

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО "

СТЕНОГРАМА

засідання спеціалізованої вченої ради Д 26.002.04 при
Національному технічному університеті України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

13 березня 2017 р.
протокол № 26

Захист дисертації

Дьякова Сергія Олександровича

**"Динамічне оперативне керування гнучкою виробничою системою
в умовах невизначеності",**

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.07– автоматизація процесів керування

Київ – 2017

СТЕНОГРАМА

засідання спеціалізованої вченої ради Д 26.002.04 при
Національному технічному університеті України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

13 березня 2017 року

протокол № 26

Головує -

Голова спеціалізованої вченої ради
Д 26.002.04, доктор технічних наук,
професор Жученко А.І.

В.о. вченого секретаря -

доктор технічних наук, професор
Томашевський В.М.

Головуючий: Шановні колеги, шановні присутні! Склад ради затверджений в кількості 15 осіб. На засіданні присутні 14 членів спеціалізованої вченої ради:

1. Жученко Анатолій Іванович	д.т.н., 05.13.07	голова ради
2. Бідюк Петро Іванович	д.т.н., 05.13.07	заст. голови
3. Томашевський Валентин Миколайович	д.т.н., 05.13.07	в.о. вченого секретаря
4. Богушевський Володимир Святославович	д.т.н., 05.13.07	
5. Грабовський Георгій Геннадійович	д.т.н., 05.13.07	
6. Жук Сергій Якович	д.т.н., 05.13.07	
7. Казак Василь Миколайович	д.т.н., 05.13.07	
8. Ладанюк Анатолій Петрович	д.т.н., 05.13.07	
9. Ланкін Юрій Миколайович	д.т.н., 05.13.07	
10. Осадчий Сергій Іванович	д.т.н., 05.13.07	
11. Пуховський Євген Степанович	д.т.н., 05.13.07	
12. Романенко Віктор Демидович	д.т.н., 05.13.07	
13. Стенін Олександр Африканович	д.т.н., 05.13.07	
14. Ямпольський Леонід Стефанович	к.т.н., 05.13.07	

З них за профілем дисертації докторів наук – 13 (Жученко А.І., Бідюк П.І., Богушевський В.С., Грабовський Г.Г., Жук С.Я., Казак В.М., Ладанюк А.П., Ланкін Ю.М., Осадчий С.І., Пуховський Є.С., Романенко В.Д., Томашевський В.М., Стенін О.А.).

З поважних причин на засіданні вченої ради відсутня Безвесільна О.М.

Шановні члени ради! Кворум є. На порядку денному захист дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Дьякова Сергія Олександровича на тему: " Динамічне оперативне керування гнучкою виробничою системою в умовах невизначеності " за спеціальністю 05.13.07– автоматизація процесів керування.

Робота виконана у Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" Міністерства освіти і науки України на кафедрі технічної кібернетики.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор Ямпольський Леонід Стефанович, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", професор кафедри технічної кібернетики.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Ланкін Юрій Миколайович**, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, завідувач відділу автоматичного регулювання процесів зварювання і нанесення покриттів.

- кандидат технічних наук, доцент **Поліщук Михайло Миколайович**, Київське спеціальне конструкторське бюро "СКБ-Перспектива", головний конструктор.

Проект висновку щодо дисертації, підготовлений комісією ради, роздано членам ради.

Пропоную надати можливість усім присутнім виступати і українською, і російською мовами. Прошу проголосувати. Хто за? Проти? Немає. Утримався? Немає. Приймається одногolosно.

Чи будуть зауваження щодо порядку денного? Немає. Порядок денний приймається. Слово для оголошення матеріалів особової справи здобувача Дьякова Сергія Олександровича надається виконуючому обов'язки вченого секретаря спеціалізованої вченої ради Томашевському В.М.

В.о. вченого секретаря Томашевський В.М.:

Шановні члени ради! В особовій справі здобувача є всі необхідні документи, оформлені відповідно до вимог "Порядку присудження наукових ступенів" (зачитує подані до ради документи).

Головуючий:

У кого є питання до в.о. вченого секретаря або здобувача за матеріалами особової справи? Запитань немає. Сергію Олександровичу, якою мовою будете доповідати?

Дьяков С. О.: Українською.

Головуючий: Слово надається здобувачу Дьякову Сергію Олександровичу для викладення основних положень дисертаційної роботи.

Дьяков С.О.:

Шановний головуєчий, 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".

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

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.

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 *динамічне 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.

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

Загальна функція процесу оперативного управління $\Phi_{\text{СОУ}}$ 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.

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

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*.

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., Лисенка Е.В., Слепцова А.І., Черпакова Б.І., 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.

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* $R_{\text{оп}}$ – *підхід до оперативного планування: (Реактивне планування, Прогностично-реактивне планування, Робастне прогностично-реактивне планування, Робастне превентивне планування).*

- показник оперативного контролю $P_{\text{Окон}}$ – політика вибору часу перепланування (періодична, подієва, гібридна);
- показник оперативної корекції $P_{\text{Окор}}$ – стратегія перепланування (повне перепланування, корекція плану);
- показник оперативної диспетчеризації $P_{\text{Од}}$ – метод оперативної диспетчеризації (правила диспетчеризації, евристики, метавевристики, ситуаційне управління, мультиагентні системи).

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.

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

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 ($P_{\text{ДОК}}$), стратегії перепланування ($C_{\text{ДОК}}$), політики вибору часу перепланування ($PЧ_{\text{ДОК}}$) та методу диспетчеризації ($M_{\text{ДОК}}$).

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: $F_{\text{СОУ}} \subset V_N \times P_{\text{ДОК}} \times C_{\text{ДОК}} \times PЧ_{\text{ДОК}} \times M_{\text{ДОК}}$.

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

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.

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 ($\omega = 0,85$); за методом парних порівнянь ($\gamma = 0,78$).

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

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.

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 $A^{(M)}$ 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.

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.

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.

Розроблено алгоритми налаштування та використання програмного комплексу для знаходження значень вирішальних динамічних показників об'єкта керування:

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

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 компоновальні схеми – два варіанти структур транспортної системи ГВС, що містить по 2 автономні транспортні модулі; невизначеності характерні для ГВС – несправність автономних транспортних модулів.*

Після налаштування програмного комплексу на головній формі отримуємо результат роботи ГІМАС щодо вибору значень ВДП: *підхід до оперативного планування: прогностично-реактивний; стратегія перепланування: корекція плану; політика вибору часу перепланування: подієва; метод диспетчеризації на основі мультіагентних систем.*

Було розроблено імітаційну модель ГВС з обраним методом диспетчеризації на основі МАС, до складу якої було включено наступні агенти та мета агенти: ag_M – агент-менеджер; метаагент АТМ (ag_{ATM}^*), що містить агент диспетчеризації АТМ та ag_{PATM} – агент ресурсів АТМ; метаагент ГВМ (ag_{GBM}^*), що містить агент диспетчеризації ГВМ та агент ресурсів ГВМ; метаагент замовлення ag_z^* складається з множини агентів замовлення, кожен з яких в свою чергу створює множину агентів 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.

