі «Типові технології»(рис 3.15) вже є результати по досліджуваного алгоритму функціонування, то користувач отримує про це повідомлення і може або замінити результати, або відмовитися від висновку.

2. Для збереження результатів оцінки АФ в залежності від показників якості виконання конкретної операції алгоритму необхідно на Головній формі системи в групі кнопок «Результати» натиснути кнопку з написом «Зберегти результат для аналізу».

Назва системи	Назва підсистеми	Назва процеса	Ймовірність виконання без помилки		Мат.очікування часу виконання	Дисперсія часу виконання
			1-го типу	2-го типу		
Система 1	Підсистема 11	Процес 111	0,9998	0,9996	14,56	3,87
Система 2	Підсистема 22	Процес 222	0,9992	0,99962	12,56	3,82
Система 3	Підсистема 33	Процес 333	0,9993	0,99963	13,56	3,83
Система 4	Підсистема 44	Процес 444	0,9994	0,99964	14,56	3,84
Система new	Підсистема new	Процес 1	0,994794284		90,09926319	14,48050117
Система 1	Підсистема 11	Процес 1	0,994794284		44,99795321	14,42650223

Рисунок Ж.15 - Робочий лист «Типові технології»

При виконанні даного програмного модуля відкривається вікно діалогу (рис.3.16), в якому користувач вказує номер рядка початку і номер рядка кінця опису узагальненої структури алгоритму, номер досліджуваної операції алгоритму, а також номер рядка таблиці, що містить

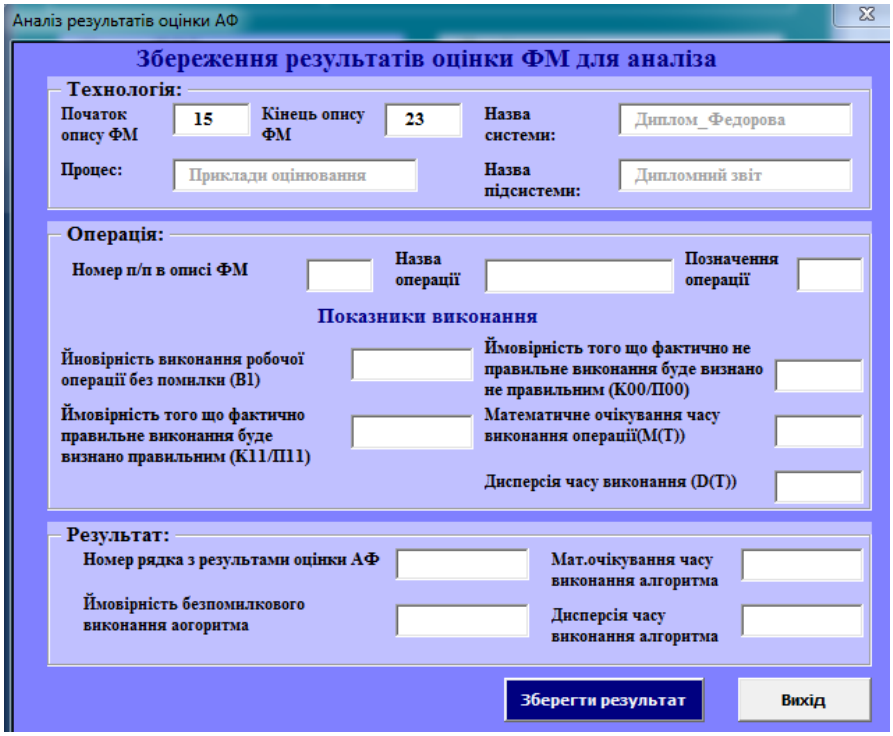


Рисунок Ж.17 Діалогове вікно програмного модуля збереження результатів

результати розрахунку. Показники якості виконання заданої операції і показники якості виконання алгоритму функціонування відображаються на екранній формі програмно. Для збереження результатів на робочий лист «Результати для аналіза» необхідно натиснути на екранній формі кнопку з написом «Зберегти результат». Вид цього робочого листа електронної таблиці показаний на рис.Ж.17.

Показники якості виконання алгоритма					
Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма	Математичне очікування часу виконання алгоритма	Дисперсія часу виконання алгоритма	Ймовірність своєчасного виконання алгоритма	Заданний директивний час, To:	Ймовірність своєчасного і безпомилкового виконання
0,994	36,47	26,92	0,99544	50	0,98947

Рисунок Ж.17 Оцінка АФ в залежності від показників якості виконання операції контролю.

ДОДАТОК З. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ СТУПЕНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження						Згортання			Ймовірність виконання робочої операції без помилки
				При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла	Номер на выхід з цикла	Кількіть повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі	
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0
2	1 - Робоча	1	P1	3	0	0	0	0	0				0,998
3	1 - Рабочая	1	Рэ6	4	0	0	0	0	0	RK	3	Рэ7	0,99641013
4	3 - Контроль функціонування	3	K2	5	3	0	0	0	0	RK	3	Рэ7	0
5	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0				0

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження						Згортання			Ймовірність виконання робочої операції без помилки
				При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла	Номер на выхід з цикла	Кількіть повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі	
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0
2	1 - Робоча	1	P1	3	0	0	0	0	0	RR	2	Рэ8	0,998
3	1 - Робоча	1	Рэ7	4	0	0	0	0	0	RR	2	Рэ8	0,99927269
4	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0				0

