

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Сорокун Світлана Вікторівна

УДК 518.83:86

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ БАГАТОСТАДІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ЛЮДИНО-МАШИННИМ УПРАВЛІННЯМ

Спеціальність 05.13.06 –інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Вінниця – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Лисогор Василь Микитович,
Вінницький національний аграрний університет,
професор кафедри аграрного менеджменту.

Офіційні опоненти: д.т.н., професор
Русин Богдан Павлович,
Фізико-механічний інститут НАН України
ім. Г.В. Карпенка, м. Львів,
завідувач відділу «Методи і системи обробки, аналізу та
ідентифікації зображень»;

д.т.н., професор
Гребеннік Ігор Валерійович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри системотехніки

Захист відбудеться «12» червня 2010 р. о 12 00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГУК.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий «_11_»_травня__2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.М. Захарченко

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах інноваційного реформування підприємств економіки України зростає необхідність в розробці інформаційних технологій для оптимізації управління багатостадійними технологічними процесами (БСТП). Прикладами БСТП є технологічні процеси в хімічній промисловості, енергетиці (включаючи атомну енергетику), машино- та приладобудуванні, сільському господарстві та переробці сільськогосподарської продукції, а також широкий спектр процесів в екології, будівництві, освіті.

Сьогодні зростає кількість БСТП, в яких людина повинна приймати рішення або на ключових стадіях технологічного процесу, або при узгодженні стадій технологічного процесу між собою. Це приводить до необхідності розглядати БСТП з людино-машинним управлінням (ЛМУ).

Задачами створення та використання інформаційних технологій, принципів оптимізації та моделей і методів прийняття рішень в багатостадійних технологічних процесах та людино-машинному управлінні займалися багато зарубіжних та вітчизняних науковців, серед яких слід виділити Бутковського А. Г., Герасимова В. М., Губінського А. І., Глушкова В. М., Губко М. В., Дубового В. М., Кветного Р. Н., Кузьміна І. В., Кунцевича В. М., Куржанського О. Б., Лисогора В. М., Литвиненка О. Є., Мокіна Б. І., Новікова Д. О., Шокіна Ю. І. та багатьох інших, які отримали фундаментальні результати в цьому напрямку.

Як правило, задачі розробки інформаційних технологій для підвищення ефективності управління досліджувалися окремо для БСТП та для ЛМУ. Задачі управління БСТП розглядалися переважно в рамках створення автоматизованих систем управління, тоді як задачі керування системою ЛМУ розглядалися переважно в рамках менеджменту. Внаслідок цього задачі створення та використання інформаційних технологій вирішувалися послідовно у два етапи. На першому етапі створювалася математична модель БСТП, а на другому етапі формувалася інформаційна технологія для оптимізації ЛМУ. В результаті це приводило до того, що інформаційні технології для БСТП та ЛМУ використовували різні бази даних, і для їх узгодження потрібно було розробляти нові математичні моделі.

Таким чином, задача створення та використання інформаційної технології, принципів оптимізації та моделей і методів побудови автоматизованих систем переробки інформації, управління та прийняття рішень в БСТП з ЛМУ залишається актуальною, а її рішення вимагає розробки теоретичних і методологічних основ для узгодження добре формалізованих задач моделювання БСТП та слабоформалізованих задач людино-машинного управління (передусім прийняття рішення людиною з урахуванням характеристик технологічних процесів).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету. Результати дисертаційної роботи відповідають госпдоговірній темі науково-дослідної роботи №4603 (номер державної реєстрації 0109U007297) у відповідності до пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки в Україні.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності управління багатостадійними технологічними процесами з людино-машинним управлінням на основі нової інформаційної технології оптимізації таких процесів.

При досягненні вказаної мети в роботі вирішено такі основні задачі:

- проаналізовано сучасний стан створення та застосування інформаційних технологій для побудови автоматизованих систем переробки інформації та управління багатостадійними технологічними процесами з людино-машинним управлінням;
- удосконалено модель для урахування динаміки зміни індивідуальних характеристик оператора та її впливу на ефективність управління БСТП з ЛМУ;

- розвинуто модель агрегації інформації координатором з урахуванням специфіки узагальнення інформації операторами;
- розроблено систему елементарних (базових) моделей для побудови структури організації управління БСТП з ЛМУ;
- розроблено метод оптимізації структури БСТП з ЛМУ на основі трирівневої моделі з урахуванням індивідуальних властивостей операторів та специфічних характеристик стадій;
- розроблено методи та алгоритми для оптимізації розміщення операторів за окремими стадіями для широкого класу цільових функцій управління БСТП з ЛМУ;
- розроблено інформаційну технологію оптимізації БСТП з ЛМУ, моделі для урахування зміни індивідуальних характеристик операторів та для агрегації інформації координатором;
- розроблено програмне забезпечення для компонентів інформаційної технології оптимізації БСТП з ЛМУ для широкого класу цільових функцій.