Розглянемо розподіл на виконання задач міжопераційного транспортування.

Під час визначення задачі транспортування ag_{DATM} 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 ago запрошує всі ag_{DATM} зробити свою пропозицію і чекає їх відповідей.

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.

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 роботою методу диспетчеризації на основі МАС за протоколом CNET та 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%.

Загальні висновки за дисертацією:

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 8-12%.
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 та впроваджені у навчальний процес кафедри технічної кібернетики КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Доповідь завершено, дякую за увагу.

Головуючий: Дякую. А тепер прошу членів спеціалізованої вченої ради задавати питання здобувачеві.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Плакат, де мета роботи. Питання виникло такого плану: там є у Вас такий вираз як збільшення рівня автоматизації. Як ви трактуєте цей рівень автоматизації і що значить збільшення?

Дьяков С. О.: Дякую за запитання. Мається на увазі автоматизація безпосередньо запропонованого процесу динамічного оперативного керування.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Це яка оцінка, кількісна чи якісна?

Дьяков С. О.: В даному випадку напевно якісна.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Тобто добре чи погано, високий чи низький рівень.

Дьяков С. О.: Так, ми впроваджуємо свій підхід і він є автоматизованим.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Є підхід, коли рівень автоматизації вимірюється чіткою кількісною оцінкою. Наприклад є функції, які виконуються при участі людини і без участі людини. Як ви оцінюєте – видно з роботи. Далі, третій плакат, написано створити класифікатор вирішальних динамічних показників, а ви розв'язуєте роботу в умовах невизначеності, а класифікатор невизначеностей у Вас є?

Дьяков С. О.: Так, він на одному з плакатів наведений. Якщо дозволите – продемонструю. Я розглядаю невизначеності як вимоги до процесу оперативного динамічного керування і класифікую їх за двома типами і далі за видами.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Але ж є інші підходи, коли невизначеності можуть бути параметричні, структурні і т.д. З цієї точки зору Ви не розглядали це?

Дьяков С. О.: Ні, для даного об'єкта мені була потрібна така класифікація.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Добре. Попередній плакат. Там у Вас є робастно-прогностичне реактивне і просто робастне превентивне. Поясніть цих два терміни.

Дьяков С. О.: Я повернуся ще на один назад. Прогностично-реактивний – це коли календарний план виробничої системи, який складається завчасно, у процесі роботи корегується. А під робастним мається на увазі стійкість даного плану, тобто мінімізація відхилень, не просто випуск запланованої продукції, а зменшити відхилення плану від попереднього.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Тобто є частина яка не залежить від планування? То це може бути також визначене не тільки як робастне, а й інваріантне?

Дьяков С. О.: Так, можна.

Головуючий: А оці поняття, про які питає Анатолій Петрович, вони усталені?

Дьяков С. О.: Створений класифікатор використовує наявні підходи, що були зібрані з різних джерел і такі терміни використовуються в літературі.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Далі плакат чотирнадцять, будь-ласка. Метод попарних порівнянь. Але є маса інших. Чому саме зупинилися на методі попарних порівнянь?

Дьяков С. О.: Для вирішення даної задачі знаходження кількісних оцінок реляційних зв'язків між вирішальними динамічними показниками застосовані два методи підійшли найкращим чином.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Добре, а скільки при цьому повинна бути мінімальна кількість експертів?

Дьяков С. О.: Чітко визначити достатню кількість експертів для даних методів не можливо, але є різні методи їх пошуку.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Скільки експертів Ви використовували?

Дьяков С. О.: Близько двох десятків.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: В цьому методі я знаю, що часто оцінки не до 1, а до 10.

Дьяков С. О.: Це нормалізовані значення.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Добре. І висновки, останній пункт. Мене цікавить, Ви написали "об'єктами різної природи". Все ж таки, на які об'єкти орієнтована Ваша робота, в якому сенсі різної природи? Бухгалтерія, роботи, яка природа?

Дьяков С. О.: Дякую за запитання. Сам підхід до налаштування вирішальних динамічних показників оперативного управління може бути застосований на широке коло об'єктів. Необхідно, щоб можливо було визначити набір таких вирішальних динамічних показників і побудувати узагальнену модель вибору, де можна знайти кількісні значення реляційних зв'язків.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Тобто можуть бути не тільки технічні, а й економічні об'єкти?

Дьяков С. О.: Так.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Ще одне питання. У мультиагентному підході, чи є загальні вимоги до кожного агента? Це полегшує задачу коли усі агенти мають однакові функції чи це не обов'язково?

Дьяков С. О.: Це не є обов'язковим, загальна концепція якраз полягає в тому, щоб кожен агент автономно реалізував якусь свою певну функцію.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Дякую.

Головуючий: Ще запитання, будь ласка.

Член спец. ради д.т.н., проф. Романенко В. Д.: У мене продовження питання про невизначеності. Які у Вас використовуються методи врахування невизначеностей та їх подолання і компенсації. Невизначеності Ви вказали, такі як помилка оператора або невчасне надходження операцій.

Дьяков С. О.: Дякую за запитання. Інформація про невизначеності якраз і надходить з виконавчої підсистеми де дійсно трапляються якісь нештатні ситуації. І на основі типу невизначеності, що трапилася із використанням узагальненої моделі вибору знаходяться значення даних вирішальних динамічних показників.

Тобто для всіх розглянутих типів невизначеностей є певні співставлення зі значеннями вирішальних динамічних показників. За експертними оцінками обираються раціональні значення вирішальних динамічних показників, якими налаштовується система оперативного управління у даній ситуації, що і покликано подолати вплив даної невизначеності.

Член спец. ради д.т.н., проф. Романенко В. Д.: Що конкретно повинна робити система якщо є запізнення виконання операцій. Це ж збій, як система на це реагує?

Дьяков С. О.: На візуалізації узагальненої моделі вибору можна якраз прослідкувати, що тут зображені види невизначеностей і для них поетапно обираються значення вирішальних динамічних показників, які рекомендовані експертами.

Член спец. ради д.т.н., проф. Романенко В. Д.: Тобто у Вас логічне подолання невизначеності. Для певної ситуації є певна логіка.

Дьяков С. О.: Так.

Член спец. ради д.т.н., проф. Романенко В. Д.: Дякую.

Головуючий: Ще запитання, будь ласка.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: Скажіть, Ви робили імітаційне моделювання?

Дьяков С. О.: Так. Розроблювалася модель гнучкої виробничої системи, що включала знайдені за допомогою програмного комплексу показники. Зокрема, з використанням методу диспетчеризації на основі мультиагентних систем.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: Як правило після імітаційного моделювання з'являються цифри і графіки, а у Вас наведені? Можливо я пропустив?

Дьяков С. О.: Так, є результати за періодом обробки і за середнім часом простою.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: А от Ви говорите, що у Вас динамічне оперативне керування, а чим ви доведете, що воно динамічне?

Дьяков С. О.: Мається на увазі здійснення корегування значень вирішальних динамічних показників у реальному часі функціонування виробничої системи.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: Як часто ви це робите, можливо раз на тиждень?