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовження						Згортання			Ймовірність виконання робочої операції без помилки
				При виконанні умови	При невиконанні КФ	При невиконанні КР	На продовження цикла	Номер на выхід з цикла	Кількіть повторів в циклі	Код ТФС для редукції	Номер 1-й ТФО для редукції	Позначення ТФО на наступному етапі	
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0				0
2	1 - Рабочая	1	Рэ8	3	0	0	0	0	0				0,997274145
3	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0				0

Показники якості виконання алгоритма					
Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма	Математичне очікування часу виконання алгоритма	Дисперсія часу виконання алгоритма	Ймовірність своєчасного виконання алгоритма	Заданний директивний час, To:	Ймовірність своєчасного і безпомилкового виконання
0,99727	23,828	31,408	0,998046966	40	0,995322298

Рисунок 3.1-Результати обчислень першого варіанта

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовжен		Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане	Ймовірність того, что фактично неправильне виконання буде визнане неправильним	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання
				При виконанні умови						
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02		B11	K111	K100	M(T)	D(T)
1	91-Стартер	91	S	2		0	0	0	0	0
2	1 - Рабочая	1	Рэ10	3		0,998273418	0	0	24,22826205	31,46813011
3	99-Фінішер	99	F	0		0	0	0	0	0

Показники якості виконання алгоритма					
Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма	Математичне очікування часу виконання алгоритма	Дисперсія часу виконання алгоритма	Ймовірність своєчасного виконання алгоритма	Заданний директивний час, To:	Ймовірність своєчасного і безпомилкового виконання
0,9982	24,228	31,46	0,97260336	35	0,970852673

Рисунок 3.2-Результати обчислень другого варіанта

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовжені	Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане	Ймовірність того, что фактично неправильне виконання буде визнане неправильним	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	M(T)	D(T)
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0
2	1 - Рабочая	1	Рз10	3	0,996821279	0	0	38,49201453	27,73898888
3	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3.3-Результати обчислень третього варіанта

Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовжені	Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане	Ймовірність того, что фактично неправильне виконання буде визнане неправильним	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	B11	K111	K100	M(T)	D(T)
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0
2	1 - Рабочая	1	Рз10	3	0,999374916	0	0	36,55477465	47,82211685
3	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3.4-Результати обчислень четвертого варіанта

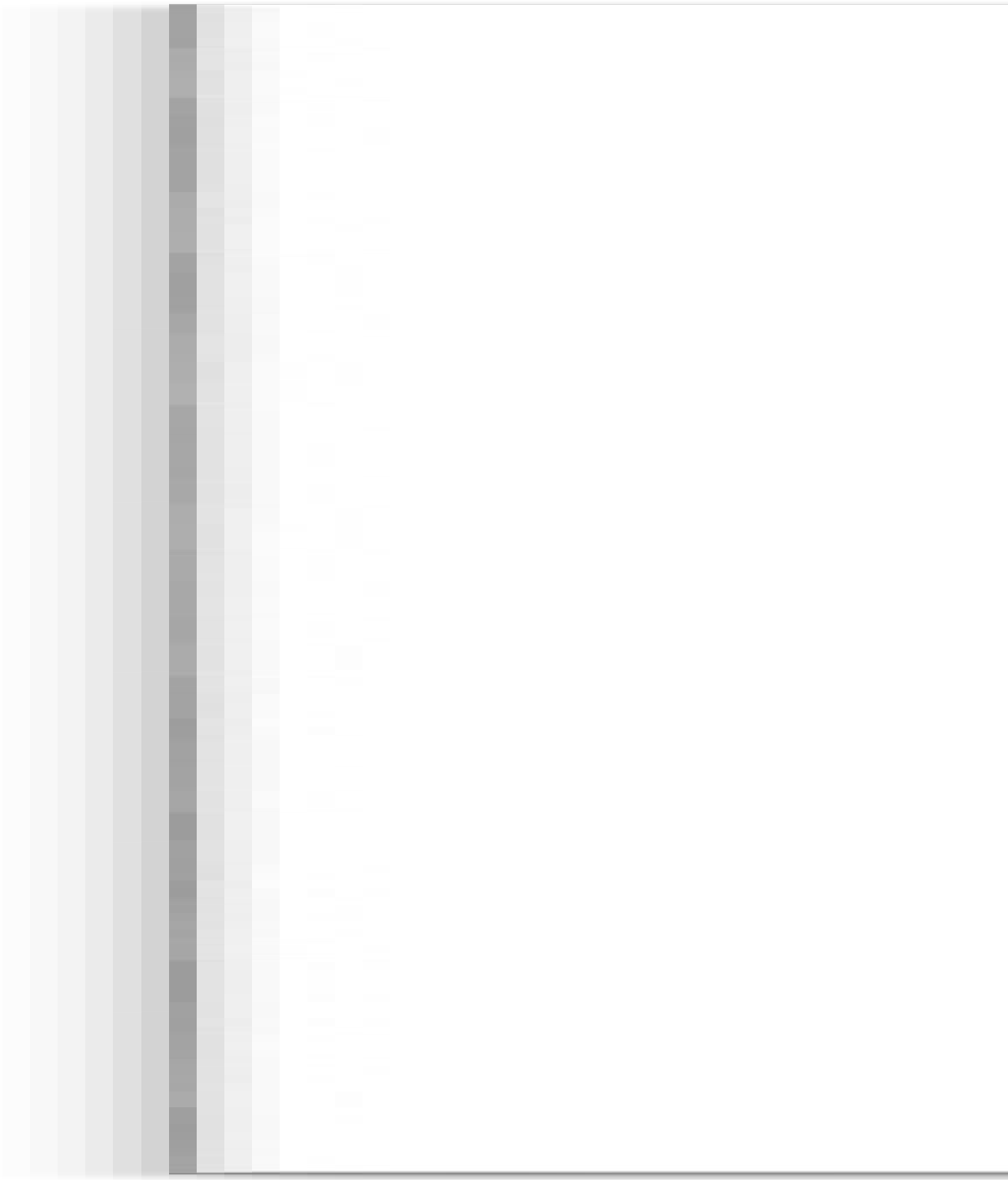
Номер п/п	Назва ТФО	Код ТФО	Позначення ТФО	Продовжені	Ймовірність виконання робочої операції без помилки	Ймовірність того, что фактично правильне виконання буде визнане	Ймовірність того, что фактично неправильне виконання буде визнане неправильним	Мат.очікування часу виконання операції	Дисперсія часу виконання
N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{00}	M(T)	D(T)
1	91-Стартер	91	S	2	0	0	0	0	0
2	1 - Рабочая	1	Рз10	3	0,99486576	0	0	37,47505755	26,98074722
3	99-Фінішер	99	F	0	0	0	0	0	0