Об'єктом дослідження є багатостадійні технологічні процеси з людино-машинним управлінням.

Предметом дослідження є взаємодія операторів з багатостадійними технологічними процесами та між собою.

В дисертаційній роботі використані такі *методи дослідження*: теорії систем та системного аналізу для аналізу інформаційної динаміки в багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням та розробки інформаційних технологій для автоматизованої переробки інформації та управління, а також формування бази даних/знань з їх елементарних моделей; методи лінеаризації та оптимізації для розробки математичної моделі для моделювання впливу індивідуальних інформаційних характеристик операторів та специфічних характеристик стадій БСТП; обчислювальні методи та методи оптимізації для розробки методів комп'ютерного моделювання багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням та їх застосування; положення і методи теорії ймовірностей та математичної статистики для розробки математичних методів для організації підготовки первинної інформації, що необхідна для моделювання багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше розроблено інформаційну технологію оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням, яка ґрунтується на новому методі оптимізації БСТП з ЛМУ, моделі для урахування динаміки зміни індивідуальних характеристик оператора та моделі агрегації інформації координатором, яка дозволяє оптимізувати взаємодію БСТП, операторів і координатора в процесі прийняття рішень щодо управління БСТП.

2. Вперше розроблено метод оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням, який відрізняється від існуючих декомпозицією моделі системи на елементарні (базові) моделі та на три рівні (стадії-оператори-координатор), урахуванням як індивідуальних властивостей операторів, так і специфічних характеристик стадій, що дозволяє здійснювати впорядкування операторів за стадіями в БСТП, оптимізувати цільову функцію координатора за рахунок перестановки операторів між окремими стадіями БСТП.

3. Удосконалено модель для урахування динаміки зміни індивідуальних характеристик оператора та її впливу на ефективність функціонування автоматизованої системи управління для БСТП з ЛМУ, яка відрізняється від існуючих урахуванням взаємозамінності операторів на окремих стадіях, що дозволяє оптимізувати БСТП з ЛМУ.

4. Дістала подальший розвиток модель агрегації інформації координатором, яка відрізняється від існуючих урахуванням індивідуальної специфіки узагальнення

інформації операторами, що дає можливість урахувати рівень ефективності в опрацюванні інформації операторами.

Практичне значення одержаних результатів. На базі проведених досліджень та отриманих наукових результатів розроблено низку алгоритмів і методик:

- розроблено систему елементарних (базових) моделей, які дозволяють побудувати інформаційну технологію оптимізації БСТП з ЛМУ;

- розроблено методи та алгоритми закріплення операторів за окремими стадіями широкого спектру цільових функцій координатора для БСТП з ЛМУ;

- розроблено програмне забезпечення для компонентів інформаційної технології оптимізації БСТП з ЛМУ для широкого класу задач оптимізації цільової функції координатора, яке має дружній інтерфейс і дозволяє користуватися нею керівникам підприємства чи оперативним координаторам.

Практичні результати дисертаційних досліджень впроваджено на станції технічного обслуговування автомобілів м. Кіровоград, на НВП «Радій» (м. Кіровоград), ТОВ «Ремонтно-механічний завод» (м. Олександрія) та у навчальний процес кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету. Впровадження результатів дослідження підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи автором отримані самостійно.

У статті [1] автору належить постановка задачі та метод оптимізації організації групової взаємодії операторів та підхід до методу оптимізації структури БСТП з ЛМУ з урахуванням характеристик як стадій, так і операторів та розробка елементарних(базових) моделей.

У статті [2] автору належить постановка задачі, математична модель і оснований на ній метод для організації взаємодії операторів при контролі та управлінні.

У статті [3] автору належить постановка задачі, математична модель і оснований на ній метод для автоматизованого прийняття рішень при управлінні ємнісним об'єктом.

У статті [4] автору належить визначення моделі стану, моделі спостереження при наявності збурень, які впливають як на об'єкт, так і на спостережувальну вихідну величину у межах стадій і міжстадійних стиків.

У статті [5] автору належить розробка алгоритмічної моделі випадкового пошуку в задачах ідентифікації БСТП.

