

ВІДГУК

*офіційного опонента доктора технічних наук, професора Вартадяна В.М.
на дисертаційну роботу Нікульченка Артема Олександровича
на тему «Методи та інформаційна технологія
децентралізованого гарантуючого керування запасами
у мережах поставок з невизначеними запізнюваннями»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології*

Нинішній час характеризується розвитком підприємств, які прагнуть повністю контролювати усі етапи бізнес-процесу, починаючи з видобутку чи закупівлі сировини, і закінчуючи виробництвом, зберіганням, транспортуванням та реалізацією кінцевої продукції. Усі перелічені процеси розподілені у просторі та часі і формують, як правило, велику та складну систему, динамічний характер процесів якої обумовлений необхідністю акумулювання проміжної та кінцевої продукції та наявністю транспортних запізнювань поставок між вузлами. Якщо долучити до цього значну невизначеність у розмірах коливання попиту на готову продукцію з боку зовнішніх споживачів, то це дозволяє зробити висновок про неможливість забезпечення високого рівня якості продукції та надійності її поставок споживачам без створення ефективної системи керування запасами матеріально-технічних ресурсів в усіх вузлах мережі. Розв'язання цієї задачі вимагає розвитку методології керування запасами в умовах невизначеності на основі широкого впровадження комплексних інформаційних технологій. Тому, на мій погляд, дана дисертація має суттєве наукове і практичне значення, представляється своєчасною і корисною.

Актуальність виконаної роботи

Дисертація А. О. Нікульченка присвячена дослідженню процесів керування запасами в мережах поставок, які діють в умовах інтервальної невизначеності зовнішнього попиту та параметричної невизначеності величин

транспортних запізнювань.

Необхідність досліджень А. О. Нікульченка визначається наступними обставинами:

по-перше, необхідністю розробки математичних моделей процесів керування запасами в мережах поставок з урахуванням невизначеності величин транспортних запізнювань та обсягів зовнішнього попиту;

по-друге, нагальними потребами розвитку методу синтезу децентралізованого гарантуючого керування запасами, на основі якого оператор мережі поставок може приймати рішення про обсяги замовлень матеріальних ресурсів;

по-третє, необхідністю розробки інформаційної технології, яка реалізує запропонований метод та є основою для побудови компонентів відповідної інформаційної системи за для забезпечення керування запасами в мережах поставок.

Робота проводилася у відповідності до плану науково-дослідних робіт МОН України в рамках держбюджетної теми «Розвиток теорії та методів синтезу децентралізованого робастного керування розподіленими мережами поставок в умовах невизначеності» (№ ДР 0111U002285).

Предметом досліджень, проведених А. О. Нікульченком, є методи та моделі інформаційної технології щодо забезпечення керування запасами в мережах поставок. Аналогічні дослідження в теперішній час також проводяться в країнах ближнього і далекого зарубіжжя.

Вивчення змісту дисертації показало, що автор виконав суттєву роботу, проаналізувавши задачі та методи керування мережами поставок в умовах невизначеності (69 джерел в списку літератури). Водночас А. О. Нікульченко провів глибокий аналіз методів керування системами при наявності запізнювань та методів аналізу стійкості дискретних динамічних систем із запізнюванням.

Аналіз рівня досягнутих результатів в області об'єкту і предмету

досліджень (вступ і перший розділ) дозволив А. О. Нікульченку виявити суперечності, усунення яких є необхідним для досягнення мети роботи, та сформулювати ряд задач, для розв'язання яких потрібні нові моделі та методи синтезу децентралізованого керування запасами, у вигляді інформаційної технології. При вирішенні сформульованої науково-практичної задачі А. О. Нікульченко використовував методи теорії керування та сучасні інформаційні технології.

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи, що опонується, підтверджується у всіх аспектах, властивих кандидатській дисертації: клас об'єктів (великі, складні); область досліджень (методологія вирішення наукових і практичних задач, що забезпечують зниження витрат, пов'язаних з транспортуванням та зберіганням матеріальних ресурсів); методи досліджень (нові аспекти математичного та інформаційного забезпечення автоматизованих систем керування запасами).

