**Слайд 1.**

Шановний головуючий, шановні члени спеціалізованої вченої ради, шановні присутні! До вашої уваги пропонуються результати дисертаційної роботи на тему «Динамічне оперативне керування гнучкою виробничою системою в умовах невизначеності».

**Слайд 6.**

***Метою даної дисертації*** є підвищення ефективності роботи гнучкої виробничої системи шляхом збільшення рівня автоматизації процесів налаштування та функціонування складових системи оперативного управління.

**Слайд 7.**

Для реалізації поставленої мети в дисертації було вирішено такі задачі:

1. Створення формалізованої моделі процесу і визначення структуру системи динамічного оперативного керування.
2. Створення класифікатору вирішальних динамічних показників СОУ.
3. Дослідження ГВС щодо можливих типів невизначених ситуацій.
4. Визначення логічної послідовності процесу вибору раціональних значень ВДП.
5. Синтез узагальненої концептуальної моделі СОУ.
6. Обґрунтування вибору методів прийняття рішень в умовах невизначеності.
7. Розробка підходу до автоматизації процесу ДОК.
8. Створення алгоритмічного та програмне забезпечення СДОК.
9. Експериментальні дослідження ефективності роботи СДОК у ГВС.

*Об'єктом дослідження* є процеси оперативного управління ГВС в умовах невизначеності.

*Предметом дослідження* є показники оперативного управління ГВС, що безпосередньо впливають на функціонування системи в умовах невизначеності.

1:40

**Слайд 2.**

У роботі було проаналізовано ієрархію та задачі адміністративного, стратегічного, тактичного та виконавчого рівнів управління виробничою системою.

Враховуючи значну кількість невизначених подій на стратегічному і тактичному рівнях функціонування та їх вплив на роботу системи було вирішено детальніше зупинитися на *системі оперативного управління* (СОУ).

Враховуючи динамічний характер виробничої системи та значну складність структури і функцій СОУ надзвичайно важливо виділити та правильно налаштувати *вирішальні динамічні показники* – такі показники, що безпосередньо впливають на здійснення процесу оперативного управління виробництвом в реальному часі в умовах невизначеності.

Також у роботі було визначено д*инамічне оперативне керування (ДОК)* *ГВС* як процес налаштування на етапах підготовки та функціонування гнучкої виробничої системи таких значень *вирішальних динамічних показників*, що здатні задовольнити поточні вимоги та обмеження ГВС.

2:50

**Слайд 3.**

Для визначення узагальнених динамічних показників було проведено структурно-функціональний аналіз СОУ ГВС.

*Загальна функція процесу оперативного управління* може бути представлена множиною виконуваних СОУ функцій: планування, диспетчеризації та, через неможливість виключення ряду випадкових факторів, що здійснюють вплив на виробничий процес, також оперативного контролю та оперативної корекції.

Виходячи з сукупності функцій, можна стверджувати, що основний вплив на функціонування СОУ мають значення наступних узагальнюючих показників:

– *показник оперативного планування* передбачає визначення ступеня повноти оперативного плану, основних критеріїв його ефективності та механізмів їх досягнення;

– *показник оперативного контролю* передбачає визначення моменту здійснення процесу контролю та прийняття рішення про необхідність перепланування оперативної роботи виробничої системи;

– *показник оперативної корекції* передбачає визначення обсягу змін, що вносяться до початкового або попередньо визначеного плану;

– *показник оперативної диспетчеризації* передбачає визначення основних алгоритмів диспетчеризації матеріальних потоків.

4:10

**Слайд 4.**

Процес *динамічного оперативного керування* можна представити математично у вигляді нижченаведеної *формалізованої моделі процесу* D, що означає вибір – набору значень показників СОУ із множини і відповідає співставленню – функціональних можливостей СОУ з *L* – вимогами та обмеженнями конкретної ГВСта з урахуванням *U* – можливих типів невизначеностей, що характерні даній ГВС:

**Слайд 5.**

Задля зниження впливу суб'єктивних факторів та для підвищення якості отримуваних рішень, було визначено необхідність розробки підходу до *автоматизації ДОК*, під якою розуміється автоматизація та інтелектуалізація процедури відбору значень ВДП з урахуванням вимог та обмежень ГВС, із використанням сучасних методів і технологій штучного інтелекту.