У статті [6] автору належить постановка задачі про побудову інформаційної технології для оптимізації БСТП з ЛМУ, модель та алгоритм для автоматизованого прийняття рішень про впорядкування операторів за стадіями БСТП з людино-машинним управлінням.

Стаття [7] є одноосібною, в ній побудована модель для агрегації інформації координатором з урахування характеристик операторів.

У статті [8] автору належить дослідження моделей стійкості, ефективності групової динамічної взаємодії спеціалістів-операторів в системах автоматизованого управління у просторі передаточних функцій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати виконаних в дисертаційній роботі досліджень доповідались на Міжнародних наукових конференціях: «Комп'ютерні системи в автоматизації виробничих процесів» МНПК КСАВП-2007 (м. Хмельницький); III Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (СПРТП-2007), (м. Вінниця) «Контроль та управління в складних системах» КУСС-2008 (м. Вінниця); IV Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (СПРТП-2009), (м. Вінниця); на науково-технічних конференціях Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) в період з 2006 по 2009 роки.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, в тому числі 7 статей надруковано в журналах, що входять до переліку ВАК України, 2 тези доповідей

опубліковані в збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації складає 200 сторінок, з яких основна частина складає 146 сторінок. Дисертація містить 43 рисунків, 3 таблиці, 4 додатки, список використаних джерел із 165 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації. Показано зв'язок роботи з сучасними науковими розробками та практичними потребами. Сформульовано мету та основні задачі досліджень, наведено характеристики об'єкта і предмету досліджень, викладено основні наукові та практичні результати, наведено відомості про впровадження результатів роботи, їх апробацію та публікацію

В **першому розділі** на основі аналізу літературних джерел та останніх публікацій за напрямом дисертаційних досліджень вводяться основні вихідні положення, обґрунтовується вибір предмету досліджень і формулюються задачі досліджень у сфері створення та застосування інформаційної технології для оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням.

В дисертації досліджуються багатостадійні технологічні процеси (БСТП), що визначаються як сукупність однакових (в тому чи іншому змісті) зв'язаних між собою окремих стадій, які пов'язані між собою спільною метою функціонування. Прикладами БСТП є конвеєрне складання, процес пошуку повітряного об'єкту та спостереження за ним, хімічні технології, процес вулканізації шин при їх відновленні тощо.

Багатостадійний процес із людино-машинним управлінням (БСТП з ЛМУ) – це БСТП, в якому оператори та координатор суттєво впливають на перебіг як окремих стадій, так і всього процесу в цілому. Таким чином, БСТП з ЛМУ має три складові. По-перше, це сукупність стадій технологічного процесу. По-друге, це оператори, які здійснюють управління окремими стадіями та міжстадійними переходами. По-третє, це координатор (людина чи сукупність людей), який задає мету та здійснює управління виконанням БСТП в цілому.

В результаті аналізу існуючих підходів до оптимізації БСТП з ЛМУ були виявлені головні проблеми і недоліки моделей БСТП з ЛМУ, а також проблеми, що виникають в процесі створення та застосування інформаційних технологій їх оптимізації.

Другий розділ присвячено розробці методу моделювання елементів інформаційної технології для оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням.

Проведена формалізація задачі моделювання та оптимізації структури БСТП з ЛМУ. Загальний вигляд структурної моделі для оптимізації БСТП з ЛМУ зображено на рис. 1.

Для цієї структурної моделі можна провести її декомпозицію і отримати систему із 9 базових структурних моделей, із яких можна синтезувати достатньо широкий клас організаційних схем (моделей) для управління БСТП з ЛМУ. Кожна з цих елементарних структурних моделей відповідає окремій задачі, яку можна описати в рамках більш простих моделей інформаційних технологій, що відповідають різним задачам організації управління БСТП з ЛМУ.

Рис. 1. Загальна схема системи управління для БСТП з ЛМУ

Користуючись набором базових схем 1-9, можна моделювати широкий спектр БСТП з ЛМУ, а також схеми для управління структурою БСТП з ЛМУ в залежності від цільових функцій координатора. Описано способи агрегації інформації, що поступає від операторів, координатору.

Розглянута загальна постановка задачі ідентифікації характеристик, що є

специфічними для стадії технологічного процесу БТСП з ЛМУ. Показано, що такі задачі відносяться до класу задач багатоекстремальної мінімізації і, враховуючи, що в реальних ситуаціях об'єкт дослідження характеризується випадковими варіаціями параметрів, ця обставина практично унеможлиблює застосування методів багатоекстремальної мінімізації до моделювання БТСП.