Показники якості виконання алгоритма					
Ймовірність безпомилкового виконання алгоритма	Математичне очікування часу виконання алгоритма	Дисперсія часу виконання алгоритма	Ймовірність своєчасного виконання алгоритма	Заданний директивний час, To:	Ймовірність своєчасного і безпомилкового виконання
0,994	36,47	26,92	0,99544	50	0,98947

Рисунок 3.5-Результати обчислень пятого варіанта

ДОДАТОК К

Копії публікацій за темою:
«Інформаційна технологія моделювання діяльності людини-оператора в автоматизованих технологічних комплексах»



Метод побудови адаптивного web інтерфейсу для забезпечення usability сайту дизайн студії

Федорова А.В., *студент*; Лавров Є.А., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Актуальність.

Наростаючий пріоритет використання мобільних пристроїв, а також тенденція підтримки браузерами адаптивних ресурсів, призводять до необхідності в адаптивності ресурсів. Однак практика діючих сайтів не враховує всі наростаючі потреби в адаптивності, тому різко знижується юзабіліті цих ресурсів.

Постановка задачі.

Розробити та дослідити методику створення адаптивного веб-інтерфейсу, яка збільшить відвідуваність сайту і сприятиме підвищенню економічної ефективності через збільшення кількості клієнтів і результативності їх роботи.

Результати.

Відповідно до статистики, кожен третій користувач відвідує інтернет-ресурси з мобільного пристрою, саме тому виникла необхідність у розробці нового адаптивного сайту. Наявні методи не відповідають сучасним вимогам до створення сайтів (приклад методу представлено на рисинку 1):

Рисунок 1 – Існуюча методика

Було проаналізовано наявні підходи до проектування сайтів та визначено, що не всі методи спрямовані на оптимальний результат для цільової аудиторії. Таким чином, існує потреба в розробці ефективної методики проектування адаптивних веб-інтерфейсів, здатна допомогти проектувальникам створювати якісні сайти.

В результаті вивчення об'єкта дослідження, ми можемо висунути гіпотезу про те, що поліпшити методику створення адаптивного інтерфейсу можна:

1. Впровадити тестування протягом всього процесу розробки, що якісно покращить юзабіліті сайту.

2. Застосувати сучасний комплексний підхід, що використовує різні способи верстання, що забезпечує адаптивність.

На рисунку 2 представлена схема поліпшеної методики:

Рисунок 2 – Нова методика

На етапі аналізу ми визначили цільову аудиторію та провели необхідне анкетування, визначили сферу використання сайту.

Прототипування ми створювали на основі сітки «Bootstrap 17», що буде зручно як для упорядкування елементів інтерфейсу, так і для адаптивної верстки.

Дизайн було розроблено для всіх сторінок сайту з врахуванням анкетувань та вибором оптимально зручних рішень.

Розроблений адаптивний сайт також було протестовано командою експертів та пересічними користувачами. За результатами було визначено, що зросла швидкість завантаження сайту, швидкість знаходження потрібної інформації на всіх цільових пристроях та зручність навігації.

Апробація.

Дану методику було використано для розробки сайту дизайн студії та за оцінками експертів, після впровадження розробленої методики для дизайну, ефективність роботи сайту зросла на 18,5% та збільшилася кількість інтернет замовлень послуг студії.

Вибір ступеня автоматизації при управлінні технологічним процесом

Федорова А.В., *студент*; Войцеховский Я., *студент*;
Плакс Р., *студент*; Лавров Є.А., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Незважаючи на велику кількість досліджень необхідного рівня автоматизації на виробництві задача вибору ступеня автоматизації в інформаційних системах вирішена не до кінця.

Необхідно здійснити розподіл функцій спеціального процеса (алгоритма) функціонування автоматизованої транспортно- складської системи (АТСС) по реалізації заявки гнучкого виробничого модуля(ГПМ)на виконання транспортно-складської операції.

Задача оцінки ступеня автоматизації зводиться до задачі редукції функціональної мережі (ФМ), у якій були виділені наступні функціональні елементи:

- Прийняття заявки на виконання транспортно-складської операції *f1*
- Визначення адреси комірки складу *f2*
- Введення завдання в локальну систему управління(ЛСУ) АТСС *f3*
- Реалізація транспортно- складської операції *f4*

Аналіз можливостей людини-оператора і машини з виконання виділених операцій з врахуванням того, що основні технічні засоби задані і зміни ступеня автоматизації можливі за рахунок введення програмної реалізації деяких операцій, що дозволить сформувати множину можливих способів виконання кожної операції.