Для впровадження автоматизації динамічного оперативного керування у процесі функціонування ГВС запропоновано створити *систему динамічного оперативного керування (СДОК)*, що включатиме до свого складу вже існуючу СОУ та окремий *модуль корекції ВДП СОУ*.

5:30

Вчені багатьох країн зробили значний вклад у накопичення знань та досвіду щодо проектування, налаштування та організації роботи автоматизованих систем управління ГВС. Відомі роботи Горанського Г.К., Пономарьова В.М., Костюка В.І., Лисенкка Е.В., Пуховського Е.С., Слєпцова А.І., Черпакова Б.І., Ямпольського Л.С., Viera G. E., Wu S. D.

У роботах вказаних авторів були розглянуті питання побудови систем управління ГВС та надані рекомендації щодо вибору і налаштування їх компонентів. Однак, наведені роботи не містять конкретних рекомендацій щодо створення підходів автоматизації вибору значень показників СОУ.

Також запропоновано деякі класифікації систем оперативного управління та їх окремих компонентів за певними властивостями. Але жодну з розглянутих класифікацій у початковому вигляді, не можна застосувати у процесі автоматизації ДОК.

6:30

**Слайд 8.**

На основі зазначеної множини узагальнених динамічних показників роботи СОУ та виходячи із власного досвіду та здійсненого аналітичного огляду результатів численних досліджень в інших джерелах було сформовано *набір вирішальних динамічних показників*, що для кожного узагальненого динамічного показника визначає відповідну конкретну величину:

* *показник оперативного планування –* ***підхід до оперативного планування****: (Реактивне планування, Прогностично-реактивне планування, Робастне прогностично-реактивне планування, Робастне превентивне планування).*
* *показник оперативного контролю*  – ***політика вибору часу перепланування*** *(періодична, подієва, гібридна);*
* показник оперативної корекції – ***стратегія перепланування*** *(повне перепланування, корекція плану);*
* показник оперативної диспетчеризації – ***метод оперативної диспетчеризації***  *(правила диспетчеризації, евристики, метаевристики, ситуаційне управління, мультиагентні системи).*

**Слайд 9.**

У вигляді вимог, що надходить до модуля корекції ВДП СОУ від виконавчої підсистеми використовується *інформація про вид невизначеності*.

*Невизначеності*  – події в реальному часі, які виникають у процесі функціонування системи можуть змінити її стан та/або впливають на її продуктивність.

Невизначеності були розділені на два типи: пов'язані з ресурсами та пов'язані із задачами.

**Слайд 10.**

У якості ***обмежень*** щодо структурних та архітектурних особливостей будови ГВС, визначено наступні показники: *обчислювальна потужність апаратного забезпечення СОУ, архітектури СОУ* та *типова компонувальна структура ГВС*.

08:30

**Слайд 11.**

На основі визначеного набору ВДП, а також вимог та обмежень з боку ГВС сформована *Логічна послідовність налаштування ВДП* – така послідовність перебирання їх значень, яка і визначає етапність здійснення ДОК, вибір: підходу до оперативного планування (ПДОК), стратегії перепланування (СДОК), політики вибору часу перепланування (ПЧДОК) та методу диспетчеризації (МДОК).

**Слайд 12.**

На основі визначеної логічної послідовності було синтезовано *узагальнену концептуальну модель СОУ*, що узагальнює в собі всі її характеристики, спроможні обслуговувати у повному обсязі ВО ГВС.