Побудовано клас моделей групової взаємодії операторів в процесі управління з урахуванням їх індивідуальних характеристик та специфіки стадій. Принциповою особливістю управління сукупністю операторів з боку координатора є те, що координатор може міняти розподіл операторів за стадіями багатостадійного технологічного процесу. Наявність такої можливості відрізняє поставлені задачі оптимізації від існуючих в літературі.

Задача оптимізації 1 – оптимізація часу T виконання БТСП. Ця та інші задачі оптимізації вирішуються за виконання двох припущень.

Припущення 1. Операторів можна переводити з стадії на стадію БТСП.

Припущення 2. При виконанні кожної стадії БТСП оператор характеризується одним й тим же незмінним для заданої задачі оптимізації значенням відносної зміни нормативного показника, що характеризує виконання операторами даної стадії.

Таке припущення для БТСП не є дуже сильним: в умовах сучасних технологій оператори виконують операції слідкування за автоматизованими технічними комплексами, притому ці комплекси виконуються за однією архітектурою і вимагають практично однакових навичок.

За умови виконання таких припущень задача оптимізації приведена до вигляду

$$T = \min_{j \in P} \left(\sum_{i=1}^n k_j \cdot t_i^0 \right),$$

де k_j – відносні відхилення щодо середньої величини витрат часу на виконання кожної із стадій БТСП для j -того оператора на;

t_i^0 – усереднена величина часу виконання i -тої стадії БТСП;

P – усі можливі перестановки операторів між i -тими стадіями БТСП;

n – кількість стадій БТСП.

Аналогічно розглянуто ще такі задачі оптимізації.

Задача оптимізації 2 – оптимізація фінансових втрат C від ризиків БТСП.

$$C = \min_{j \in P} \left(\sum_{i=1}^n q_i^0 \cdot l_j \cdot C_i \right),$$

де l_j – відносні відхилення щодо середньої величини ризику невиконання кожної із стадій БТСП для j -того оператора;

q_i^0 – усереднений ризик невиконання i -тої стадії;

C_i – витрати коштів на виконання i -тої стадії.

Задача оптимізації 3 – оптимізація інтервалу Δ варіації вихідних характеристик БТСП.

$$\Delta = \min_{j \in P} \left(\sum_{i=1}^n h_j \cdot \Delta_i^0 \right),$$

де h_j – відносні відхилення щодо середньої величини інтервалу варіації характеристики продукту на кожній із стадій БТСП для j -того оператора на виконання;

Δ_i^0 – усереднене значення інтервалу варіації показника продукту для i -тої стадії.

Задача оптимізації 4 – оптимізація ступеня невиконання (L) відповідних стадій БТСП.

Вводячи «ступінь невиконання» даної операції r_j , а також «втрати за рахунок якості» на i -тій стадії C_i ,

$$L = \min_{j \in P} \sum_{i=1}^n r_j \cdot C_i,$$

де r_j – відносні відхилення щодо середньої величини рівня зміни якості продукту на кожній із стадій БСТП для j -того оператора.

Побудовано модель впливу навчання операторів на ефективність БСТП з ЛМУ, в якій враховано, що індивідуальні властивості операторів змінюються з часом. Обґрунтовано вираз для динаміки рівня значень індивідуальних характеристик оператора $A_j(\tau)$

$$A_j(\tau) = a_j^\infty + (a_j^0 - a_j^\infty) \cdot e^{-k_j \cdot \tau}, \tau \geq 0,$$

де a_j^0 – початкове значення рівня навченості j -того оператора;

a_j^∞ – найвище (асимптотичне) значення;

τ – час навчання (який набагато більший за тривалість окремої стадії);

$k_j > 0$ – характеризує швидкість навчання даного оператора.

Розглянуто декілька найбільш часто використовуваних моделей для завдання цілей для таких систем.

Показано, що всі задачі оптимізації – як в статичному, так і в динамічному випадках (навчання операторів) – зводяться всього до такої однієї базової задачі дискретної оптимізації: задано дві рівнопотужні множини чисел $x_i \in X$, $y_i \in Y$, $x_i, y_i \in R$, $i = 1, \dots, n$, і потрібно мінімізувати їх добуток I

$$I = \min_{j \in P} \sum_{i=1}^n x_j \cdot y_i, \quad (1)$$

для усіх можливих перестановок P множників x_j при незмінному порядку множників y_i .

Третій розділ присвячений розробці алгоритмів оптимізації для БСТП з ЛМУ.

Розроблена концептуальна структура інформаційної технології оптимізації БСТП з ЛМУ. UML-діаграма варіантів використання розробленої інформаційної технології наведена на рис. 1.