Дьяков С. О.: Це відбувається як відповідь на виникаючі нештатні ситуації.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: Це не зовсім динаміка, якщо немає регулярності у знятті показників.

Дьяков С. О.: це відбувається при настанні нештатних ситуацій і, за можливості збирати на реальному об'єкті керування статистичні дані, комплекс може застосовуватися періодично, після кожної добової зміни.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: А у процесі імітаційного моделювання можна було згенерувати статистичні дані, які у якомусь наближенні характеризують Ваш об'єкт?

Дьяков С. О.: імітаційне моделювання було спрямовано на перевірку експертного методу, який використовувався.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П. І.: Експертний метод сам у собі несе невизначеності, які Ви намагаєтесь обробляти, тому експертний підхід дещо односторонній. Дякую.

Головуючий: Ще запитання, будь ласка.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Все таки я хотів би продовжити з неопределенностями. Скажіть, у Вас человек присутствует в этой Вашей схеме?

Дьяков С. О.: Так, у гнучкій виробничій системі присутній оператор.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Раз присутній, то ви повинні були розглядати особистісну невизначеність, яка приводить до помилок третього роду. Коли недобросовісна особа, приймає по наявним даним правильне рішення, яке не є правильним для Вашої системи. Ви це якось розглядали?

Дьяков С. О.: При прийнятті рішень про значення вирішальних динамічних показників, робота як раз і була направлена на подолання такого роду невизначеностей шляхом автоматизації процесу визначення значень цих показників.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Мои коллеги подымали вопрос о том, какое количество экспертов. Вы даже назвали двадцать. Это хорошо или плохо?

Дьяков С. О.: У даному випадку двадцять – це достатньо, щоб на імітаційній моделі метод продемонстрував свою ефективність.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Для того чтобы было двадцать экспертов, Вам надо подобрать двадцать специалистов примерно равного уровня. Пожалуйста, пятнадцатый плакат. Вот посмотрите, здесь хорошо, где агенты, Вы учитываете все хорошо и связь ведете с влиянием среды. А кроме среды, что еще влияет? У Вас есть внутренние процессы?

Дьяков С. О.: Під середовищем мається на увазі гнучке виробниче середовище, тобто всі процеси, які там відбуваються. Не в середині агента.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: А внутренние не влияют? Влияние внутренних и влияние внешних. Внешние мы знаем что это, рассмотрели, а внутренние, какие процессы Вы учитываете? Один Вы уже называли – сбой, а еще? Сбой может быть по вине оператора, а еще?

Дьяков С. О.: Так, або вихід з ладу оброблювальних ресурсів, або несправність якихось інструментальних засобів.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Хорошо, я Вас как раз подводил к отказам. А скажите, какие методы оценки вот таких процессов, когда могут появиться неопределенности на самой Вашей схеме и их состояний? И следующее, автоматизация и вектор её состояний, и операторы, о которых Вы говорили и вектор их состояний. Вы такое рассматривали?

Дьяков С. О.: В рамках даної роботи не було представлено дану інформацію у такій формі.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Не ставилась задача. Спасибо. И последнее, что хотел Вас спросить – двадцать пятый плакат. Вы знаете как эта матрица называется?

Дьяков С. О.: Це таблиця продукційних правил системи нечіткого виведення.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Матрица возможностей. А якщо є матриця можливостей – то повинна бути матриця загроз. Вы не рассматривали?

Дьяков С. О.: Ні, я розгляну це питання в майбутньому.

Член спец. ради д.т.н., проф. Казак В.М.: Спасибо.

Головуючий: Ще запитання, будь ласка.

Член спец. ради д.т.н., проф. Осадчий С.І.: На скільки я зрозумів із доповіді, одне з основних місць в роботі займає так звана метайдентифікація вирішальних динамічних показників. Ви її визначаєте в авторефераті як деяку ітераційну процедуру вибору таких значень вирішальних динамічних показників, за яких система оперативного управління виявляється спроможною найкращим чином задовольняти умови обслуговування гнучкої виробничої системи. Скажіть, будь ласка, яким чином ви припиняєте оці ітерації в процесі метайдентифікації?

Дьяков С. О.: Дякую за запитання. Цей ітеративний процес зупиняється коли будуть обрані найкращі поєднання значень вирішальних динамічних показників згідно з експертними оцінками та якщо вони всі будуть враховувати відповідні значення інформації щодо вимог і обмежень з боку гнучкої виробничої системи, тобто інформації про нештатні ситуації, структурно-архітектурні обмеження, обмеження щодо апаратного забезпечення.

Член спец. ради д.т.н., проф. Осадчий С.І.: Зрозуміло, тобто термін "найкращі" Ви використовуєте з позиції експертів?

Дьяков С. О.: Так.

Член спец. ради д.т.н., проф. Осадчий С.І.: Дякую.

Головуючий: Ще запитання, будь ласка.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Якщо можна, поверніться до імітаційної моделі. Що таке метаагент?

Дьяков С. О.: Дякую за запитання. Метаагент – це агент, який представляється сукупністю інших агентів.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: У Вас же було написано мультиагент, а мета – узагальнює якісь там характеристики. Саме поняття метаагент?

Дьяков С. О.: Метаагент узагальнює всіх агентів, які необхідні для представлення об'єкту певного типу. Тобто метаагент транспортного модулю – це сукупність агентів для одного транспортного модулю, які його представляють.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Чим відрізняється від мультиагента?

Дьяков С. О.: Такого терміну не вживалося. Є мультиагентна система – яка включає значну кількість агентів.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Зрозуміло. Це введене Вами поняття, метаагент?

Дьяков С. О.: Ні, воно використовується в літературі, як логічний агент для поєднання інших агентів.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Ви казали, що реалізували імітаційну модель, якими засобами?

Дьяков С. О.: Це була власна розробка для імітаційного моделювання.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Тоді яким чином моделюється поведінка агентів?

Дьяков С. О.: Кожен інтелектуалізований агент реалізувався окремим об'єктом, тобто окремим програмним модулем, який діяв автономно і намагався покращити свої власні результати.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Я уточню: поведінка є в модельованому часі. Яким чином змінювалися властивості агентів в модельному часі і як він задавався?

Дьяков С. О.: Імітаційна модель використовувала запланований календарний план виробництва і час було масштабовано до певних значень.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Який масштаб? Година, зміна?

Дьяков С. О.: Використовувалися виміри процесорного часу. Масштаб можна було задавати від секунди. Результати роботи системи наводилися у вигляді діаграми Ганта.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: У Вас детермінована модель чи стохастична?

Дьяков С. О.: Дана модель детермінована.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Добре, дякую.

Головуючий: Ще запитання, будь ласка.

Член спец. ради д.т.н., проф. Богушевський В.С.: Шановний Сергію Олександровичу, перший пункт новизни говорить, що був вперше створений класифікатор. Але з переліку робіт не видно, що Вами особисто був створений класифікатор. Як це розуміти?

Дьяков С. О.: Теми публікацій не включали саме таке формулювання, але по суті у них розглядалося дане питання.