Оскільки динамічне оперативне керування ГВС є частиною виробничого процесу, доцільно застосувати для формалізації елементів СОУ відповідні методи функціонального аналізу, зокрема метод Ф-функції, згідно з яким на узагальненому верхньому рівні абстрагування Ф-*функція СОУ* як *об’єкта динамічного оперативного керування* подається декартовим добутком множин: .

**Слайд 13.**

Послідовність реалізацій Ф-функції може бути представлена орграфом. Серед траєкторій процедурного руху за наведеним орграфом є і раціональні *tr*опт за умов відповідності до певних ВОГВС. Червоною лінією виділений слід раціональної траєкторії, яка в результаті багатоітераційного перебирання визначає складові моделі СОУ.

10:15

**Слайд 14.**

На основі реляційних відношень між окремими компонентами розробленої *концептуальної моделі* була сформована структура *узагальненої моделі вибору* (УМВ), формування якої являє *першу складність* реалізації моделі.

*Друга складність* полягає у кількісному визначенні вагомості реляційних зв'язків між ВДП, що реалізується експертним рейтинговим оцінюванням альтернативних варіантів з використанням методів ранжування і попарних порівнянь.

**Слайд 15.**

Отже, при залученні експертів було проведено опитування оцінок ефективності поєднання показників СОУ наведеними експертними методами. Після отримання результатів оцінювання було проведено аналіз на узгодженість експертів у даній області та отримано наступні значення: за методом ранжування (); за методом парних порівнянь ().

Степені узгодженості, отримані обома методами, не менше 0,5, а отже кількісні результати попередніх обробок можна використовувати при вирішенні задачі ДОК.

11:30

**Слайд 16.**

Використовуючи синтезовану концептуальну модель системи оперативного управління та отриману узагальнену модель вибору значень її вирішальних динамічних показників необхідно було обґрунтувати методи для розробки підхід до автоматизації ДОК.

Однією з особливостей сучасних інформаційно-керуючих систем, до яких можна віднести і систему оперативного управління виробництвом, є те, що вони не призначені для самостійного прийняття рішень в умовах невизначеності. Усі можливі варіанти поведінки мають бути закладені в них на етапі розробки. Потрапляння подібної системи в умови, не враховані її розробниками, може призводити до аварійного завершення.

Одним з підходів, направлених на вирішення цієї проблеми, є застосування *агентно-орієнтованого методу* для автоматизації процесів керування.

Відмітною властивістю концепції інтелектуалізованого програмного агента є наявність зовнішнього середовища, з яким агент здатний взаємодіяти, але не володіє можливістю його контролювати.

Також важливим завданням інформаційно-керуючих систем є реалізація методів накопичення та аналізу баз знань.

Зазначені задачі стикаються з обмеженнями на обчислювальну потужність обладнання. Тому однією із значущих тенденцій є паралелізація обчислень, що також призводить до популяризації концепції інтелектуалізованих агентів і мультиагентних систем.

13:00

**Слайд 17.**

Отже, для автоматизації ДОК було використано підхід на основі *метаідентифікації*, щоб із використанням створеної *узагальненої* *концептуальної моделі СОУ* та *узагальненої моделі вибору ВДП* розробити мультиагентну систему, що базується на *гнучких інтелектуалізованих мультиагентних конфігураціях* (ГІМАК).

*Гнучка інтелектуалізована мультиагентна конфігурація* – така мультиагентна конфігурація, що містить агенти  з *функціями метаідентифікації*, які реалізують механізм динамічного виявлення необхідності інших агентів; забезпечує паралельність їх роботи; реагує на зміни стану зовнішнього середовища шляхом корекції загального виходу.

**Слайд 18.**

Наведена узагальнена модель *гнучкої інтелектуалізованої мультиагентної системи* (ГІМАС) об’єднує *необхідну* для формування алгоритму вибору значень ВДП і *достатню* для задоволення вимог з боку обслуговуваної ГВС сукупність ГІМАК АОП, що синтезовані для кожного вирішального динамічного показника та для кожної вимоги.