Побудовано алгоритм для вирішення задачі оцінки впливу індивідуальних особливостей операторів на прийняття рішення координатором, що дозволить оцінити рівень агрегації інформації операторами при здійсненні управління БСТП.

Формальне подання задачі у загальному випадку є таким

$$S \xrightarrow{F} K, S = (S_{ij}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad K = (k_p), \quad p = \overline{1, l}.$$

$$F = F(Op_1, Op_2, Op_3);$$

$$Op_1 = Op(S_{11}, S_{12}, S_{13});$$

$$Op_2 = Op(S_{21}, S_{22}, S_{23});$$

$$Op_3 = Op(S_{31}, S_{32}, S_{33}),$$

де S_{ij} – це j -та характеристика для i -ї стадії технологічного процесу;

Op_i – показник, який відповідає узагальненій характеристиці i -ї стадії технологічного процесу (відповідний оператор);

k_p – значення (нечіткої) змінної при прийнятті рішення координатором.

Для цієї моделі досліджено структуру організації інформаційних потоків, побудовано

алгоритм для визначення параметрів оператора та проаналізовано спосіб прийняття рішення координатором.

Рис. 2. Діаграма варіантів використання інформаційної технології

Розроблено алгоритм для розв'язання стаціонарних та нестаціонарних задач для оптимізації управління БСТП з ЛМУ, які були поставлені в розділі 2 дисертації, задаються таким алгоритмом.

Впорядкуємо числові характеристики стадій БСТП $x_i \in X$ в порядку спадання, а числа $y_i \in Y$ – в порядку зростання. Тобто сформуємо із чисел $x_i \in X$ спадаючу послідовність

$$x_1 > x_2 > x_3 > \dots > x_n, \quad (2)$$

та із $y_i \in Y$ зростаючу послідовність

$$y_1 < y_2 < y_3 < \dots < y_n. \quad (3)$$

Для цього перенумеруємо відповідним чином ці послідовності. Як правило, спочатку параметри y_i нумерують у відповідності до порядку стадій технологічного процесу. Тому перенумерація (3) приведе до того, що послідовність характеристик (3) вже не буде відповідати порядку слідування стадій у БСТП. Те ж саме стосується операторів – тут характеристику x_i буде присвоєно конкретній людині.

Тоді значення задачі мінімізації (1) виконується за розробленим в дисертації алгоритмом для впорядкованих у відповідності до (2) та (3) множин чисел $x_i \in X$, $y_i \in Y$, $x_i, y_i \in R$, $i = 1, \dots, n$.

В роботі також побудовано блок-схеми алгоритму для ідентифікації моделі взаємодії операторів та вирішення задачі впорядкування операторів з урахуванням специфічних характеристик стадій БСТП з ЛМУ.

Розроблено алгоритм ідентифікації індивідуальних характеристик навчання оператора. Метою ідентифікації є визначення рівня навченості операторів з метою подальшого їх впорядкування для виконання умов розробленого в дисертації алгоритму.

Для вимірювання швидкості навчання оператора k_j запропоновано використати формулу

$$\frac{A_j(\tau_2) - A_j(\tau_1)}{A_j(\tau_3) - A_j(\tau_1)} = \frac{1 - \exp(-k_j(\tau_2 - \tau_1))}{1 - \exp(-k_j(\tau_3 - \tau_1))}.$$

Вона використовує значення характеристик оператора в три різні моменти часу. Величина k_j є універсальною і не залежить від специфіки діяльності оператора, і тому може бути визначена в умовах навчального процесу школи чи ВНЗ.

Специфічні для заданої стадії БСТП індивідуальні характеристики оператора знаходяться за двома моментами часу як розв'язок системи двох лінійних алгебраїчних рівнянь (при відомому значенні k_j)

$$\begin{cases} A_j(\tau_1) = a_j^\infty + (a_j^0 - a_j^\infty) \cdot e^{-k_j \cdot \tau_1} \\ A_j(\tau_2) = a_j^\infty + (a_j^0 - a_j^\infty) \cdot e^{-k_j \cdot \tau_2} \end{cases}.$$

В четвертому розділі розглянуто практичне використання результатів досліджень. Розроблено програмне забезпечення інформаційної технології оптимізації БСТП з ЛМУ. Програма має зручний інтерфейс і дозволяє користуватися нею як керівникам підприємств так і оперативним координаторам технологічних процесів.

Розроблений програмний продукт реалізує статичну (рис. 3) та динамічну (рис. 4) задачу оптимізації БСТП з ЛМУ.

