

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Дорофєєва Юрія Івановича на тему «Робастне керування запасами у мережах поставок в умовах невизначеності попиту та транспортних запізнь»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Актуальність обраної теми. Серед сучасних проблем автоматизації керування складними техніко-економічними системами особливе місце займають проблеми керування мережами поставок, а саме сукупністю взаємопов'язаних об'єктів, які здійснюють видобуток сировини, виробництво, зберігання, транспортування і розподіл матеріальних ресурсів, напівфабрикатів та готової продукції з метою задоволення споживчого попиту і отримання прибутку. Прикладами є виробничі та транспортні системи, системи розподілу ресурсів, зокрема гідроресурсів, і т.п. Існують різні типи топології подібних систем, які визначаються взаємним розміщенням виробничих вузлів, складів і споживачів. Найбільшого поширення у теперішній час набули системи з багаторівневою структурою, яка характерна для дилерських мереж, мережевих рітейлерів, транснаціональних компаній і технологічно складних виробництв. У мережах поставок кожен вузол в реальному часі приймає замовлення на поставку ресурсів від вузлів мережі, які є споживачами його продукції, а також від зовнішніх споживачів, і формує замовлення вузлам, які є для нього постачальниками ресурсів.

Необхідною складовою виробничої і комерційної діяльності підприємств є керування запасами матеріальних ресурсів, оскільки запаси являють собою один з найважливіших чинників забезпечення безперервності процесів матеріального відтворення в умовах змінного впливу зовнішнього середовища. Нестача виробничих запасів спричиняє порушення ритмічності виробництва, зниження продуктивності праці, перевитрату матеріально-технічних ресурсів через вимушені нераціональні заміни і, як наслідок, підвищення собівартості продукції, а наявність невикористовуваних запасів збільшує витрати на їх утримання.

Керування запасами полягає у визначенні розмірів замовлень на їх поповнення і моментів часу формування замовлень. Функціонування систем керування мережами поставок здійснюється в умовах суттєвої невизначеності як відносно структури та параметрів мережі, зокрема інтервалів транспортних запізнь, так і впливу зовнішніх чинників, в першу чергу попиту, що є підставою для використання сучасних методів робастного керування.

Тому тема дисертаційної роботи, яка присвячена визначенню оптимальних рівнів страхових запасів у вузлах мережі поставок, які розглядаються в якості задаючих впливів відповідних багатовимірних регуляторів, і розробка методів синтезу робастного керування запасами в складних мережах поставок в умовах невизначеності попиту та транспортних запізнь є актуальною науковою та практичною проблемою, яка визначила напрям досліджень дисертаційної роботи.

Актуальність та перспективність дисертаційної роботи підтверджується і тим, що наукові дослідження проводилися в рамках плану науково-дослідних робіт МОН України в рамках держбюджетних тем «Розвиток теорії та методів синтезу децент-

ралізованого робастного керування розподіленими мережами поставок в умовах невизначеності» (№ ДР 0111U002285), де здобувач був відповідальним виконавцем, та «Розробка інформаційної технології формування портфелів проектів національного рівня на основі імітаційної моделі науково-технологічного розвитку України» (№ ДР 0115U000543), де здобувач був виконавцем окремих етапів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Дорофєєва Юрія Івановича є високою й базується на аналізі літературних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, і якісному формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату теорії автоматичного керування та теорії математичного моделювання, теорії робастного та оптимального керування, методу векторних функцій Ляпунова, методу теорії обчислень та теорії математичного програмування.

Отримані результати перевірені шляхом критичних переходів одержаних формул до відомих раніше результатів, що підтверджує обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі результатів дослідження.

Достовірність результатів досліджень. Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням стандартних процедур математичного аналізу й методів керування, відповідністю змісту математичних моделей фізичній суті описуваних об'єктів. Отримані результати, висновки і рекомендації логічно і математично аргументовані. Достовірність забезпечується коректною математичною постановкою проблеми визначення оптимальних рівнів страхових запасів у вузлах мережі поставок, які розглядаються в якості задаючих впливів відповідних багатовимірних регуляторів, і розробки методів синтезу робастного керування запасами в складних мережах поставок в умовах невизначеності попиту та транспортних запізнь.