Член спец. ради д.т.н., проф. Богушевський В.С.: Може воно там і є, але це не очевидно. Дякую.

Головуючий: Нема більше питань? У мене є одне. Сьомий плакат. Там є корекція плану і повне перепланування. Як кількісно відрізнити ці величини?

Дьяков С. О.: Повне перепланування – це здійснення перерахунку добового календарного плану, за умов, якщо відхилення реального виробничого процесу від запланованого перевищило деяке критичне значення.

Головуючий: Я про це критичне значення Вас і питаю. Яким чином кількісно оцінюється ситуація?

Дьяков С. О.: Одна з величин – це кількість випещеної продукції, яка запланована на даний момент часу і яка є реально у виробничому процесі.

Головуючий: Дякую. Є ще питання? Немає.

Слово надається науковому керівнику здобувача кандидату технічних наук, професору Ямпольському Леоніду Стефановичу.

К.т.н., проф. Ямпольський Л.С.:

Дисертаційна робота Дьякова С.О. присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання – підвищення ефективності процесу функціонування гнучкої виробничої системи в умовах невизначеності.

Продуктивність роботи гнучких виробничих систем (ГВС) у значній мірі залежить від ефективності їх систем керування. Враховуючи наявність у процесі функціонування виробничих систем невизначених ситуацій обумовлює значний інтерес до вирішення задач керування ГВС в умовах невизначеності. Зокрема, актуальною є задача динамічного оперативного керування, що визначається як налаштування показників роботи складових системи оперативного управління, що безпосередньо приймають участь у керуванні виробничою системою в реальному часі за умов невизначеності щодо параметрів власне об'єкта керування і навколишнього середовища, що виявляє себе у вигляді контрольованих і неконтрольованих збурень і перешкод різної природи.

Необхідність вирішення таких задач потребує розвитку підходів та засобів автоматизованого та інтелектуалізованого керування ГВС в умовах невизначеності із застосуванням методів та технологій штучного інтелекту. Використання таких методів дозволяє знизити трудомісткість та підвищити якість рішень щодо вибору основних показників системи оперативного управління, що безпосередньо впливають на керування ГВС в реальному часі в умовах невизначеності на етапах проектування, модернізації, переналагодження й зміни конфігурації виробничої системи. Це в свою чергу дозволяє забезпечити можливість виконання необхідних функцій ГВС в умовах невизначеності.

Як науковий керівник Дьякова С.О., повинен відзначити його високий професійний і організаторський рівень та компетентність у питаннях практичного використання отриманих науково-технічних результатів. Також, хочу підкреслити самостійність виконання Дьяковим С.О. дисертаційної роботи, уміння ставити задачі і знаходити їх неординарні рішення.

На підставі викладеного вище вважаю, що дисертаційна робота "Динамічне оперативне керування гнучкою виробничою системою в умовах невизначеності" є закінченою науковою працею, зміст якої повною мірою розкриває її тему, а отримані результати повністю відображені у публікаціях автора і апробовані на міжнародних конференціях, що задовольняє вимогам п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", а її автор, Дьяков С.О., заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Головуючий: Дякую, Леоніде Стефановичу. Чи є запитання до наукового керівника? (Немає). Слово надається в.о. вченого секретаря для оголошення

висновку організації, де виконувалась дисертація і відгуків, що надійшли на дисертацію та автореферат.

В.о. вченого секретаря: В особовій справі здобувача є витяг з протоколу № 3 від 26 жовтня 2016 р. розширеного засідання кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", витяг підписали: керівники засідання, в.о. завідувача кафедри технічної кібернетики, доц. Ткач М.М., вчений секретар засідання Ліхоузова Т.А. та затвердив проректор з наукової роботи Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" Ільченко М.Ю.

У висновку визначена актуальність теми, особиста участь автора в отриманні наукових результатів, ступінь обґрунтованості та новизни наукових положень, відображено повноту публікацій. Приведені пропозиції щодо подальшого використання одержаних результатів. У висновку відзначено, що дисертаційна робота відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій. Робота рекомендована до захисту на спеціалізованій вченій раді НТУУ "КПІ".

На дисертацію та автореферат надійшло 12 відгуків, всі відгуки позитивні.

Головуючий: Є пропозиція повністю відгуки не зачитувати, тільки вказати звідки надійшли, ким підписані і зачитати, які є зауваження. Нема заперечень? (Ні.)

В.о. вченого секретаря: Відгуки надіслали наступні організації:

1. Одеський національний політехнічний університет. Відгук підписав директор українсько-німецького навчально-наукового інституту, доктор технічних наук, професор **Семенюк В.Ф.** Відгук позитивний, є зауваження:

- З автореферату не можна зробити висновків стосовно оптимальних значень обчислювальних потужностей необхідних для реалізації запропонованого підходу до автоматизації динамічного оперативного керування;
- У авторефераті зустрічаються граматичні описки.

2. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Відгук підписав професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, доктор технічних наук **Стухляк П.Д.** Відгук позитивний, є зауваження:

- Описано процес синтезу концептуальної моделі об'єкта керування на основі Ф-функції, проте не наведено порівняльних переваг з іншими можливими методами моделювання.

- Не зрозумілі до кінця умови експериментальних задач, зокрема задані на виконання послідовності технологічних операцій.

3. Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. Відгук підписала завідувач кафедри електронних апаратів, кандидат технічних наук **Смолій В.М.** Відгук позитивний, є зауваження:

- У авторефераті вказано, що для визначення чисельних залежностей між вирішальними динамічними показниками оперативного управління та

обмеженнями ГВС використовуються дані експертів, проте не наведено рекомендації щодо відбору та оцінювання власне експертів;

- У авторефераті недостатньо аргументовано вибір методу на основі мультиагентної системи для автоматизації динамічного оперативного керування.

4. Національний університет "Львівська політехніка". Відгук підписав завідувач кафедри електронних обчислювальних машин, доктор технічних наук, професор *Мельник А.О.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Не зазначені граничні умови відхилення від виробничого плану, за яких можливим є здійснення динамічної корекції показників оперативного управління;

- Недостатньо аргументоване застосування методу нечіткого логічного виведення при прийнятті рішень щодо вибору інтелектуалізованими агентами диспетчеризації автономних транспортних модулів задач на транспортування.

5. Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського Відгук підписав професор кафедри інформаційно-управляючих систем, доктор технічних наук, доцент *Притчин С.Е.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Визиває запитання формулювання другого пункту наукової новизни, адже незрозуміло, яким чином виконується оптимізація роботи гнучкої виробничої системи та вплив відбору показників системи на процес оптимізації керування.

- Не чітко визначено, яким чином і у якому форматі модуль корекції вирішальних динамічних показників оперативного керування передає знайдені значення до відповідних модулів.

- У пункті 9 висновків, при ствердженні щодо узагальнюючого характеру підходу динамічного корегування показників об'єктів керування, не наведено вимог до природи та обов'язкових характеристик таких об'єктів.