Для того щоб, побудувати модель алгоритма функціонування ЛМС, було визначено типи функціонерів, які необхідно поставити у відповідність виділеним функціональним елементам:

- *f1*- робоча ТФО(позначимо *P1*);
- *f2*- робоча ТФО(позначимо *P2*);
- *f3*- робоча ТФО(позначимо *P3*);
- *f4*- робоча операція з самоконтролем працездатності (позначимо *RKR*, Контроль працездатності введемо в зв'язку з великою ймовірністю відмови штабелера та транспортного візка);
- f_1^k- контрольна ТФО(позначимо *K1*);
- f_2^k- контрольна ТФО(позначимо *K2*);

Окрім введених основних і контрольних операцій в модель було введено операцію, яка відповідає ремонту технологічного обладнання f_1^{p}. Після цього було побудовано алгоритм(рис. 1)

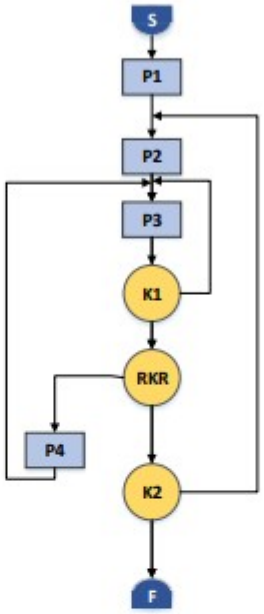


Рисунок 1 – Алгоритм роботи оператора

Після аналізу різних даних для цього алгоритма у нас були різні комбінації вхідних характеристик, які було промоделювано у розробленому програмному комплексі. Було обрано оптимальний варіант, який мав найвищі значення ймовірності своєчасного виконання алгоритма та ймовірності безпомилкового виконання

Даний метод було використано на виробництві при прийнятті рішення про вибір оптимального ступеня автоматизації технологічного процеса.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
XI (1) Всероссийская научно-практическая конференция
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ, ОБЩЕСТВЕ
МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
Петрозаводск, 27–30 ноября, 2017
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ, ОБЩЕСТВЕ 11/001
11/001
http:// it2017.petrsu.ru

ДИАЛОГОВЫЙ МОДЕЛИРУЮЩИЙ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ

Е. А. Лавров, Н. Б. Пасько, А. В. Федорова, Е. Плеханов
Сумский государственный университет
Сумы
prof_lavrov@mail.ru

Проанализированы задачи эргономического обеспечения цифрового управления. Разработана информационная технология моделирования и оптимизации человеко-машинного взаимодействия в системах цифрового управления. Охарактеризована сфера применения информационной технологии.

Ключевые слова: цифровая технология управления, эргономика, человек-оператор, деятельность,моделирование, квалиметрия, оптимизация.

DIALOGUE MODELING KVALIMETRIC COMPLEX FOR ERGONOMIC SUPPORT OF DIGITAL MANAGEMENT TECHNOLOGIE

E. A. Lavrov, N. B. Pasko, A. V. Fedorova, E. Plehanov
Sumy State University
Sumy

The tasks of ergonomic provision of digital control are analyzed. The information technology of modeling and optimization of human-machine interaction in digital control systems has been developed. The scope of information technology is characterized.

Key words: digital control technology, ergonomics, human operator, activity, modeling, qualimetry, optimization.

Введение. От 50 до 80% аварий в системах цифрового управления разных типов, более 64% катастроф на морском флоте и 80% в авиации вызваны ошибками человека-оператора. Исследования в области проектирования человеко-машинных систем (ЧМС) ставят целью уменьшить ошибочные реакции человека-оператора, обеспечить допустимые условия труда, уменьшить травматизм и стрессы людей, приспособить «машинную часть» к человеку [1-3]. Эффективность эргономических исследований существенно зависит от возможности формализовать взаимодействие человека с машиной и получать оперативные оценки вариантов организации деятельности, решать задачи оптимизации технологий цифрового управления.

Постановка задачи. Разработать интерактивный моделирующий квалиметрический комплекс для эргономического обеспечения цифровых технологий.

Результаты. В качестве базовой выбрана методология функционально-структурной теории эрготехнических систем проф. А.И. Губинского.

При обосновании структуры системы обеспечения эргономического качества цифровых информационных систем выделяем комплексы работ, которые проводятся на этапах: «Проектирование»; «Изготовление»; «Эксплуатация».

Особенностью современных ЧМС являются возрастающие полиэргатичность, гибкость и необходимость оперативной «перестройки» (закрепления функций «под задачу»).

Поэтому многие задачи, которые решались ранее 1 раз на этапе проектирования и использовались многократно при эксплуатации системы, для современных полиэргатических гибких систем с нерегламентными задачами должны решаться оперативно с учетом большого количества особенностей и ограничений.

Для обеспечения оперативного компьютерного моделирования получены новые математические модели:

- системного анализа АСУ (компонентные и морфологические)
- языка описания дискретного человеко-машинного взаимодействия
- автоматической редукции функциональной сети, описывающей алгоритм функционирования ЧМС
- вывода расчетных зависимостей, необходимых для оценивания типовых функциональных структур, используемых при редукции функциональной сети (в том числе с учетом ошибок разных типов)
- выбора оптимального варианта человеко-машинного взаимодействия (в разных постановках, для разных задач эргономического обеспечения – определение степени автоматизации, расчет количества операторов, выбор структур деятельности и способов выполнения операций, распределения функций между операторами, определения мероприятий системы обеспечения эргономического качества и др.
- эргономической экспертизы элементов автоматизированных технологий [4]

Реализована компьютерная технология, позволяющая в диалоговом режиме моделировать ЧМС:

- описывать
- оценивать
- оптимизировать

взаимодействие операторов с программно-техническими средствами АСУ, а также вести необходимые модели «человека», техники, справочники о надежности и качестве выполнения типовых действий и операций. Оптимизация человеко-машинного взаимодействия предусматривает возможность изменять технологии функционирования таким образом, чтобы реализовать адаптацию автоматики к особенностям человека-оператора.