Усі методи, що запропоновані в дисертаційній роботі обґрунтовані строгими математичними викладками і підтверджуються результатами чисельних експериментів на ЕОМ.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

Вперше:

– розроблено математичні моделі процесів керування запасами в мережі поставок з параметричною невизначеністю афінного типу, що дозволяє врахувати невизначеність інтервалів транспортних запізнь для централізованої та децентралізованої структури системи керування;

– вирішена задача синтезу робастного гарантуючого керування запасами в мережах поставок на основі розвитку методу інваріантних еліпсоїдів із застосуванням дескрипторного підходу та параметризованої функції Ляпунова, що забезпечує можливість стабілізації рівнів запасів в умовах невизначеності;

– розроблено метод визначення необхідних ресурсів керування у вигляді потрібної області в просторі керуючих впливів шляхом розв'язання системи білінійних матричних нерівностей, що дозволяє визначити умови існування розв'язку задачі робастного керування.

стного керування запасами при наявності несиметричних обмежень на значення керуючих впливів;

– розроблено метод визначення вагових матриць квадратичного показника якості керування шляхом розв’язання системи білінійних матричних нерівностей, що дозволяє забезпечити максимально можливу точність стабілізації страхових рівнів запасів у вузлах мережі;

Отримали подальший розвиток:

– метод субоптимального структурного та параметричного синтезу обмеженого робастного гарантуючого керування запасами у мережах поставок шляхом розвитку методу інваріантних еліпсоїдів із використанням дескрипторного підходу та параметризованої функції Ляпунова, що дозволяє зменшити ступінь консерватизму результатів керування;

– метод аналізу робастної стійкості децентралізованої системи керування запасами в мережах поставок на основі застосування методу векторних функцій Ляпунова та методу порівняння, що дозволяє встановити умови стійкості децентралізованої системи керування запасами.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання полягає у розроблених інженерних методиках синтезу робастного гарантуючого керування запасами в мережах поставок в умовах невизначеності та технологічних обмежень знайшли практичне застосування при створенні систем автоматизованого керування мережами поставок, які забезпечують зниження витрат, пов’язаних з транспортуванням та зберіганням матеріальних ресурсів.

Основні результати виконаних в дисертації досліджень та практичних розробок використані на промислових підприємствах і організаціях, що займаються виробництвом, зберіганням і розподілом матеріальних ресурсів, зокрема КП «Харківводоканал» (м. Харків) – одному з найбільших в Україні підприємств з надання послуг водопостачання та ТзОВ фірмі «СВ» (м. Харків) – провідному виробнику засобів побутової хімії в Україні.

Матеріали дисертації використовуються у навчальному процесі при підготовці студентів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях та апробація роботи. Результати дисертаційної роботи досить повно відображені в 34 наукових працях, з них: 19 статей у наукових фахових виданнях України (16 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз), 2 – в іноземних періодичних фахових виданнях (1 – SCOPUS), 13 – у матеріалах конференцій (1 – SCOPUS).

Основні результати роботи доповідались та обговорювались на: XVII – XXII Міжнародних конференціях з автоматичного управління «Автоматика» (м. Харків, 2010; м. Львів, 2011; м. Київ, 2012; м. Миколаїв, 2013; м. Київ, 2014; м. Одеса, 2015); V Міжнародній науковій конференції «Проектування інженерних і наукових додатків у середовищі MATLAB» (м. Харків, 2011); II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформатика та системні науки ІСН-2011» (м. Полтава, 2011); XIII, XIV, XVI Міжнародних науково-технічних конференціях «Системний аналіз та інформаційні технології САІТ» (м. Київ, 2011, 2012, 2014); XXV Міжнародній науковій конференції «Математичні методи в техніці та технологіях ММТТ-25»

(м. Харків, 2012); Міжнародній конференції IFAC «Manufacturing Modelling, Management and Control MIM'2013» (м. Санкт-Петербург, 2013).

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Автор використовує функціонал якості системі (4.4), який зазвичай використовується при синтезі оптимальних систем. При додатку у цей функціонал із від'ємними знаками та певними ваговими матрицями членів, які залежать від норм векторів зовнішніх збурень та параметричних невизначеностей, як це зазвичай робиться при синтезі робастного керування, отримана динамічна система розглядається як динамічна гра, і при цьому можна отримати рішення шляхом мінімізації функціонала якості по керуванню при одночасній максимізації цього ж функціонала по зовнішньому збуренню (4.5), що забезпечує системи, яка синтезується якість робастності відносно зовнішнього збурення, тим більше що таке оптимальне керування (4.5) зводиться до розв'язання трьох систем алгебраїчних рівняння Ріккати.