14:20

**Слайд 19.**

З метою практичного використання розробленого підходу на основі ГІМАС було здійснено його реалізацію у вигляді програмного комплексу для застосування у якості програмного забезпечення модуля корекції вирішальних динамічних показників системи динамічного оперативного керування ГВС.

Розроблений програмний комплекс поєднує синтезоване інформаційне, методичне та алгоритмічне забезпечення у єдине програмно-інформаційне середовище та функціонує з метою підвищення якості та зменшення трудомісткості рішень, що приймаються з його використанням.

**Слайд 20.**

Розроблено алгоритм налаштування програмного комплексу:

1. Додавання користувачем вирішальних динамічних показників, наборів їх значень та послідовності налаштування.
2. Додавання користувачем додаткових обмежень.
3. Введення користувачем отриманих від експертів даних.
4. Автоматична генерація структури ГІМАС та ініціалізація АОП з усіма необхідними ІА для кожної класифікаційної ознаки.

Розроблено алгоритм використання програмного комплексу для знаходження значень вирішальних динамічних показників об’єкта керування:

1. Введення користувачем або зчитування з заданої інформаційної підсистеми вхідних значень показників та обмежень.
2. Реалізація ітераційної процедури ДОК за допомогою ГІМАС.
3. Передача результатів до суміжних підсистем та виведення у зручній графічній формі.

16:00

**Слайд 21.**

Для перевірки працездатності розробленого підходу сформовано багатоетапну методику експериментального дослідження, яку ми розглянемо далі.

**Слайд 22.**

За наведеною методикою проведення експериментальних досліджень на першому кроці було задано наступні обмеження та вимоги для двох тестових ГВС:

***Обчислювальна потужність апаратного забезпечення СОУ*** – *висока*.

***Архітектура СОУ*** – *централізована*.

***Структурно компонувальні схеми*** *–*два варіанти структур транспортної системи ГВС, що містить по *2 автономні транспортні модулі*.

***Матриці часу переміщення між ГВМ*** – у таблицях наведено матриці часу переміщень між ГВМ для двох варіантів структур.

***Невизначеності характерні для ГВС*** – *несправність автономних транспортних модулів*;

**Слайд 23.**

Після налаштування програмного комплексу на головній формі програми отримуємо результат роботи ГІМАС щодо вибору значень ВДП у вигляді раціональної траєкторії на п*овному функціональному орграфі.*

*Підхід до оперативного планування*: прогностично-реактивний.

*Стратегія перепланування*: корекція плану.

*Політика вибору часу перепланування*: подієва.

*Метод диспетчеризації* на основі мультиагентних систем.

17:30

**Слайд 24.**

Було розроблено імітаційну модель ГВС з обраним методом диспетчеризації на основі МАС, до складу якої було включено наступні агенти та мета агенти:

* *agМ* – агент-менеджер;

Метаагент АТМ (*ag\*АТМ*), що містить:

* agДАТМ – агент диспетчеризації АТМ;
* agРАТМ – агент ресурсів АТМ.

Метаагент ГВМ (*ag\*ГВМ*), що містить:

* agДГВМ – агент диспетчеризації ГВМ;
* agДГВМ – агент ресурсів ГВМ.

Метаагент замовлення *ag\*З* складається з множини агентів:

* agЗ – агент замовлення, кожен з яких в свою чергу створює множину агентів:
* agО – агент операції, що входить до складу замовлення.

Використовуючи сховище Реєстр (*Reg)*, агенти знають про доступність інших агентів.

У роботі детально визначається механізм і поведінка всіх типів агентів.

**Слайд 25.**

Розглянемо розподіл на виконання задач міжопераційного транспортування.

Під час визначення задачі транспортування *agДАТМ* робить висновки, що базуються на оцінці часу переміщення і часу власного очікування найближчого можливого початку обробки відповідної операції з робочого списку використовуючи наступне рівняння.