Результати розрахунку, представлені на рис. 3, свідчать, що протягом періоду навчання може неодноразово виникати потреба в перестановках операторів по стадіям, якими вони управляють, навіть в межах однієї й тієї ж задачі оптимізації.

Рис. 3. Результати оптимізації часу виконання БСТП в динаміці

Рис. 4. Закріплення операторів по стадіям БСТП для різних задач оптимізації

Одночасно можливо обрати оптимізацію за декількома критеріями: час виконання, фінансові втрати від ризиків невиконання, варіації вихідних характеристик, ступінь невиконання (розрахунки за кожним критерієм виконуються окремо), а також порівняти результати оптимального закріплення операторів по стадіям (рис. 4). Зазначене дозволяє координатору оптимізувати БСТП з ЛМУ саме за рахунок координації між технологічною та людською підсистемами.

Розроблена імітаційна програма для моделювання впливу індивідуальних характеристик операторів на агрегацію інформації координатором. Результати моделювання свідчать, що оператори, внаслідок індивідуальної специфіки прийняття ними рішень, здатні суттєво впливати на прийняття рішень координатором (рішення координатора щодо оцінки стану БСТП в цілому може виявитися хибним).

В **додатках** наведено повний перелік системи базових моделей БСТП з ЛМУ (Додаток А), програмне забезпечення інформаційної технології оптимізації БСТП з ЛМУ (Додаток Б), імітаційне моделювання БСТП з ЛМУ (додаток В) та документи про впровадження результатів дисертації (Додаток Д).

ВИСНОВКИ

В результаті дисертаційних досліджень розв'язана наукова задача підвищення ефективності управління багатостадійними технологічними процесами з людино-машинним управлінням на основі нової інформаційної технології оптимізації таких процесів.

1. Вперше розроблено інформаційну технологію оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням, яка ґрунтується на новому методі оптимізації БСТП з ЛМУ, моделі для урахування динаміки зміни індивідуальних характеристик оператора та моделі агрегації інформації координатором, яка дозволяє оптимізувати взаємодію БСТП, операторів і координатора в процесі прийняття рішень щодо управління БСТП.

2. Вперше розроблено метод оптимізації структури багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням, який відрізняється від існуючих декомпозицією БСТП з ЛМУ на елементарні (базові) моделі і використанням трирівневої системи управління (стадії-оператори-координатор). Метод враховує індивідуальні властивості операторів та специфічні характеристики стадій. Це дозволяє здійснювати впорядкування операторів за стадіями в БСТП, оптимізувати цільову функцію координатора за рахунок перестановки операторів між окремими стадіями БСТП.

3. Удосконалено модель урахування динаміки зміни індивідуальних характеристик оператора в інформаційній технології для оптимізації управління БСТП з ЛМУ, яка відрізняється від існуючих урахуванням взаємозамінності операторів на окремих стадіях. Це дозволяє оптимізувати широкий спектр динамічних задач оптимізації інформаційних технологій для БСТП з ЛМУ.

4. Дістала подальший розвиток модель агрегації інформації координатором, яка відрізняється від існуючих урахуванням індивідуальної специфіки узагальнення інформації операторами, що дає можливість урахувати рівень ефективності в опрацюванні

інформації операторами. Застосування розробленого в дисертації програмного забезпечення дозволяє виявити операторів та варіанти їх розміщення за стадіями БСТП, здійснення агрегації з використанням яких приводить до результатів, що відрізняються від заданих координатором.

5. Розроблено методи та алгоритми оптимізації управління розміщенням операторів за окремими стадіями БСТП для широкого кола цільових функцій. Інформаційна технологія може бути використана в широкому спектрі автоматизованих систем управління та систем підтримки прийняття рішень. Об'єктивними показниками ефективності розробленої інформаційної технології є зміна загального часу виготовлення продукції (перша задача оптимізації), коштів від зміни якості продукції (друга задача оптимізації), зміна величини інтервалу варіації характеристик продукції (третя задача оптимізації) та зміна рівня ризику невідповідності продукції технічним вимогам (четверта задача оптимізації), які залежать від розміщення операторів за стадіями БСТП. Розроблено програмне забезпечення для компонентів інформаційних технологій оптимізації управління БСТП з ЛМУ.