6. Національний авіаційний університет. Відгук підписали: професор кафедри автоматизації та енергоменеджменту НН Акі, доктор технічних наук, старший науковий співробітник *Шевчук Д.О.*, відповідальний виконавець НДР №988-ДБ 15 Науково-дослідної частини НАУ, к.т.н., старший науковий співробітник *Тимошенко Н.А.* Відгук позитивний, є зауваження:

- З автореферату не зрозуміло де саме було впроваджено отримані результати, у зв'язку із чим не можливо в достатньому обсязі оцінити практичне значення одержаних результатів.

- Не зрозуміло яким чином визначалась логічна послідовність налаштування вирішальних динамічних показників.

- В авторефераті не обґрунтовується, яка кількість експертів повинна залучалась для визначення оцінок ефективності поєднання ВДП СОУ, з чого важко зробити висновок про об'єктивність оцінювання та достовірність отриманих значень.

7. Вінницький національний технічний університет. Відгук підписав завідувач кафедри комп'ютерних систем управління, доктор технічних наук, професор *Дубовий В.М.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Рисунок 2 є зайвим, тому що він дублює текстовий опис класифікатора вирішальних динамічних показників СОУ.

- Не зовсім зрозуміло, до якого класу систем відноситься розроблена СППР – активна чи пасивна.

- Зустрічаються описки та граматичні недоречності.

8. Міжрегіональна академія управління персоналом (м. Київ). Відгук підписав завідувач кафедри вищої та прикладної математики, доктор фіз.-мат. наук, професор *Ткач Б.П.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Чітко не сформульовано перелік критеріїв ефективності ГВС, підвищення якої є основною метою роботи.

- Не показано побудову моделі системи підтримки прийняття рішень в аналітичній формі.

- При описі імітаційних моделей у авторефераті доцільно було б вказати програмне середовище.

9. Житомирський державний технологічний університет. Відгук підписав професор кафедри технологій машинобудування, доктор технічних наук, професор *Мельничук П.П.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Значна кількість вживаних скорочень досить сильно ускладнює сприйняття інформації.

- Бажано було б більш ретельно розглянути питання доповнення бази знань у процесі функціонування системи управління з огляду на її подальший розвиток.

10. Харківський національний економічний університет ім. С.Кузнеця. Відгук підписав завідувач кафедри інформаційних систем, доктор технічних наук, професор *Руденко О.Г.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Ствердження в авторефераті про перевагу мультиагентного підходу до автоматизації динамічного оперативного керування без змістовного обґрунтування не очевидне.

- З автореферату не зрозуміло, чому обрано лише по одному вирішальному показнику на кожну із чотирьох основних функцій оперативного управління гнучкою виробничою системою.

11. Кіровоградський національний технічний університет. Відгук підписав завідувач кафедри технологій машинобудування, доктор технічних наук, професор *Павленко І.І.* Відгук позитивний, є зауваження:

- З функціональної схеми системи динамічного оперативного керування не зрозуміло, які саме оперативні та статистичні дані від виробничої підсистеми надходять до модуля корекції динамічних показників оперативного управління.

- У авторефераті не наведено структуру чи приклад заповнених експертних таблиць, вміст яких, як зазначається автором, виражає кількісне відношення між досліджуваними величинами та прогнозні економічні оцінки ефективності використання запропонованих вдосконалень.

12. Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара. Відгук підписав професор кафедри механотроніки, доктор технічних наук *Шентун Ю.Д.* Відгук позитивний, є зауваження:

- Необхідно було б чітко визначити, для розв'язання яких задач в роботі застосовувалися методи штучних нейронних сіток.

- Незрозуміло, які саме нештатні ситуації моделювалися при розв'язанні експериментальних задач.

Головуючий: Є запитання до в.о. вченого секретаря щодо відгуків? (Нема). Слово надається здобувачу для відповіді на зауваження.

Дьяков С.О.: На запитання доктора Д.О. Шевчука та к.т.н. Н.А. Тимошенка з Національного авіаційного університету про визначення логічної послідовності налаштування вирішальних динамічних показників – то така логічна послідовність налаштування значень вирішальних динамічних показників визначалася з урахуванням послідовності здійснення системою оперативного керування своїх основних функцій та виходячи з даних аналітичного огляду літературних джерел за тематикою.

Щодо питання завідуючої кафедрою апаратів Технологічного інституту В.М. Смолій зі Східноукраїнського національного університет імені Володимира Даля щодо рекомендацій з відбору експертів – відбір здійснювався на основі загально прийнятих методів підбору експертів та формування експертних груп, а саме враховувалася компетентність експертів, що оцінювалася за такими показниками як досвід роботи в галузі, вчена ступінь та звання, наявність публікацій за тематикою.

З усіма іншими зауваженнями я згоден.

Головуючий: Дякую. У членів спеціалізованої ради є запитання чи зауваження щодо відповідей на зауваження відгуків? (Нема).

Слово надається офіційному опонентові доктору технічних наук, старшому науковому співробітнику **Ланкіну Юрію Миколайовичу**, завідувачу відділу автоматичного регулювання процесів зварювання і нанесення покриттів Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Офіційний опонент д.т.н., с.н.с. **Ланкін Ю.М.** – Детально викладає зміст відгуку і зачитує критичні зауваження. (Відгук додається).

Відгук позитивний із зауваженнями:

1. Текст роботи перенасичений аббревіатурами (близько п'ятдесяти), які не є загальноприйнятими, і це, незважаючи на наявність списку скорочень, значно ускладнює її читання.

2. Найбільші труднощі для розуміння сенсу роботи викликає вживана в ній термінологія, що відрізняється від прийнятої в близькій предметній області - автоматичному регулюванні. Наприклад, термін "невизначеність" означає "збурення" у вигляді різного роду несправностей, спонтанних змін планів і т.п.; "Динамічні показники роботи системи динамічного керування" - просто назви алгоритмів. Не зрозуміле значення терміна "вирішальні динамічні показники". Терміни "керування" і "управління" по тексту роботи використовуються то як самостійні, то як синоніми. Часто важко помітна різниця між застосовуваними термінами, наприклад, СОУ та СДОК.

3. Функціональні схеми системи управління (рис.1.2, рис.1.5 і рис.4.1) виконані без урахування загальноприйнятих норм і позначень для систем автоматичного управління.

4. Не є очевидним те, в якій формі приходить від виконавчої підсистеми ГВС до системи динамічного оперативного керування інформація про виникаючі збурення і на якому етапі здійснюється їх класифікація за вказаними видами.

5. На рис.2.6 і рис.2.7 для однієї і тієї ж системи послідовність вибору значень ВДП чомусь відрізняється.

6. Одним з ключових компонентів розробленої системи є база знань для визначення порівняльної ефективності використання блоків алгоритмів зі створеного набору. Наповнення розробленої бази знань здійснюється описаними методами експертних оцінок, проте не наведено механізми і критерії відбору власне експертів, що може вплинути на якість бази знань і в кінцевому рахунку на кінцевий результат роботи системи.