Наукова новизна дисертаційних досліджень

Виходячи зі змісту, в дисертаційній роботі А. О. Нікульченка знайшли відображення наукові й практичні результати, що відносяться до наступних напрямків досліджень: розроблення наукових і методологічних основ створення інформаційних технологій та інформаційних систем для автоматизованої переробки інформації й управління; розроблення інформаційних технологій для синтезу функціональних моделей об'єктів і процесів, що автоматизуються; розроблення моделей і методів автоматизації виконання функцій і завдань організаційного управління у багаторівневих структурах на основі створення нових інформаційних технологій. Це дозволяє стверджувати, що тема і зміст дисертації повністю відповідають паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

На наш погляд, в роботі А. О. Нікульченка поставлено та вирішено три головні задачі наукового дослідження.

Перша задача пов'язана із розробкою математичних моделей процесів

керування запасами в мережах поставок у вигляді дискретної моделі в просторі станів із запізнюванням за керуванням з урахуванням інтервальної невизначеності зовнішнього попиту. Для зменшення ступеня консерватизму результатів керування запропоновано дескрипторне перетворення замкнутої моделі вузла мережі, що за рахунок введення додаткових змінних станів дозволяє уникнути явної присутності невизначених запізнювань в рівняннях моделі (п.п. 2.1 та 2.3 дисертації).

Друга задача присвячена створенню та дослідженню методу синтезу децентралізованого гарантуючого керування запасами в мережах поставок (третьій розділ дисертації). Умова існування і верхня межа вартості даного управління може бути використана оператором системи для прийняття рішення про вибір структури мережі поставок, а значення управління - як рекомендації на обсяги поточних замовлень на поповнення товарів. Для її вирішення сформульовані та реалізовані наступні підзадачі:

1. Розвиток методу стабілізації дискретних систем із запізнюванням на основі побудови функціоналів Ляпунова-Красовського, які залежать від запізнювання.
2. Синтез гарантуючого керування запасами шляхом розвитку методу інваріантних еліпсоїдів.
3. Розвиток методу прогнозування попиту на сезонні товари з використанням вектора кривої продажів.

При розв'язанні вказаних підзадач автор застосував метод структурної декомпозиції мережі на сукупність локальних вузлів, які є децентралізованими за входами, з подальшим вирішенням задач їх стабілізації на основі розвитку методу інваріантних еліпсоїдів шляхом побудови функціонала Ляпунова-Красовського, який залежить від величини інтервалу запізнювання, що дозволило звести задачу синтезу локального регулятора до пошуку найменшої суми за Мінковським інваріантних еліпсоїдів замкнутого локального вузла мережі. В результаті запропонований підхід забезпечує оптимальне подавлення

впливу зовнішнього попиту на рівні запасів ресурсів за критерієм суми квадратів напівосей інваріантних еліпсоїдів, виконання заданих обмежень на рівні запасів у вузлах мережі та розміри заказів, а також гарантоване значення локального показника якості керування. За допомогою техніки лінійних матричних нерівностей задачу визначення параметрів локального регулятора зведено до задачі напіввизначеного програмування.

У випадку, коли доступними є хронологічні дані щодо результатів попередніх продажів, автор запропонував метод побудови вектора кривої продажів, значення компонентів якого дорівнюють кількості одиниць ресурсів, проданих протягом відповідного інтервалу досліджуваного періоду. У ситуації, коли вектор кривої продажів певного виду ресурсів в поточному році несуттєво відрізняється від значень попереднього року, запропоновано метод прогнозування споживчого попиту на ресурси з врахуванням його сезонних коливань, що дозволяє реалізувати принцип комбінованого керування для визначення розмірів заказів.

Третя задача полягає в подальшому розвитку інформаційної технології шляхом застосування запропонованих моделей та методів, а також архітектури інформаційної системи автоматизованого керування запасами (четвертий розділ дисертації).

В процесі її вирішення автором розроблено покрокову стратегію реалізації запропонованого методу децентралізованого гарантуючого керування запасами в мережах поставок з невизначеними запізнюваннями (п. 4.1 дисертації). Нікульченко А. О. докладно аргументував вибір мікросервісної архітектури для програмної реалізації автоматизованої системи керування запасами. Застосування технології Docker дозволило авторові «упакувати» програмний код окремих компонентів системи у вигляді «контейнерів». Для забезпечення незалежності роботи множини Docker-контейнерів на наборі віртуальних серверів застосовано технологію «оркестрування контейнерів» Kubernetes, що надається компанією Google в