Агент *agО* запрошує всі *agДАТМ* зробити свою пропозицію і чекає їх відповідей.

**Слайд 26.**

Щоб забезпечити зменшення часу переговорів між інтелектуалізованими агентами, пропонується застосувати систему нечіткого виведення.

У запропонованому підході кожен АДАТМ використовує систему нечіткого виведення (СНВ) для прийняття рішення, яку саме задачу транспортування краще починати виконувати.

СНВ використовує три змінні як вхідні (Відстань, Час очікування і Частоту запитів), і одну в якості вихідної (Пріоритет).

Правила, використовувані у СНВ, зведено у таблицю.

19:40

**Слайд 27.**

Для перевірки роботи СДОК було розв’язано експериментальні задачі на основі наборів технологічних операцій для тестових ГВС.

***У першому випадку.*** Для перевірки результатів, було розглянуто три варіанти *ГВС без СДОК*, у яких використовується *метод диспетчеризації на основі найбільш поширених правил*:

* "Перший надійшов перший обслугований".
* "Найкоротший шлях переміщення";
* "Найкоротший час переміщення".

Критерієм продуктивності обрано ***період обробки***.

З таблиці видно, що система з методом диспетчеризації на основі МАС, що була обрано за допомогою СДОК, випереджає інші правила диспетчеризації за показником тривалості періоду обробки в середньому на *10,4%.*

***У другому випадку.*** Для перевірки ефективності роботи ГВС з методом диспетчеризації на основі вдосконаленої МАС з використанням СНВ, результати її роботи було порівняно з:

1) роботою методу диспетчеризації на основі МАС за протоколом CNET.

2) роботою методу диспетчеризації на основі правила диспетчеризації FCFS.

Критерієм продуктивності обрано ***середній час очікування АТМ***.

З графіку, що відображає залежність середнього часу простою АТМ від часу роботи ГВС для трьох наведених методів, видно, що метод на основі МАС з СНВ переважає за продуктивністю МАС з CNET – на *8%*, правило *FCFS* – на *12%*.

21:40

**Слайд 28.**

**Загальні висновки**

1. Створено формалізовану модель процесу та синтезовано структуру системи динамічного оперативного керування (СДОК).
2. Створено класифікатор вирішальних динамічних показників та їх можливих значень.
3. Синтезовано концептуальну модель СОУ як об’єкта динамічного керування на основі Ф-функції.
4. Обґрунтовано застосування мультиагентних системи, експертних системи та нечіткого логічного виведення при здійсненні автоматизованого ДОК.
5. Розроблено підхід до автоматизації динамічного оперативного керування на основі гнучких інтелектуалізованих мультиагентних для врахування всіх ВДП.
6. Створено алгоритмічне та програмне забезпечення СДОК у вигляді програмного комплексу на основі ГІМАС.
7. Здійснено вдосконалення мультиагентного методу оперативної диспетчеризації ГВС шляхом використання системи нечіткого виведення.
8. Результати моделювання роботи ГВС зі СДОК демонструють вищу продуктивність за обраними критеріями: тривалість періоду обробки – на 10,4% та середній час очікування – на 12%.
9. Запропонований у роботі підхід до динамічного оперативного керування носить узагальнюючий характер та може бути застосований для динамічного корегування показників оперативного управління об’єктами різної природи.

Основні положення та результати дисертаційної роботи викладено в 10 наукових працях, у тому числі: 6 статей у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз.

Результати роботи були апробовані на 4 науково-технічних конференціях, в тому числі міжнародних.

Результати роботи були використані при розробці “Мультимедійного комплексу комп’ютерно-інтегрованих засобів дистанційно-віртуального навчання з використанням інтернет-технологій”, що був висунутий на здобуття Державної премії України в галузі освіти в номінації “Вища освіта” та впроваджено у навчальний процес кафедри технічної кібернетики КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Доповідь звершено, дякую за увагу.

24:00