6. Розроблено програмне забезпечення для компонентів інформаційної технології оптимізації управління БСТП з ЛМУ. Даний програмний продукт дозволяє підвищити ефективність виконання технологічного процесу до 10-20% за рахунок оптимізації розміщення операторів в залежності від числових характеристик стадій БСТП та операторів у порівнянні із випадковим розміщенням операторів. Продуктивність праці в БСТП з ЛМУ може бути підвищена також до 10% (в залежності від числових характеристик БСТП і операторів) внаслідок урахування зміни характеристик операторів в процесі навчання.

7. Розроблені в роботі інформаційні технології для оптимізації управління БСТП з ЛМУ, аналізу та побудови структурних, інформаційних і функціональних моделей об'єктів і процесів, математичні моделі, методи, алгоритми та програмний продукт впроваджені на станції технічного обслуговування для вдосконалення процесу вулканізації шин легкових автомобілів м. Кіровоград, на ЗАТ НВП «Радій» м. Кіровоград, ТОВ «Ремонтно-механічний завод» м. Олександрія для оптимізації функціонування людино-машинної підсистеми процесу виробництва та у навчальний процес кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сорокун С. В. Моделі контролю групової взаємодії операторів людино-машинних систем у просторі передатних функцій / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун, О.М. Циганенко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград, 2006. – Вип. 17. – С. 283–291.
2. Сорокун С. В. Моделі взаємодії спеціалістів-операторів в контролі і управлінні ємнісним об'єктом / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун, А.В.Лисогор // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2006. – №2. – С. 170–174.
3. Сорокун С. В. Лінеаризовані моделі групової взаємодії спеціалістів-операторів в контролі і управлінні ємнісним об'єктом / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун, А. В. Лисогор // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – Т.1, №3 – С. 10–16.
4. Сорокун С. В. Задача моделювання оптимальної стратегії управління БСТП / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун // Вісник ВПІ. – 2008. – №6. – С. 17–21.
5. Сорокун С. В. Алгоритмічна модель випадкового пошуку задач ідентифікації багатостадійного технологічного процесу / В. М. Лисогор, С.В. Сорокун // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – №1. – С. 217–220.
6. Сорокун С. В. Рішення одного класу задач оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням / А.А. Шиян, В.М.

- Дубовой, С. В. Сорокун // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2009. – №3(25). – С.48–53.
7. Сорокун С. В. Моделювання впливу помилок в діяльності операторів на результативність багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2009. – №3. – С.45–51.
 8. Сорокун С. В. Моделі стійкості групової взаємодії спеціалістів-операторів / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування: III Міжнародна науково-технічна конференція, 31 травня – 2 червня 2007.: матеріали конференції. – Вінниця, 2007. – С. 154–155.
 9. Сорокун С. В. Модель телекомунікаційної мережі як багатостадійного технологічного процесу / С. В. Сорокун // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування: IV Міжнародна науково-технічна конференція, 8 – 10 жовтня 2009.: матеріали конференції. – Вінниця, 2009. – С. 28.

АНОТАЦІЯ

Сорокун С. В. Інформаційні технології оптимізації багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2010.

Дисертація присвячена розробці інформаційної технології для оптимізації багатостадійних технологічних процесів (БСТП) з людино-машинним управлінням (ЛМУ) за рахунок реорганізації підсистеми ЛМУ. Розроблено метод оптимізації структури багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням, модель для урахування динаміки зміни індивідуальних характеристик оператора та її вплив на ефективність функціонування БСТП з ЛМУ. Дістала розвиток модель агрегації інформації координатором. Розроблені інформаційна технологія та програмне забезпечення для її реалізації дозволяють підвищити ефективність виконання технологічного процесу до 10-20%.

Отримані результати використані на виробництві та в навчальному процесі.

Ключові слова: інформаційна технологія, багатостадійний технологічний процес, людино-машинне управління, оптимізація управління, індивідуальні характеристики, впорядкування операторів, агрегація інформації, прийняття рішень.

ABSTRACT

Sorokun S. V. Information technologies for multistage technological processes optimization with man-machine control. – A manuscript.

Candidate of technical sciences thesis, speciality 05.13.06 – Information technologies. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2010.

The Thesis is dedicated to development of information technology for multistage technological processes optimization (MSTP) with man-machine control (MMC) with the help of the MMC subsystem reorganization. Method of multistage technological processes optimization with man-machine control, model for individual operator features change and its influence upon efficiency of the MSTP with MMC operation are designed. Model of information aggregations by a coordinator was developed. The information technology and the software for its realization which were developed allow to raise execution efficiency of technological process on 10-20 %.

The results which were obtained are used on production and in educational process.

The keywords: information technology, multistage technological process, man-machine control, optimization of control, individual features, operators sequencing, aggregation of information, decision making.

