

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Котова Тараса Олександровича  
**«Робастна стабілізація та зважене гасіння обмежених збурень**  
у дескрипторних системах керування», подану на здобуття наукового  
ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

**Актуальність теми дослідження.** Дисертаційна робота Т.О.Котова присвячена розробці нових методів стабілізації та оптимізації дескрипторних систем керування за умов невизначеності. Клас дескрипторних систем, що описується диференціально-алгебраїчними рівняннями, виникає при моделюванні складних об'єктів механіки, електротехніки, економіки тощо. Невизначені елементи у таких системах керування обумовлюються наявністю зовнішніх (екзогенних) збурень та/або аналітичною неточністю в рівняннях руху об'єкта, а також його вхідних та вихідних сигналів. Класичні методи теорії  $H_\infty$ -керування, засновниками якої вважаються G.Zames, B.A.Francis та J.C.Doyle (1981–1990), дозволяють оцінити та мінімізувати рівень гасіння обмежених збурень, тобто  $H_\infty$ -норму матричної передавальної функції системи. Відомі методи  $H_\infty$ -оптимізації дескрипторних систем викладено в роботах А.А.Бєлова, А.П.Курдюкова, L.Dai, Z.Feng, Guang-Ren Duan та ін. У даній роботі розглядається узагальнена задача  $H_\infty$ -керування для дескрипторних систем із застосуванням узагальнених критеріїв якості, що описують зважений рівень гасіння зовнішніх і початкових збурень. Отже, тематика дисертаційної роботи є важливою і актуальною.

**Структура та основні результати дисертації.** Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. У вступі викладено інформацію про актуальність та мету досліджень, зазначено наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів роботи.

У першому розділі наведено огляд стану досліджень за тематикою дисертаційної роботи. Викладено основні класичні методи дослідження стійкості та якості динамічних систем, відомі методи стабілізації та оптимізації систем керування, а також ряд прикладів дескрипторних систем у прикладних дослідженнях.

У другому розділі викладено допоміжні результати досліджень, які стосуються структури загального розв'язку регулярних дескрипторних систем зі збуреннями, а також умови стійкості таких систем в термінах розв'язків матричних рівнянь та нерівностей типу Ляпунова. Сформульовано критерії неімпульсності в'язки матриць та допустимості дескрипторної системи (леми 2.1 і 2.2), а також відомі леми про оцінку зважених критеріїв якості для класу допустимих дескрипторних систем, які покладено в основу подальших досліджень задач  $H_\infty$ -керування. Запропоновано методику знаходження найгірших збурень і найгірших початкових векторів, при яких досягається супремум в означені зваженого критерія якості (лема 2.6).

Третій розділ присвячено дослідженню основної задачі узагальненого  $H_\infty$ -керування для класу лінійних дескрипторних систем з керованими і спостережуваними виходами. Встановлено необхідні та достатні умови існування статичних та динамічних регуляторів за спостережуваним виходом, що забезпечують замкненій системі задану оцінку зваженого критерія якості, а також властивості регулярності, стійкості та неімпульсності. Отримані умови у окремих випадках сформульовано в термінах лінійних та квадратичних матричних нерівностей (теореми 3.1 – 3.3 та їхні наслідки).

У четвертому розділі розглянуто задачу узагальненого  $H_\infty$ -керування для лінійних дескрипторних систем за умов поліедральної невизначеності деяких матричних коефіцієнтів (робастний підхід). Для розв'язання даної задачі в термінах матричних нерівностей сформульовано умови існування належних статичних та динамічних регуляторів (теореми 4.1 і 4.2). Крім того, на основі відомої леми про матричну невизначеність наведено опис еліпсоїдальної сім'ї матриць коефіцієнтів статичних регуляторів за спостережуваним виходом, які забезпечують замкненій системі бажані властивості (теорема 4.3). Розроблені алгоритми синтезу узагальненого  $H_\infty$ -керування за допомогою комп'ютерних засобів апробовано на конкретних прикладах дескрипторних систем керування, зокрема, гіdraulічної системи з трьома резервуарами та моделі електричного кола з інтервалною невизначеністю опорів.

Всі отримані в дисертації результати математично обґрунтовані та достовірні. Матеріали дисертації достатньо повно апробовані на міжнародних конференціях та семінарах. Всі результати досліджень опубліковані в шести наукових роботах, три із яких входять до переліку фахових видань України, причому, одна із них індексується у базі даних Scopus.

Зміст дисертації відповідає спеціальності 113 «Прикладна математика». Отримані результати мають теоретичний характер і можуть бути використані в практичних задачах стабілізації руху динамічних систем та оптимізації складних систем керування.

### **Зауваження щодо змісту дисертації.**

1. У розділі 3 доцільно було б провести більш детальний аналіз можливості поширення отриманих результатів на клас псевдолінійних дескрипторних систем з керованими і спостережуваними виходами.

2. У чисельному прикладі 1 на с. 79 наведено наближену матрицю  $J_0$ -оптимального регулятора  $K$ . Бажано було б навести також оцінку похибки її обчислення, проведеного на основі наслідку 3.2.

Вказані зауваження не є суттєвими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

**Загальний висновок та оцінка дисертації.**

Дисертаційна робота Котова Тараса Олександровича «Робастна стабілізація та зважене гасіння обмежених збурень у дескрипторних системах керування» є цілісною науковою працею, що задовольняє усі вимоги Постанови Кабінету Міністрів України №167 від 06.03.2019 р. (із змінами, внесеними згідно Постанови КМУ №979 від 21.10.2020 р. та Постанови №608 від 09.06.2021 р. стосовно «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії»), а її автор, Котов Тарас Олександрович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Доктор фіз.-мат. наук,  
провідний науковий співробітник  
відділу стійкості процесів  
Інституту механіки  
ім. С.П. Тимошенка НАН України

Анатолій ХОРОШУН



Підпис Хорошуна А.С. засвідчує:  
в.о. вченого секретаря  
Інституту механіки  
ім. С.П. Тимошенка НАН України,  
доктор техн. наук

23.11.2021р.

Юрій СКОСАРЕНКО

Надійшов 23.11.2021 р.