7. Основним своїм досягненням автор вважає розробку модуля динамічної корекції алгоритмів управління СОУ ГВС. Можна було б навести рекомендації щодо впровадження та інформаційного узгодження розробленого модуля з існуючими СОУ ГВС. З нашої точки зору це практично неможливо зробити без серйозного доопрацювання існуючих СОУ. Простіше, вочевидь, просто використовувати СОУ ГВС, які також розроблені автором.

Головуючий: Слово надається здобувачеві для відповіді на зауваження.

Дьяков С.О.:

Щодо форми надходження інформація про виникаючі збурення і їх класифікації за вказаними видами – то використовуються існуючі механізми із застосуванням даних від інформаційно-вимірювального обладнання, що опрацьовуються модулем оперативного обліку СОУ ГВС і передаються до модулю статистичного обліку і до модуля корекції вирішальних динамічних показників.

Щодо інформаційного узгодження розробленого модуля корекції вирішальних динамічних показників з існуючими СОУ ГВС – слід зазначити, що застосування значень вирішальних динамічних показників, визначених модулем, в основному передбачають зміну алгоритму дій СОУ при реалізації тієї чи іншої її основної функції. Для впровадження розробленого підходу у відповідних модулях СОУ дійсно повинна бути закладена алгоритмічно-програмна реалізація цих алгоритмів, що за наявності достатньої обчислювальної потужності не потребує внесення інших змін до конфігурації СОУ.

З іншими зауваженнями я згоден.

Головуючий: Юрій Миколайович, ви задоволені відповіддю?

Офіційний опонент д.т.н., с.н.с. Ланкін Ю.М.: Так, задоволений.

Головуючий: Слово надається офіційному опоненту кандидату технічних наук, доценту **Поліщуку Михайлу Миколайовичу**, головному конструктору Київського спеціального конструкторського бюро “СКБ-Перспектива”.

Офіційний опонент к.т.н., доц. Поліщук М.М.:– Детально викладає зміст відгуку і зачитує зауваження. (Відгук додається).

Відгук позитивний із зауваженнями:

1. Не може задовольнити наданий автором "Перелік невизначеностей та їх відповідність до виробництва", особливо в частці не розкритого поняття

"...збуджуючий вплив" (стор. 6 автореферату), тим більш, що вказаний вплив визначає "...вирішальні динамічні показники (ВДП) системи оперативного управління (СОУ)". Якщо поняття "...збуджуючий вплив" включає втрату функціональності основного технологічного обладнання чи транспортних засобів ГВС, то ніяким динамічним керуванням, окрім їх ремонту чи заміни, виробництво відновити не можливо. Але в обох вказаних впливах наслідком є призупинення виробництва та відповідне падіння його фондовіддачі на весь плановий період (квартал, рік). Окрім того, такий тип невизначеностей у ГВС як "...термінові операції" та "... пріоритет операцій" апріорі противоречить послідовності як маршрутним, так і операційним технологічним картам процесу виготовлення будь якої продукції.

2. Також важко погодитись із ствердженням автора на стор. 8 автореферату та на стор. 44 рукопису дисертації, що "... показник оперативної корекції – стратегія перепланування" передбачає "... повне перепланування, корекцію плану". Корекцію оперативного плану — так, але аж ніяк не "... повне перепланування", тому що, після проведення найдорожчого за своєю питомою вагою етапу технологічної підготовки виробництва можлива тільки корекція в межах пріоритетів постачання та уточнення режимів технологічних процесів, але не більше.

Хоча й, слід зауважити, що автором на стор. 19 введено обмеження, а саме: "політика вибору часу перепланування: подієва", а також заслуговує на повагу уточнення автора "... у визначеному параметричному діапазоні продукції".

3. Не дивлячись на наявність "Списку скорочень" на стор. 6-7, рукопис дисертації вкрай перевантажений умовними позначеннями (скороченнями), що не тільки псує стилістику викладання матеріалу, а й ускладнює його сприйняття. На жаль протягом усього як рукопису, так й автореферату має місце перевантаження аббревіатур в одному реченні, наприклад (на стор. 16 і надалі), такі подання як "... значень ВДП і достатньою ... з боку обслуговуваної ГВС сукупність цільових компонент метаідентифікації: АОПВН, АОПП, АОПС, АОППЧ, АОПМ – видів невизначеності ..." не тільки не сприяють кращому тлумаченню здобутків автора, але й навпаки, затьмарюють останні.

4. Один з основних здобутків автора полягає в тому, що для здійснення прийняття рішень запропоновано систему нечіткого виведення (СНВ), в якій "... використовується три змінні як вхідні (Відстань, Час очікування і Частота запитів), і одна в якості вихідної (Пріоритет)" (стор. 20, п'ятий абзац). Так, це дійсно підвищує ефективність транспортно-складської підсистеми ГВС, але не може бути застосовано до домінуючої за своїм впливом на собівартість продукції технологічної системи, яку автор теж долучає до обсягу досліджень.

5. Стор. 52 (перший абзац). Викликає сумнів ствердження: "... коли подія класифікується як термінова, негайно виконується повне перепланування". Мабуть автор мав на увазі не "повне перепланування", яке принципово не можливе в уже впровадженому та діючому виробничому процесі, а скоріш за все "Корекцію

оперативного плану", як це було задекларовано автором раніш на стор. 44 рукопису.

Тут же, тривіально звучить фраза "... продуктивність періодичного планування погіршується в міру збільшення тривалості періоду перепланування", бо зрозуміло і без досліджень, що оперативна реакція на ту чи іншу нештатну подію у виробництві забезпечує можливість "... подієвому методу досягти достатнього рівня продуктивності".

6. Стор. 103 (другий абзац). В складовій "... основної ідеї", а саме: "Метаідентифікація СОУ – це ітераційна процедура вибору таких значень ВДП, за яких СОУ виявиться спроможною найкращим чином задовольняти умови обслуговуваної ГВС" не надано формалізований опис поняття "... найкращим чином ...", яке визначає в класичному розумінні умовну оптимізацію. Потрібно було б застосувати певні критерії, хоча б на рівні квазіоптимальних рішень з умовними екстремальними значеннями параметрів визначальних динамічних показників (ВДП) з урахуванням накладених обмежень, тим більш що раніш, автором зауважено на стор. 9 автореферату "... до кінцевої мети – умовно-оптимального шляху".

7. У підрозділі 5.4.1. (стор. 147) "Порівняння результатів роботи ГВС зі СДОК та без неї ..." надані набори "... технологічних операцій для експериментальних задач та час виконання кожної операції". Не зрозуміло які саме мались на увазі "... технологічні операції" та якого саме типу виробництва, бо таке подання опису експерименту, а точніше імітаційного моделювання, за своєю абстракцією не дозволяє адекватно сприйняти об'єктивність отриманих результатів ефективності запропонованої системи динамічного оперативного керування (СДОК), особливо в частці випередження "... тривалості періоду обробки в середньому на 10,4%".

8. У якості рекомендації слід побажати авторові в подальшій науковій діяльності віддавати перевагу чисельним критеріям ефективності з одночасним ретельним описом процедур експериментальних досліджень.