Апробация. Информационная технология прошла апробацию при проектировании и эксплуатации автоматизированных систем различного назначения:

- контакт-центров [5]
- систем предоставления доступа к интернет- ресурсам[6]
- гибких производственных систем[7]
- систем управления аутсорсинговыми кампаниями[8-9]
- управления магистральным газопроводом[10-11]
- расчетных центров[12]
- e-learning [13]
- производственных процессов машиностроительных предприятий [14-15],

11. Koshara V., Krivodub A., Pasko, N., Lavrov E. Information Technology Distribution of Applications between Operators of the Compressor Station //Advanced Information Systems and Technologies: proceedings of the IV international scientific conference, May 25-27, 2016 - Sumy: Sumy State University, 2016. - P. 89.
12. Lavrov, E. Information technology for distribution of functions between operators in automated systems. Analysis of efficiency. [Text] / E. Lavrov, N. Pasko, // International Scientific Conference «UNITECH '15». Proceedings. 18-19 November 2015, Gabrovo, Bulgaria. - Gabrovo: University Publishing House «V.APRILOV», 2015. – Volume 2. - P.p 298-306.
13. Lavrov E. Development of models for the formalized description of modular e-learning systems for the problems on providing ergonomic quality of human-computer interaction/ E Lavrov, N Barchenko, N Pasko, I Borozenec// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2 (2 (86)), 4–13.
14. Bahmach M., Lavrov E. Program Complex of Statistical Calculations for Control the Quality of Products at Lebedinsky Plant of Piston Rings Advanced Information Systems and Technologies: proceedings of the IV international scientific conference, May 25-27, 2016– Sumy: Sumy State University, 2016. – P. 82-84.
15. Бахмач Н.В., Лавров Е.А. Формализованное описание производственных процессов на Лебединском заводе поршневых колец для задач управления качеством // Інформатика, математика, автоматика: матеріали та програма науково-технічної конференції, м. Суми, 18-22 квітня 2016 р. – Суми : СумДУ, 2016. – С. 90.
16. 16.Лавров Е.А., СкиданенкоА.С. Эргономические резервы повышения эффективности АСУТП производства удобрений //Сучасні інформаційні системи і технології: Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 21-24 травня 2013 р.— Суми : СумДУ, 2013. — С. 53-54.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДАМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Е. А. Лавров, Н. Б. Пасько, Т. В. Щербань, Ю. С. Михайленко
Сумский государственный университет
Сумы
prof_lavrov@mail.ru

Проанализированы эргономические проблемы современного цифрового управления. Предложен метод оптимизации алгоритма деятельности человека-оператора. Охарактеризована сфера возможных применений метода. Предложены пути широкого внедрения методов оптимизации в практику эргономического обеспечения.

Ключевые слова: цифровая технология производства, эргономика, человек-оператор, деятельность, оптимизация, надежность.

TECHNICAL UNIVERSITY OF GABROVO

INTERNATIONAL

SCIENTIFIC CONFERENCE

UNITECH 2017 GABROVO

PROGRAM

17 - 18 NOVEMBER 2017
GABROVO

UNITECH 2017 GABROVO

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
18 – 19 November 2017,
GABROVO

METHOD OF FORMALIZED DESCRIPTION OF INTERACTION IN MAN-MACHINE SYSTEMS

МЕТОД ФОРМАЛИЗИРОВАННОГО ОПИСАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМАХ.

Pasko N.B.

Sumy National Agrarian University (Ukraine)

Lavrov E.A.

Fedorova A.V

Sumy State University (Ukraine)

Abstract

The task of formalization of description of functional network of algorithm of activity of operator of the systems of «man-machine» is examined. The method of description of functional networks is developed.

Keywords: algorithm of functioning, model of functional network, model of functional units, model of functional structures.

INTRODUCTION

The effectiveness of automated systems depends significantly on the consideration of the so-called "human factor" [1-2]. Creation by Professor Gubinsky AI scientific school "The effectiveness, quality and reliability of systems" man - technology - environment "was in fact a revolution in ergonomics, which allowed to find approaches to the formalization and optimization of the human operator [1-4].The activity of the human operator [1,3,4] is specified by the functional network (FN), but there are big problems associated with the convenience of entering the structure of this FN into the computer for the purposes of the subsequent simulation of human-machine interaction.

The purpose of this work is to develop an approach [2,5] to the development of a language describing the FN, which allows:

- describe (in a form convenient for entering into the computer) FN including:
  - operations algorithm of operation - typical functional units (TFU);
  - communication between operations (TFU);
  - characteristics of operations;
  - typical blocks of operations - type functional structures (TFS);
  - rules for identifying TFS;
  - rules for converting (reducing) the FS;
  - models for calculating the indicators at the steps of reduction;
- to ensure automatic reduction and evaluation indicators of FS.

exposition

Development of models for describing and evaluating FS in general.