2. Динаміка синтезованої замкненої системи (4.2) в значній мірі залежить від додатно визначених діагональних вагових матриць $W_\xi \in \mathbb{R}^{N \times N}$, $W_u \in \mathbb{R}^{m \times m}$ у прийнятому критерії якості (4.4). Це ж стосується і $Q(k) \in \mathbb{R}^{N \times N}$ – матриці еліпсоїда, у виразі (4.11). Зокрема, динаміка синтезованої системи визначається відношенням елементів вагової матриці $W_\xi \in \mathbb{R}^{N \times N}$ до елементів вагової матриці $W_u \in \mathbb{R}^{m \times m}$. Чим більше це відношення, тим більша швидкодія синтезованої системи по компенсації зовнішнього збурення, яке діє на систему. Але при цьому зростає керування системи, яке потрібно для компенсації цього зовнішнього збурення. Саме для обмеження керування і вводиться норма керування в критерій якості (4.4). Вибір вагових матриць із умови максимізації (6.4) може приводить до одночасового збільшення елементів обох вагових матриць, але динаміка синтезованої замкненої системи (4.2) при цьому може залишатися незмінною.

3. Не зрозуміло, чому для знаходження оптимального керування (4.1), яке мінімізує квадратичний функціонал (4.4) для лінійної системи (4.2), автор явно не використовує класичного підходу та необхідної умови мінімуму у вигляді розв'язання алгебраїчного рівняння Ріккати, яке призводить до регулятора, що дає оптимальне значення критерію (4.4). Незважаючи на те, що такий підхід призводить до регулятора, що дає оптимальне значення критерію (4.4) для будь-яких початкових умов, але з урахуванням умов (4.7) ці рішення збігаються.

4. Пункти наукової новизни «розроблено математичну модель системи подачі та розподілу води як об'єкта автоматичного керування, яка відрізняється урахуванням нелінійних взаємозв'язків за умови існування квадратичних обмежень на їх значення, що дозволяє використовувати сучасні методи керування для автоматизації процесів розподілу води в населених пунктах» та «вирішена задача автоматизованого керування режимами роботи насосних станцій в системі подачі та розподілу води, що дозволяє знизити витрати на електроенергію і підвищити надійність забезпечення споживачів водою» доцільно було б віднести до практичних результатів роботи.

5. В роботі не виконано аналізу стійкості системи керування запасами, яка побудована на основі методу прогнозуючого керування та досліджується в третьому розділі дисертації. Автор лише вказав, що для цього потрібна модифікація критерію якості, але не уточнив, яка саме.

6. В дисертаційній роботі не аналізується вплив значення періоду дискретизації за часом на функціональні властивості розроблених систем керування запасами.

7. Доцільно було би приділити більше уваги порівнянню запропонованих методів синтезу робастного керування запасами в мережах поставок та інших методів, які досліджуються в другому розділі роботи.

8. Не достатньо переконливими є твердження автора щодо збіжності ітераційних алгоритмів 6.1 та 6.2, які запропоновано для вирішення систем білінійних матричних нерівностей в шостому розділі роботи.

9. При формулюванні математичної постановки задачі керування процесом розподілу води в умовах невизначеності обсягів споживаної води незрозуміло, яким чином керуючими впливами в системі є «обсяги води, які перекачуються через керовані гідравлічні елементи».

Висновок. Дисертаційна робота Дорофєєва Юрія Івановича на тему «**Робастне керування запасами у мережах поставок в умовах невизначеності попиту та транспортних запізнень**», за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Вона є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-технічну проблему розробки та обґрунтування концепції та методів синтезу автоматизованих систем робастного керування запасами в мережах поставок на основі розроблених математичних моделей систем з параметричною невизначеністю афінного типу та розвитку методу інваріантних еліпсоїдів з використанням дескрипторного підходу та параметризованої функції Ляпунова.

В дисертації отримані науково обґрунтовані результати подальшого розвитку методів синтезу автоматизованих систем робастного керування запасами в мережах поставок, які формують обсяги замовлень обмежених ресурсів в залежності від рівнів їх запасів у вузлах мереж та забезпечують утримання заданих рівнів запасів в умовах суттєво обмеженої інформації щодо транспортних запізнень та обсягів зовнішнього попиту.

Оформлення роботи відповідає вимогам, які пред'являються до докторських дисертацій, а автореферат повністю відображає основні положення дисертації. Зроблені зауваження принципово не знижують високого наукового і практичного рівня дисертаційної роботи, яка в повній мірі відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р № 567 щодо здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор **Дорофєєв Юрій Іванович** заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Зав. відділом проблем управління
магнітним полем Інституту технічних
проблем магнетизму
Національної академії наук України,
доктор технічних наук, професор

Підпис д.т.н., проф. Кузнецова Б.І. засвідчує
Вчений секретар, к.т.н.

Відзив надійшов «22» 06 2016 р.
Вчений секретар спец. ради 064.050.07




Б.І. Кузнецов


О.Ю. Пилюгіна