АННОТАЦИЯ

Сорокун С.В. Информационные технологии оптимизации многостадийных технологических процессов с человеко-машинным управлением. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2010.

Диссертация посвящена повышению эффективности управления многостадийными технологическими процессами (МСТП) с человеко-машинным управлением (ЧМУ) на основе новой информационной технологии, которая базируется на новом методе оптимизации МСТП с ЧМУ, модели для учета динамики изменения индивидуальных характеристик оператора и модели агрегации информации координатором, что позволяет оптимизировать взаимодействие МСТП, операторов и координатора в процессе принятия решений об управлении МСТП.

Разработана общая трехуровневая (стадии – операторы – координатор) структура информационной модели для оптимизации управления МСТП с ЧМУ, которая отличается от существующих учетом специфических особенностей отдельных стадий, специфических особенностей индивидуальных характеристик операторов и наличием координатора, который задает целевую функцию для всего МСТП. Данный подход позволяет сформировать информационную технологию для управления функционированием человеко-машинных систем. Базовые модели выступают в качестве инструмента создания и использования информационной технологии для автоматизированных систем управления МСТП с ЧМУ. Формирование информационной технологии осуществляется по следующему алгоритму: проводится анализ систем управления в МСТП и ее декомпозиция к базовым моделям, строится математическое описание для базовых моделей, отражающее специфику переработки информации и управление для данной стадии процесса или межстадийного взаимодействия, формируется информационная технология для осуществления управления стадией или межстадийным взаимодействием операторов и модели для управления операторами со стороны координатора. Таким образом, общая структурная модель может выступать как базовая при моделировании МСТП с ЧМУ.

Построена информационная технология для оптимизации управления МСТП с ЧМУ, которая учитывает групповое взаимодействие операторов, обладающих индивидуальными характеристиками и специфическими характеристиками стадий. Доказано, что широкий класс задач оптимизации МСТП с ЧМУ в рамках линейного приближения сводится к единой задаче минимизации. Оптимальное решение находится с помощью универсального алгоритма со специальным упорядочением индивидуальных характеристик операторов и параметров стадий. Детально описаны четыре варианта оптимизации управления МСТП с ЧМУ: оптимизация общего времени производства продукта, оптимизация финансовых потерь при производстве продукта, оптимизация интервала вариаций характеристик продукта, оптимизация уровня невыполнения стадий (оптимизация уровня качества продукта). Все целевые функции координатора включают как индивидуальные характеристики операторов, так и специфические характеристики стадий. Решение задачи осуществляется в виде упорядочения операторов за стадиями многостадийного технологического процесса. Показано, что при изменении целевой функции координатора необходимо осуществлять перераспределение операторов по стадиям для оптимального управления МСТП с ЧМУ.

Построена модель и методы принятия решений координатором с учетом информации о динамике изменений индивидуальных характеристик оператора (процесс обучения) и ее влияние на функционирование МСТП. Показано, что на протяжении обучения вследствие различия в индивидуальном обучении операторов необходимо несколько раз осуществлять перераспределение операторов по стадиям многостадийного технологического процесса для осуществления оптимального управления МСТП с ЧМУ.

Построен компонент информационной технологии для оптимизации агрегирования информации операторами с учетом их индивидуальных характеристик. Показано, что разработанный компонент информационной технологии позволяет выявлять такие распределения операторов по стадиям, будут приводить к результату, которые отличаются от заданных координатором.

Разработано программное обеспечение реализации информационной технологии для оптимизации автоматизированных систем управления многостадийными технологическими процессами с человеко-машинным управлением. Описаны возможности программы и приведены инструкции для ее использования координатором. Проведено имитационное моделирование интервала вариаций целевой функции координатора при учете индивидуальных отличий операторов для статической задачи влияния индивидуальных информационных характеристик оператора и специфики стадий. Использование разработанной информационной технологии и ее программного обеспечения в условиях изменения индивидуальных характеристик операторов в процессе их обучения позволяет предупредить потери вследствие неоптимального размещения операторов в объеме до 10-20% (в зависимости от характеристик стадий МСТП и характеристик обучения операторов).

Полученные результаты внедрены на предприятиях и использованы в учебном процессе.

Ключевые слова: информационная технология, многостадийный технологичный процесс, человеко-машинное управление, оптимизация управления, индивидуальные характеристики, упорядочение операторов, математические модели, агрегация информации, принятие решений.

Підписано до друку 06.05.2010 р. Формат 29.7×42¼

Наклад 100 прим. Зам. № 2010-082

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету.

м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59