By a formalized description of a functional network, we mean the representation of the algorithm for the functioning of the human machine system (HMS) by a structural formula consisting of elements of two sets M_1 and M_2:

M_1 – a set of elements of the description of FN, with the help of which a description of the functional network of the activity algorithm is constructed, taking into account events leading to the generation, detection and elimination of errors (including various types);

M_2 – a set of types of links (description operations) between elements of the description of the FS. The elements of this set are relations between the elements of the description of a particular FN (order, outputs and transitions).

Then we obtain a model of FN description in general form:

$$O_{FS}::=<E_{FS}, S_{FS}>, \qquad (1)$$

where: E_{FS} - a subset of description elements from the set M_1, $E_{FS} \in M_1$; S_{FS} – a subset of operations describing the set M_2, $S_{FS} \in M_2$.

The process of estimating a functional network is also given by elements of two sets M_3 and M_4:

M_3 – a set of elements of evaluation; probabilistic and cost characteristics, with the help of which the quality of the performance of the elements of the description of the FS is assessed;

M_4 – a set of estimation operations, that is, operations on the evaluation elements, by means of which the probability-time characteristics of the entire algorithm of the HMS operation are calculated. To the set M_4 we refer the library of known mathematical models for calculating the performance indicators of typical functional structures and replacing them by equivalent standard functional units with one error in mind and developed models for accounting for errors of various types. We introduce a one-to-one correspondence: first, between the elements of the description of M_1 and the elements of the estimation from M_3; secondly, between the operations of the description of M_2 and the operations of estimation from M_4. This makes it possible to quantify the algorithm of the HMS operation by a formal procedure: it is sufficient to describe the operation algorithm by the sets M_1 and M_2, and then to identify and replace each description operation from the set M_2 by the corresponding estimated operation

from the set M_4. The procedure for replacing the description operations with their estimated analogs in the study of a formalized FN will be called the folding or reduction of FN (by analogy with the reduction of the graphical representation of FN). This procedure is based on the use of typical functional units and structures.

Then we obtain a model of FN estimation in general form:

$$C_{FS}=<C_{EFS}, C_{OFS}, Pr_{FS}>, \quad (2)$$

where: C_{EFS} - a subset of the estimation elements from the set M_3, $C_{EFS} \in M_3$; C_{OFS} - a subset of estimation operations from the set M_4, $C_{OFS} \in M_4$; Pr_{FS} - reduction protocol model of FN.

Define the values of the description elements, evaluation elements and description operations used to represent the functional network and other objects.

Description of FN elements. With the help of the description elements (elements of the set M_1), the designations of the TFU (the functionaries of the basic and additional and composers of auxiliary and service), the name of TFU and the name of equivalent TFU in the structure of the activity algorithm. Functionaries correspond to real operations or actions of a person, work operations of technological equipment, computer hardware and software in the analyzed algorithm of functioning, and composers to certain interrelationships of operations and logical functions. The designations of some units of functioning, taken to denote the elements of the FN, their names are given in Table 2.

Table 2 - Elements of the description for designation of the basic typical units of functioning

Number	Description element definition	Application for description
1	*R*	Working operation
2	*A*	Alternative operation
3	*K*	Operation control function
4	*Z*	Delay operation

As the description elements for specifying the name of TFU and equivalent TFU in the structure of the activity algorithm, we will use symbol sequences that indicate the type of TFU or equivalent TFU and the number of this TFU in the structure of the algorithm:

«*P1*», «*P2*»,…, «*Pn*», «*K1*», «*K2*»,…, «*Pe1*»,… .

The set of elements of estimation. Elements of this group are used as variables for setting values of quality indicators of descriptive elements from the set M_1. A variable, like in mathematics, is an object with a name and meaning. The name is used to indicate the quality score. The variable gets a specific value in the process of setting the value to the evaluation elements (elements of the set M_3), i.e. probabilistic and temporal characteristics, with the help of which the quality of performance of descriptive elements is evaluated. Examples of variables and their use are shown in Table 3

Model of TFU. A formalized description of a functional unit is an element of the description from the set M_1, together with the corresponding elements of the evaluation from the set M_3.

Then the model of the *i*-th model functional unit will look like:

$$Fe_i ::=<o_{e_i}, \{ c_{e_{ij}} \} \mid j = 1,2,...m_i >, \quad o_{e_i} \in M_1, c_{e_{ij}} \in M_3 \quad ,(3)$$

where: o_{e_i} - the *i*-th element of the description of the set M_1; $c_{e_{ij}}$ – *j*-th evaluation element (*j*-th quality indicator) of the *i*-th item from the set M_1; m_i - the number of evaluation elements related to the *i*-th descriptive element.

Table 3 - Evaluation elements

Number	Designation of the evaluation element	Application for setting values
1	B^1	The probability of error-free execution of TFU
2	B^0	Probability of erroneous

		execution of TFU
5	M_T	Expected value of execution time
6	D_T	Dispersion of execution time
7	K^{11}	The conditional probability that the operation under test, if actually performed correctly, will be recognized as correct
8	K^{00}	The conditional probability that the operation to be checked, if actually performed incorrectly, will be recognized as incorrect

Using the obtained model of the functional unit in general form (formula 3), as well as the elements of description and estimation defined above, we will describe some functional units (Table 4).