Головуючий: Надається слово здобувачеві для відповіді на зауваження офіційного опонента.

Дьяков С.О.:

Щодо стратегії перепланування у вигляді повного перепланування – у роботі мався на увазі повторний розрахунок добового плану випуску продукції, за умови, коли відхилення реального ходу виробництва від попередньо запланованого перевищило максимально допустиме значення.

Щодо системи нечіткого виведення, яка визначає пріоритет, то дійсно у роботі вона застосовувалася лише для визначення пріоритету виконання транспортних операцій, для використання агентами автономних транспортних модулів.

З іншими зауваженнями я згоден.

Головуючий: Михайло Миколайович, ви згодні з відповіддю?

Офіційний опонент к.т.н., доц. **Поліщук М.М.:** Так. Дякую.

Головуючий: Переходимо до дискусії. Прошу членів вченої ради, що бажають виступити, взяти слово. Прошу, професор Романенко В. Д.

Член спец. ради д.т.н., проф. Романенко В. Д.: Що я хочу сказати, це про невизначеності. Перший опонент їх порівняв зі збуреннями. Власне кажучи, про що йде мова, якщо дивитися на збурення – несправність машин, помилка оператора, відсутність або несправність інструменту, зміна термінів виконання. Що це дає? Це дає можливість, якщо всі невизначеності вимірювані – побудувати логіку гнучкості. І звісно вийшла повноцінна робота. Я голосую за і прошу підтримати роботу, вона в такому амплуа, як я назвав є досить визначною роботою.

Головуючий: Дякую, Вікторе Демидовичу. Хто ще бажає виступити? Будь ласка, член ради професор Ладанюк А. П.

Член спец. ради д.т.н., проф. Ладанюк А. П.: Якщо коротко – то ми оцінюємо кваліфікаційну роботу і, безумовно, є підстави для того, щоб оцінити позитивно. А відносно невизначеностей – на сьогоднішній день є чітко визначені підходи до невизначеностей, тобто є моделі невизначеностей, є класифікація, що, на мою думку, у роботі не розглянуто. Крім того, треба обережно поводитися з такими термінами, як рівень автоматизації, він може бути чітко визначеним, що не було зроблено здобувачем. В цілому – підтримую, спасибі.

Головуючий: Дякую, Анатолію Петровичу. Хто ще бажає виступити? Будь ласка, член ради професор Пуховський Є.С.

Член спец. ради д.т.н., проф. Пуховський Є.С.: Що стосується критеріїв оперативно-календарного планування ГВС. Є такі критерії: перш за все, це максимум продуктивності, а далі задоволення пріоритетів обслуговування. Наприклад, самий дорожчий верстат обслуговується першим, щоб він не простоював.

У технології машинобудування, в металообробці, застосовуються стохастичні моделі. На етапі вже експлуатації ГВС – там є побудована автоматизована система оперативно-календарного планування і там вже все запрограмовано, на базі стохастичних моделей. Отже, експертну оцінку доречніше застосовувати на етапі проектування, ніж на етапі функціонування гнучкої виробничої системи.

Ще одне зауваження, перепланування, термін. У машинобудуванні є термін перепланування – це значить зміна розстановки верстатів на дільниці, в цеху, на заводі і т.д. Ви його застосовуєте по іншому, тоді треба говорити зміна календарного плану.

Ну а взагалі, звичайно, я підтримую роботу, вона може бути відмінною надбудою над практичними роботами і може вдосконалювати ті системи, які існують.

Головуючий: Дякую, Євгене Степановичу. Є ще бажаючі виступити? Будь ласка, член ради професор Томашевський В.М.

Член спец. ради д.т.н., проф. Томашевський В.М.: Почну з хорошого – я підтримую роботу, вона подобається мені і я буду голосувати за. Але є зауваження щодо форми і до мови викладення: замість "пов'язані ресурси" – краще "зв'язані

ресурси", замість "в якості" – краще просто "як", замість англомовного терміну "політика часу" – краще "режим визначення часу".

Головуючий: Дякую, Валентине Миколайовичу. Є ще бажаючі виступити? Будь ласка, член ради професор Бідюк П.І.

Член спец. ради д.т.н., проф. Бідюк П.І.: Повністю підтримую роботу, мені подобається доповідь. Відчувається, що він тримає ці питання, які розглянуті, на досить хорошему сучасному рівні. Так що повна підтримка цій роботі. Разом з тим, хочу приєднатися до Валентина Миколайовича, деякі терміни мені не дуже подобаються: "нечітке виведення" – можливо правильно нечіткий висновок. Ну і потім, якщо вже робити імітаційну модель, в руслі тих питань, які були раніше, на це витрачається багато часу, і якщо вже цей час витрачається – то його потрібно трошки раціональніше використовувати. У даному випадку розглянуті тільки експертні оцінки, які щось характеризують. Якщо ми не маємо вимірів, а їх зрозуміло, що неможливо було отримати, потрібно подумати, як їх коректно згенерувати для якихось ситуацій, які можуть виникати на виробництві. Тоді представлення буде, на мій погляд, дещо краще, тому що воно буде доповнено результатами імітаційного моделювання. В цілому підтримую.

Головуючий: Дякую, Петре Івановичу. Є ще бажаючі виступити? Немає. Я ще додам. Декілька буквально коментарів, в підтримку в першу чергу Михайла Миколайовича, щодо перепланування. Щоб перепланувати виробництво, можливо треба було визначити стадії – перша, друга і т.д. І визначити кількісні показники переходів від однієї стадії до іншої. Можливо, це як варіант.

Ну і по експертах, це питання виникало дуже часто – скільки їх має бути. Це питання більше філософського плану аніж наукового.

Але все ж таки, якщо оцінювати роботу як кваліфікаційну роботу, а саме так ми маємо робити, то відчувається, що Сергій Олександрович, з моєї точки зору, підготовлена людина, він розбирається в тих питаннях про які говорить, він відповідає на питання, він володіє сучасним станом в цьому питанні і, я думаю, що наша спеціалізована вчена рада не помилиться, якщо присудить йому ступінь кандидата технічних наук і я за це буду голосувати.

Головуючий: Хто ще бажає виступити? (Нема). Тоді слово надається здобувачу.

Дьяков С.О.: Хочу подякувати своєму науковому керівнику Ямпольському Л.С., голові спеціалізованої вченої ради Жученку А.І., в. о. вченого секретаря спеціалізованої вченої ради Томашевському В.М., офіційним опонентам Ланкіну Ю.М. та Поліщуку М.М., також дякую всім присутнім за увагу до моєї роботи.

Головуючий: Згідно з регламентом ведення захисту перейдемо до таємного голосування. Для цього необхідно обрати лічильну комісію. Пропонується такий склад:

Д.т.н., проф. Бідюк П.І. – голова комісії,
члени комісії – д.т.н., проф. Ладанюк А.П.,
д.т.н., проф. Осадчий С.І.

Немає заперечень щодо складу комісії? (Нема). Хто за те, щоб комісія була обрана в цьому складі, прошу проголосувати. Всі – за. Прошу лічильну комісію приступити до роботи.