рамках платформи Google Cloud Platform, яку обрано для реалізації запропонованої інформаційної системи. А. О. Нікульченко розробив діаграму компонентів інформаційної системи, яка включає: хмарну реляційну базу даних Google CloudSQL, яка відноситься до класу OLTP-систем; аналітичну базу даних Google BigQuery, яка відноситься до класу OLAP-систем; п'ять обчислювальних блоків, які реалізовано у вигляді Docker-контейнерів. Розроблена інформаційна система інтегрована з трьома зовнішніми системами: контролю товарів, обслуговування продажів і комунікації з постачальниками.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Розв'язання головних і допоміжних задач привело до отримання нових наукових результатів та дозволило дисертантові сформулювати наукові положення, що мають істотну новизну. До найбільш важливих результатів, на наш погляд, відносяться:

- ✓ дескрипторна математична модель у просторі станів, яка описує процес керування запасами локального вузла мережі поставок та за рахунок введення додаткових змінних станів дозволяє уникнути явної присутності невизначених транспортних запізнювань;
- ✓ модифікований метод побудови функціоналів Ляпунова-Красовського для лінійних стаціонарних дискретних систем із невизначеним запізнюванням, які залежать від величини інтервалу запізнювання та завдяки декомпозиції інтервалу і вибору різних вагових матриць для термів функціоналу, що відповідають різним підінтервалам, дозволяють зменшити ступінь консерватизму отриманих результатів;
- ✓ розвиток методу прогнозування споживчого попиту на ресурси з врахуванням його сезонних коливань шляхом визначення вектора кривої продажів, який враховує обсяги минулих продажів, що дозволяє підвищити точність екстраполяції виявлених тенденцій у динаміці продажів;

- ✓ розвиток методу визначення максимальної допустимої величини транспортного запізнювання шляхом декомпозиції інтервалу запізнювання та вибору оптимального значення точки його розбиття, що спрощує процес аналізу структури мережі поставок та вибору постачальників ресурсів;
- ✓ подальший розвиток інформаційної технології децентралізованого гарантуючого керування запасами в мережах поставок шляхом програмної реалізації розроблених методів, що дозволяє підвищити ефективність керування запасами внаслідок зниження витрат на виробництво та зберігання запасів, а також за рахунок відмови від централізованої системи збору інформації та зменшення обчислювальної складності відповідних оптимізаційних задач.

Слід зазначити також універсальність та практичну спрямованість отриманих результатів, доведених до алгоритмічних і програмних реалізацій, виконаних із застосуванням сучасних інструментальних засобів. Розроблена інформаційна технологія реалізована при вирішенні конкретних практичних задач автоматизації процесів керування запасами в реальних мережах поставок.

Достовірність наукових положень і результатів

Під час розв'язання головних та допоміжних задач дослідження А. О. Нікульченко використовував методи математичного та комп'ютерного моделювання. Реалізовані аналітичні моделі цілком коректні, що підтверджується співставленням з результатами інших авторів і експериментальною перевіркою на точність і адекватність.

Вирішення практичних задач проводилося з використанням сучасних програмних пакетів, призначених для розв'язання задач лінійної алгебри та опуклої оптимізації. Припущення й обмеження, які використовував автор, цілком правомірні. Під час теоретичних досліджень використовувався сучасний математичний апарат.

Застосовані в роботі методи дослідження загально признані та забезпечують достатню точність і відтворюваність результатів. Правильність

висновків та рекомендацій по застосуванню запропонованих методик перевірена чисельними експериментами.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Адекватність розроблених математичних моделей перевірена на експериментальних даних, отриманих в процесі функціонування реальних мереж поставок.

Отримані в дисертації наукові положення логічно і математично аргументовані. Обґрунтованість сформульованих в дисертаційній роботі результатів, висновків та рекомендацій забезпечується коректною постановкою задач дослідження та коректним використанням методів, які застосував автор; позитивними результатами впровадження розроблених моделей, методів та інформаційної технології у практичну діяльність компаній, які займаються розробкою програмного забезпечення для автоматизованих систем керування запасами; несуперечністю отриманих результатів наукових досліджень сучасним публікаціям провідних фахівців та науковців на дану тему; достатньою кількістю публікацій у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та наукометричної бази Scopus, а також апробацією на міжнародних наукових конференціях.

Всі методи, які запропоновані в дисертаційній роботі, обґрунтовані чіткими математичними викладками та підтверджені результатами чисельних експериментів.