Table 4 - Description of the functional units

Number of TFU	Contents of TFU	Model of TFU
1	Working	$Fe_1=<R,B^1,B^0,[M_T,D_T],[\overline{C},[D(C)],[\overline{W},D(W)]>$
2	Alternative	$Fe_2=<A,A_i,A_{ij},[M_T,D_T],[\overline{C},D(C)],[\overline{W},D(W)]>$
3	Function monitoring	$Fe_3=<K,K^{11},K^{10},K^{00},K^{01},[M_T,D_T],[\overline{C},D(C)],[\overline{W},D(W)]>$

Description of the relationships between the elements of the FN. The connections between the elements of the FN are specified by the elements of the set M_2, that map how connected and in which sequence the units of operation are performed. Elements of this group are generally denoted by N_j, V_{j_l}, L_{j_l} variables with lower indices, used in models to define relationships between elements of functional structures and a functional network, and take integer values. The use of these variables:

N_j – the serial number of TFU in the structure of the algorithm; V_{j_l} - the possible type of transition after the execution of the TFU with the number N_j; L_{j_l} - number of the TFE executed after the execution of the TFE with the number N_j, if a type transition occurs. V_{j_l} .

The list of possible types of transitions and the corresponding values of the variable V_{j_l} are given in Table 5.

Table 5 - Application of the variable V_{j_l}

Value of variable V_{j_l}	Use to specify the type of transition
1	The transition to TFU in the structure of the algorithm following the given in the main direction of the algorithm
2	Transition to the TFU, which follows the current TFU "operation control" in case of erroneous execution of the operation
3	Transition to the TFU following the current TFU "performance check" in case of erroneous execution of the operation
4	Transition to the TFU of the continuation of the cycle following the current TFU
5	The transition to the TFU, which follows the current TFU and signifies the exit from the cycle

In the group of elements of the assignment of links we add the variable kc, which means the restriction on the number of repetitions in the cycle.

Model of TFS. A formalized description of the functional structure is a description operation from the set M_2, that defines the relations between several elements of the description, together with the corresponding valuation operations from the set M_4. Then the model of the *i*-th model functional structure will look like:

$$Fs_i ::=<\{o_{e_{ij}}, N_{ij}, \{V_{ij_l}, L_{ij_l}\} \mid l=1,2,...\eta_{i_j}, [k_{c_j}]\} \mid j=1,2,...k_i\}, o_{ee_i}, \{y_{i_m}\} \mid m=1,2,...z_i> \quad (4)$$

where: $o_{e_{ij}}$ - *j*-th element of the description of the *i*-th functional structure; k_i – number of elements of the description of the *i*-th functional structure; k_{c_j} - restriction on the number of repetitions in a cycle;

$\{N_{ij}, \{V_{ij_l}, L_{ij_l}\} | l = 1,2,..\eta_{i_j}\} \in M_2$ - a subset of links (description operation) corresponding to the jth element of the description of the *i*-th functional structure. Denotes the transition V_{ij_l} from the functional unit with the descriptive element $o_{e_{ij}}$ and the number N_{ij}, to the functional unit with the number L_{ij_l}; η_{i_j} – number of types of transitions corresponding to the *j*-th descriptive element of the *i*-th functional structure;

O_{ee_i} - element of the description of the equivalent functional unit of the *i*-th functional structure;

$\{y_{i_m}\}$ – *m* – the valuation operation of the *i*-th functional structure used to determine the *m*-th quality index of equivalent TFU,, $\{y_{i_m}\} \in M_4$; z_i – number of evaluation operations of the i - th functional structure.

Using a model of the functional structure (formula 4) defined in general form, as well as the descriptive, estimated elements and elements of the task of descriptive operations defined above, we give a description of the functional structures (examples of the TFS models are Table 6))

Table 6 - Examples of the description of functional structures

Number of TFS	Designation of TFS	TFS content	Model of TFS
	Fs_{RR}	Consistent execution of work operations	Fs_{RR} =<{R,1,(1,2)},{R,2,(1,3)},…,{R,n, (1,n+1)},R,{B,MT,DT}>
2	Fs_{RK}	Cyclic FN "Working operation with monitoring of operation without limit on the number of cycles"	Fs_{RK} =<{R,1,(1,2)},{K,2,(1,3),(2,1)},R, {B,M_T,D_T}>
3	Fs_{CRF}	*n*-fold repetition of the work operation with acceptance for all successful outcomes	Fs_{CRF} =<{R,1,(1,2)},{C_F,2,(4,1),(5,3),k_c},R, {B,M_T,D_T}>

FN model of operator activity algorithm. Taking into account the description elements and description operations introduced in the models (3) and (4), the structural formula (1) of the functional network representation by elements of the sets M_1 and M_2 will look like:

$$O_{FS} ::= <\{o_{e_j}, te_j, N_j, \{V_{j_l}, L_{j_l}\} \left| l = 1,2,...\eta_j, [k_{c_j}]\}\right| \; j = 1,2,...n >, \quad (5)$$

where: o_{e_j} - *j*-th element of the description in the structure of the algorithm of activity; te_j – the designation in the structure of the algorithm of the functional unit c with the description element o_{e_j}; *n*- he number of elements of the description in the structure of the algorithm; $N_j, \{V_{j_l}, L_{j_l}\}$ - descriptive operation corresponding to the *j*-th element of the functional network description. Denotes a type- V_{j_l} transition from a functional unit to a description element o_{e_j} and number N_j, to the functional unit with the number L_{j_l}; η_j – number of transition types corresponding to the *j*-th element of the description; k_{c_j} - restriction on the number of repetitions in a cycle.

CONCLUSION

The developed models were used in the creation of computer simulation technology of human-machine interaction [6-7], which confirms the constructiveness and convenience of the approach.

REFERENCES:

[1] Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания: Справочник / Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528с.

[2] Lavrov E. Computer Simulation of Systems “Man-Machine”: Achievements and Tasks // Materials International Scientific Conference “UNITECH ‘07”. – Gabrovo, Bulgaria. – 2007. – Vol. 3. – P. 358–362.