Оголошується перерва для проведення таємного голосування.

ПІСЛЯ ПЕРЕРВИ

Головуючий: Продовжуємо наше засідання. Слово надається голові лічильної комісії професору Бідюку Петру Івановичу для оголошення результатів таємного голосування.

Бідюк П.І. Зачитує протокол лічильної комісії.

На засіданні присутні 14 членів спеціалізованої вченої ради, які брали участь у голосуванні, з них 14 докторів наук за профілем дисертації. Роздано 14 бюлетенів, не роздано – 1, в урні виявлено – 14.

Результати таємного голосування щодо присудження Дьякову Сергію Олександровичу наукового ступеня кандидата технічних наук:

за – 14 членів ради

проти – немає

недійсних бюлетенів – немає.

Головуючий: Є запитання до голови лічильної комісії? Немає. Пропоную затвердити протокол лічильної комісії. Хто за цю пропозицію, прошу проголосувати. Дякую. Хто проти? Немає. Хто утримався? Немає. Протокол лічильної комісії затверджується одноголосно.

Дозвольте привітати Дьякова Сергія Олександровича з успішним захистом дисертації.

Згідно з вимогами "Порядку присудження наукових ступенів", маючи позитивне рішення щодо присудження наукового ступеня, ми повинні прийняти висновок спеціалізованої вченої ради по даній дисертаційній роботі. Проект висновку був підготовлений комісією вченої ради та розданий всім членам ради перед захистом.

Які будуть зауваження, пропозиції та доповнення щодо цього проекту?

Пропозицію вносить: Ладанюк А.П.

Головуючий: Прошу комісію у складі Ланкіна Ю.М., Томашевського В.М. та Бідюка П.І. доопрацювати висновок.

Комісія працює над висновком.

Головуючий: Прошу в.о. вченого секретаря зачитати текст висновку.

В.о. вченого секретаря: Зачитує висновок спеціалізованої вченої ради.

ВИСНОВОК СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ

Дисертаційна робота Дьякова С.О. присвячена розв'язанню завдання підвищення якості функціонування гнучких виробничих систем в умовах

невизначеності за рахунок автоматизації процесу вибору значень показників системи оперативного управління, які найкращим чином задовольняють вимогам та обмеженням об'єкта керування.

1. Найбільш суттєві наукові результати, отримані особисто здобувачем:

- вперше створено класифікатор вирішальних показників системи оперативного управління, які суттєво впливають на керування гнучкою виробничою системою в умовах невизначеності, та запропоновано використовувати його як основне джерело знань при автоматизації інтелектуалізованого процесу налаштування значень даних показників;

- вперше запропоновано використання мультиагентного підходу до автоматизації процесу вибору раціональних значень показників системи оперативного управління гнучкою виробничою системою на основі нечіткої метайдентифікації, що дозволяє враховувати вимоги та обмеження конкретного виробничого середовища;

- вдосконалено мультиагентний метод оперативної диспетчеризації гнучкої виробничої системи шляхом використання системи нечіткого виведення на основі бази правил, що переважає за часом визначення пріоритету завдань існуючий підхід на основі міжагентної комунікації.

2. Оцінка достовірності та новизни наукових результатів

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджена їх апробацією на науково-технічних конференціях (у тому числі міжнародних) та впровадженням у навчальний процес Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" при підготовці фахівців за напрямом "Системна інженерія", коректним застосуванням загальної теорії автоматичного управління, теорії нечітких множин, мультиагентних систем, методів функціонального аналізу. Теоретичні результати, отримані в дисертаційній роботі, підтверджуються результатами імітаційного моделювання на електронно-обчислювальній техніці. Результати наукових досліджень є новими, що підтверджується повнотою публікацій у наукових фахових виданнях України, доповідями на науково-практичних конференціях.

3. Значення для теорії та практики отриманих результатів

У результаті виконання дисертаційних досліджень синтезовано концептуальну модель та створено класифікатор вирішальних показників динамічного оперативного керування ГВС, що можуть застосовуватися як інформаційне забезпечення вирішення завдання автоматизації процесу знаходження значень даних показників;

Розроблено мультиагентний підхід до автоматизації процесу вибору значень показників динамічного оперативного керування, що може бути використаний як методичне забезпечення для розробки програмної реалізації автоматизованих

систем керування ГВС. Використання розробленого підходу дозволяє знизити трудомісткість та підвищити якість прийняття рішень щодо вибору основних показників системи оперативного управління, що безпосередньо впливають на керування ГВС в реальному часі в умовах невизначеності на етапах проектування, модернізації, переналагодження й зміни конфігурації виробничої системи.

Створено алгоритмічне та програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень для автоматизації процесу вибору значень показників динамічного оперативного керування ГВС.

Результати роботи були використані при розробці “Мультимедійного комплексу комп’ютерно-інтегрованих засобів дистанційно-віртуального навчання з використанням інтернет-технологій” авторів проф. Ямпольський Л.С., доц. Лісовиченко О.І., проф. Мельничук П.П., ст. викл. Олійник В.В., доц. Остапченко К.Б, доц. Поліщук М.М., проф. Ткач Б.П., доц. Ткач М.М., 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.

4. Пропозиції щодо подальшого використання результатів

Отримані в дисертаційній роботі теоретичні і практичні результати доцільно використовувати для автоматизації процесу вибору найбільш раціональних значень динамічних показників при модернізації діючих або при проектуванні нових систем оперативного управління гнучкими виробничими, функціонування яких пов’язано із впливом збурень різної природи.

5. Загальна оцінка дисертації

Дисертаційна робота Дьякова Сергія Олександровича "Динамічне оперативне керування гнучкою виробничою системою в умовах невизначеності" є закінченою працею, що пропонує нове рішення актуального прикладного завдання підвищення ефективності роботи гнучких виробничих систем, які функціонують в умовах невизначеності, за рахунок використання динамічного оперативного управління, що дозволяє в автоматичному режимі сформулювати такий вектор управління, який найкращим чином задовольнятиме вимоги та обмеження об’єкта керування.

За обсягом наукових досліджень, змістом, науковим рівнем представлена дисертаційна робота "Динамічне оперативне керування гнучкою виробничою системою в умовах невизначеності" повністю відповідає вимогам п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", а її автор Дьяков Сергій Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Головуючий: Хто за те, щоб прийняти текст висновку спеціалізованої вченої ради, прошу проголосувати. Проти? Утримався? Прийнято одноголосно.

На підставі результатів таємного голосування та прийнятого висновку спеціалізована вчена рада присуджує Дьякову Сергію Олександровичу науковий ступінь кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Які будуть побажання чи зауваження щодо ведення засідання ради? (Зауважень немає). На цьому засідання оголошується завершеним. Дякую всім присутнім за увагу.

Головуючий на засіданні
голова спеціалізованої вченої
ради Д 26.002.04
д.т.н., професор

Жученко А.І.

В.о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради
д.т.н., проф.

Томашевський В.М.

Учений секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського
к.філос.н., доц.

Мельниченко А.А.