Повнота освітлення результатів дисертації

Результати роботи висвітлені у 22 публікаціях (з них 2 самостійні). Серед них статті в авторитетних журналах «Керуючі системи і машини», «Известия РАН. Теория и системы управления», «Journal of Computer Systems Sciences International» та інші. Це свідчить про визнання наукових результатів і високій кваліфікації автора. Кількість і зміст цих робіт дозволяють зробити висновок

про те, що результати дисертаційної роботи опубліковані в достатньому обсязі, пройшли апробацію на 11 міжнародних конференціях і відомі науково-технічній громадськості.

Автореферат повною мірою відображає зміст дисертації.

Практична цінність результатів роботи

Результати дисертаційної роботи впроваджено в компаніях, які займаються розробкою програмного забезпечення для автоматизованих систем керування запасами матеріальних ресурсів, зокрема, ТОВ КлаудВоркс (м. Харків) та Teamwork Retail (штат Флорида, США) (Додаток А, стор. 162, 163 дисертації).

У дисертації представлені розробки, виконані особисто автором, з практичної реалізації наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в тексті. При цьому А. О. Нікульченко орієнтується на використання запропонованих методів та моделей не тільки у виробничій сфері, але і при підготовці фахівців в НТУ «Харківський політехнічний інститут» (Додаток А, стор. 164, 165 дисертації).

Зауваження щодо змісту й оформлення роботи

За змістом дисертації А. О. Нікульченка можна висловити наступні зауваження.

1. У вступі та першому розділі дисертації багато дублюючої інформації, наприклад, при формулюванні задач дисертаційного дослідження.
2. Із постановки задачі, яка приведена на стор. 66, не зовсім зрозуміло, що метою розробки інформаційної технології є не синтез керуючих дій, а визначення розмірів заказів на поповнення запасів, які в подальшому використовуються особою, що приймає рішення.
3. Авторіві слід було привести в роботі більше прикладів застосування запропонованого методу та інформаційної технології для вирішення прикладних задач.

4. Доцільно було приділити більше уваги порівнянню результатів, отриманих після впровадження запропонованої інформаційної системи, та тих, що були раніше.
5. На наш погляд, авторіві слід було дослідити модифікацію моделі процесу керування запасами та показника якості керування, які дозволяють враховувати відкладений попит.
6. В роботі доцільно було розглянути не тільки модель попиту з інтервальною невизначеністю, але й стохастичні моделі попиту з різними ймовірностями розподілу.
7. Не достатньо обгрунтованою виглядає збіжність ітераційного алгоритму, наведеного в п. 3.8. дисертації, який запропоновано для визначення оптимального значення точки розбиття інтервалу запізнювання та величини максимального допустимого запізнювання.
8. На наш погляд, у підсумкових висновках дисертації не знайшли відображення деякі наукові положення та результати, які можна побачити при розгляді її контексту. Форма висновків носить характер анотації, а не результативний характер.

Проте зроблені зауваження не знижують наукову і практичну цінність дисертації.

Узагальнена оцінка дисертаційної роботи

На основі вивчення змісту дисертаційної роботи, автореферату та публікацій здобувача можна стверджувати наступне.

Дисертація А. О. Нікульченка є завершеним науковим дослідженням, в якому виявлена та вирішена **науково-практична задача** розробки методів та інформаційної технології децентралізованого гарантуючого керування запасами матеріальних ресурсів у мережах поставок за наявності невизначених транспортних запізнювань.

В роботі отримані нові результати, що мають наукове й практичне

значення для науки і техніки.

Наведені в роботі науково обґрунтовані результати та практичні рекомендації впроваджені в компаніях, які займаються розробкою прикладного програмного забезпечення. Їх використання сприятиме розширенню науково-технічного прогресу в області систем автоматизованого керування запасами матеріальних ресурсів.

Дисертаційна робота А. О. Нікульченка повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 року, а її автор, Нікульченко Артем Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

*Офіційний опонент
завідувач кафедри менеджменту
Національного аерокосмічного університету
імені М. Є. Жуковського «ХАІ»,
доктор технічних наук, професор*

В.М. Варганян

Підпис офіційного опонента, д.т.н., професора Варганяна В.М. засвідчую

Помічник ректора із забезпечення якості освіти
Національного аерокосмічного університету імені
М. Є. Жуковського «ХАІ»,



Ю.А. Воробйов

07.12.2018 р.

Відзив надійшов « <u> </u> » _____ р. Вчений секретар спец. ради _____
--