[3] Попович П.Р. Эргономическое обеспечение деятельности космонавтов /П.Р. Попович, А.И. Губинский, Г.М. Колесников.-М.: Машиностроение, 1985.-272с.

[4] Чабаненко П.П. Исследование безопасности и эффективности функционирования систем “человек-техника” эргосетями: Севастополь, АВМС им. П. С. Нахимова, 2012.-162с.

[5] Лавров, Е.А. Язык описания функциональных сетей для моделирующего квалиметрического комплекса эрготехнических систем / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Информационно-управляющие системы. - Харьков, 2010 - 3/11 (45) С.4-10.

[6] Лавров, Е.А. Компьютерная технология моделирования дискретного человеко-машинного взаимодействия / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько, Б.В. Панов // Научная мысль. – 2014. - №1. – С. 48 – 60.

[7] Лавров Є.А., Пасько Н.Б. Свідоцво про реєстрацію авторського права на твір «Комп‘ютерна програма «Комп‘ютерна технологія моделювання дискретної людино-машинної взаємодії», № 45262, 21.08.2012.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА, АВТОМАТИКА

ІМА :: 2018

МАТЕРІАЛИ
та програма

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 5-9 лютого 2017 року)

Суми
Сумський державний університет
2018

Метод автоматической редукции функциональных сетей для задач моделирования операторской деятельности в критических системах

Федорова А.В., *студентка*
Лавров Е.А., профессор
Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина
Пасько Н.Б., *доцент*
Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина

Введение

Комплексная автоматизация производства не только не освобождает человека от оперативного управления технологическими процессами, но и усложняет его деятельность. По вине человека происходит более 80 процентов аварий в т.н. критических системах .Это - системы с большими ущербами, которые могут возникнуть вследствие различных нарушений (химическое производство, энергетика, магистральные газопроводы, авиация и т.п.).

Постановка задачи.

С целью проектирования оптимальных алгоритмов деятельности в условиях жестких временных ограничений для принятия решений обеспечить возможность оперативного оценивания надежности операторской деятельности. Для этого необходим метод автоматического (без участия человека) оценки вариантов возможных действий.

Результаты.

Задача оценивания сведена к задаче редукции функциональной сети (ФС), описывающей деятельность оператора. ФС задается с помощью процедуры установления логико-временных связей между операциями или типовыми функциональными единицами деятельности (ТФЕ). Для типовых блоков операций , т.н. типовых функциональных структур (ТФС) выведены математические модели для оценки показателей безошибочности и времени выполнения. При этом основная сложность состоит в обеспечении идентификации в структуре ФС типовых блоков (ТФС) и реализации процедуры автоматической редукции (“сворачивания ”) ФС.

Для проведения редукции разработаны :

- библиотека описаний ТФС;
- технология автоматической редукции ФС (Рис.1)

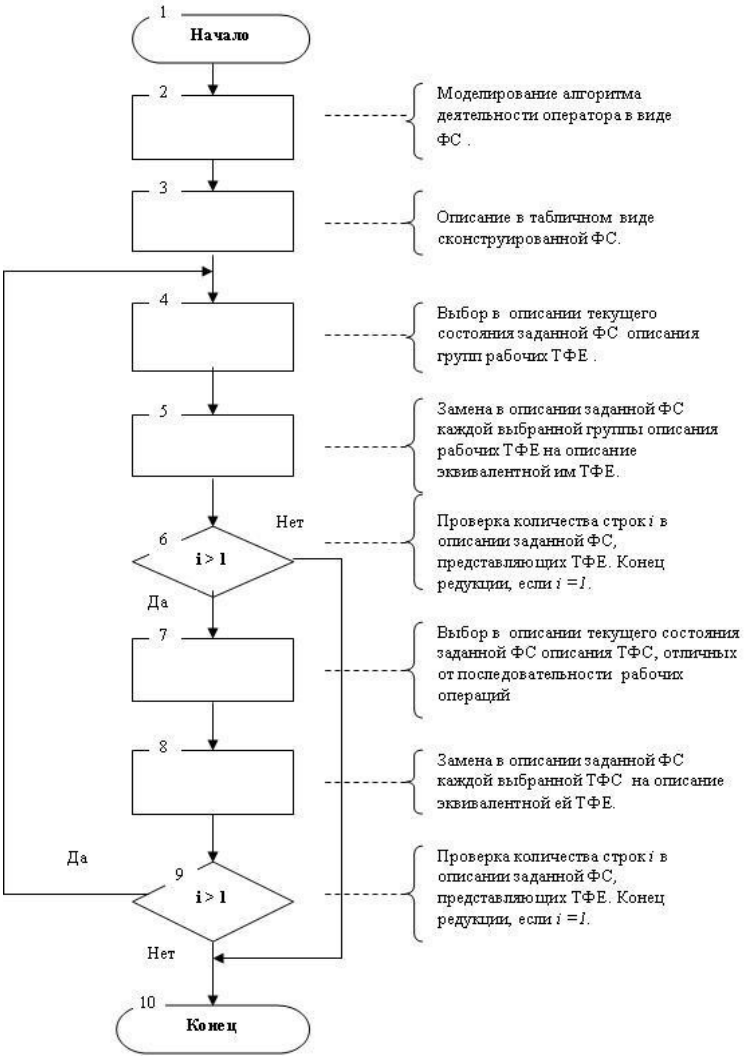


Рисунок 1- Основные этапы процесса редукции ФС

Апробация. Метод использован при разработке моделирующено квалиметрического комплекса эрготехнических систем.