

## ВІДГУК

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

**Актуальність теми дисертації.** В сучасній теорії керування приділяється велика увага задачам аналізу та синтезу динамічних систем, математичні моделі яких враховують наявність зовнішніх (екзогенних) збурень та аналітичних невизначеностей. Проблема робастної стабілізації виникає для сім'ї систем, яка відповідає невизначеним елементам моделі, а методи  $H_{\infty}$ -керування дозволяють оцінити та мінімізувати вплив обмежених збурень на стійкість та якість керованих систем. Проблеми стабілізації та  $H_{\infty}$ -оптимізації за умов неповної інформації про стан системи навіть в лінійній постановці є досить складними і розв'язані лише в окремих випадках при додаткових обмеженнях. Засновниками теорії  $H_{\infty}$ -керування вважаються G.Zames, B.A.Francis та J.C.Doyle, розвиток та узагальнення даної теорії для неперервних та дискретних систем керування отримано у роботах Б.Т.Поляка, П.С.Щербакова, Д.В.Баландіна, М.М.Когана, В.М.Кунцевича, В.Б.Ларіна, K.Glover, B.A.Francis, P.Gahinet, P.Apkarian та ін. На практиці важливим є клас дескрипторних (диференціально-алгебраїчних) моделей керованих систем. Методи  $H_{\infty}$ -оптимізації для таких систем розвинуто у окремих випадках (A.A.Белов, A.P.Курдюков, A.Ichmann, L.Dai, Z.Feng, Guang-Ren Duan та ін.).

Дисертаційна робота Т.О.Котова присвячена розробці нових та розвитку відомих методів стабілізації та  $H_{\infty}$ -оптимізації дескрипторних систем керування із застосуванням узагальнених критеріїв якості, що описують зважений рівень гасіння зовнішніх і початкових збурень. Практичне застосування таких методів може забезпечити високу якість та надійність керованих об'єктів в реальних умовах. Тому тематика роботи безперечно є важливою і актуальною.

**Огляд змісту та основних результатів роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, додатку та списку використаних джерел. У вступі обґрутовано актуальність тематики досліджень, зазначено наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів роботи.

У першому розділі наведено огляд літератури та перелік основних задач, пов'язаних з тематикою дисертаційних досліджень. Основні теоретичні результати дисертації, а також результати чисельних експериментів викладено у наступних трьох розділах.

В другому розділі досліджена структура загального розв'язку регулярних дескрипторних систем зі збуреннями, а також умови стійкості таких систем у вигляді матричних рівнянь та нерівностей. Наведено відомі твердження про верхню оцінку зважених критеріїв якості допустимих дескрипторних систем в термінах лінійних матричних нерівностей. Розроблено методику знаходження найгірших збурень і початкового вектора стосовно зваженого критерія якості.

Третій розділ присвячено задачам синтезу узагальнених  $H_\infty$ -регуляторів для лінійних дескрипторних систем. Встановлено необхідні і достатні умови існування статичних та динамічних регуляторів за спостережуваним виходом, при яких замкнена система є допустимою (регулярною, стійкою і неімпульсною) і досягається бажана оцінка зваженого критерія якості. Отримані умови при додаткових обмеженнях зведені до розв'язання лінійних та/або квадратичних матричних нерівностей.

У четвертому розділі розглянуто деякі варіанти робастності в задачі зваженого  $H_\infty$ -керування для дескрипторних систем, які обумовлені поліедральною невизначеністю матричних коефіцієнтів. Розвинуто також методику побудови еліпсоїдальної сім'ї матриць статичних регуляторів за спостережуваним виходом, які забезпечують замкненій системі вказані бажані властивості. Відмічено можливості застосування отриманих методів до широкого класу нелінійних систем керування у векторно-матричній формі. Розроблені алгоритми за допомогою комп'ютерних засобів апробовано в задачах стабілізації та узагальненої  $H_\infty$ -оптимізації конкретних дескрипторних моделей керування.

Всі твердження та висновки, отримані в дисертації, є математично обґрунтованими та вірними. Дисертація достатньо повно апробована на семінарах та міжнародних конференціях. Всі результати досліджень опубліковані в шести роботах, три з яких входять до переліку фахових видань України, а одна з них індексується у базі даних Scopus.

Дисертація викладена на високому науковому рівні. Робота задовольняє всі вимоги щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії й відповідає спеціальності 113 «Прикладна математика». Отримані результати мають теоретичний характер і можуть знайти широке практичне застосування в задачах стабілізації руху та якості керованих динамічних систем.

#### *Зauważення та побажання щодо роботи:*

1. Бажано було б провести аналіз та дати нове формулювання отриманих тверджень із застосуванням параметризації невідомих матриць  $X$  і  $Y$  типу (2.21) і (3.25) з метою спрощення відповідних алгоритмів синтезу регуляторів.

2. Для практичного застосування розроблених алгоритмів синтезу статичних та динамічних регуляторів доцільно було б навести деякі рекомендації щодо реалізації окремих обчислювальних процедур, зокрема, розв'язання лінійних та квадратичних матричних нерівностей, врахування

рангових обмежень тощо.

3. В тексті роботи також присутні деякі помилки друку, «мовні» помилки та «технічні» помилки. Наприклад, на стор. 3 надруковано «присвячено аналітичному дослідженні класу», треба ж «дослідженню»; на цій же стор. 3 вперше вживається матриця  $H$ , яка ніде не визначена; на стор. 29 надруковано «стабілізуючу матрицю», що є русизмом.

Наведені зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи і не понижують її теоретичне і практичне значення. В цілому робота викладена послідовно і коректно.

### **Загальний висновок.**

Вважаю, що 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 КМ №979 від 21.10.2020 р. та Постанови №608 від 09.06.2021р. 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, доцент,  
доцент кафедри моделювання складних систем  
факультету комп'ютерних наук та кібернетики  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

Андрій ШАТИРКО

ПІДПІС ЗАСІДУЮЩОГО  
ВЧЕНОГО СЕКРЕТАР НДЧ  
КАРАУЛЬНА Н.В.  
д/д .11 . 2021 р.

Надійшов 22.11.2021 р.

