

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Полоцкий государственный университет»

УДК 517.926+517.977

№ госрегистрации 20131478

от 15.07.2013

Инв. № _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
учреждения образования
«Полоцкий государственный
университет»

_____ Д. О. Глухов

« _____ » _____ 2015 г.

М.П.

О Т Ч Е Т

о научно - исследовательской работе

«ГЛОБАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОЛНОЙ СОВОКУПНОСТЬЮ
АСИМПТОТИЧЕСКИХ ИНВАРИАНТОВ

ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

С РАЗРЫВНЫМИ И БЫСТРО ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ»

согласно договору с БРФФИ № Ф13М-055 от 16.04.2013 г.

(заключительный)

Научный руководитель НИР
кандидат физ.-мат. наук, доцент

(подпись)

_____ А. А. Козлов

(инициалы,
фамилия)

« _____ » _____ 2015 г.

Нормоконтролер

(подпись)

_____ В. Ф. Кулеш

(инициалы,
фамилия)

« _____ » _____ 2015 г.

Новополоцк 2015

(город год)

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
ведущий научный
сотрудник,
канд. физ.-мат. наук, доцент _____ А. А. Козлов (реферат, заключение,
разделы 1, 4, 6, 7)
подпись, дата

Исполнители темы:

младший научный
сотрудник _____ И. В. Инц (введение, разделы 3, 4, 5),
подпись, дата

инженер НИСа _____ А. Д. Бурак (раздел 2)
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет 128 с, 1 ч., 17 источников.

РАВНОМЕРНО ВПОЛНЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ, ПОКАЗАТЕЛЬ БОЛЯ, РАВНОМЕРНАЯ СТАБИЛИЗИРУЕМОСТЬ, ГЛОБАЛЬНАЯ СКАЛЯРНОСТЬ, ГЛОБАЛЬНАЯ ЛЯПУНОВСКАЯ ПРИВОДИМОСТЬ, РАВНОМЕРНАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ДОСТИЖИМОСТЬ, ЗАДАЧА ГЛОБАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИМПТОТИЧЕСКИМИ ИНВАРИАНТАМИ

Объектом исследования являются линейные нестационарные управляемые системы обыкновенных дифференциальных уравнений с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами.

Основной целью предлагаемого проекта является нахождение новых способов управления линейными управляемыми системами с быстро изменяющимися либо разрывными коэффициентами, обеспечивающих для систем с таким управлением их асимптотическую эквивалентность (по Богданову) произвольной наперед заданной линейной дифференциальной системе с достаточно гладкими коэффициентами, т.е. обеспечивающих «схожесть» (кинематическое подобие систем) поведения решений произвольной наперед заданной системы и решений системы с найденным управлением в некоторой окрестности бесконечности.

В настоящем отчете представлено решение следующих задач, определенных целями проекта, а именно: для двумерной линейной равномерно вполне управляемой системы с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами доказана иронорциональная глобальная управляемость верхнего особого показателя соответствующей ей системы, замкнутой линейной обратной связью, установлена равномерная стабилизируемость и глобальная скалярность такой системы, а также доказаны ее глобальная ляпуновская приводимость и равномерная глобальная достижимость; для трехмерной линейной управляемой системы с разрывными и быстро осциллирующими коэффициентами найдены достаточные условия равномерной стабилизируемости и глобальной скалярности соответствующей ей замкнутой линейной системы. Помимо этого, в отчете изучены свойства одного подмножества множества вещественных квадратных матриц порядка n , которые позволили получить решения отдельного типа матричных уравнений с коэффициентами из указанного подмножества матриц. Последние результаты позволят в дальнейшем получить решение задачи

n

линейных управляемых систем с быстро изменяющимися и разрывными коэффициентами.

Исследования проведены с использованием теории характеристических показателей Ляпунова, методов матричного анализа, математической теории управления, а также теории управления асимптотическими инвариантами линейных дифференциальных систем.

Все результаты работы являются новыми, ранее неизвестными. Они носят теоретический фундаментальный характер и могут быть использованы для решения задач теории устойчивости и управляемости линейных систем, задач стабилизации динамических объектов, при чтении спецкурсов по теории управления асимптотическими инвариантами линейных дифференциальных систем, теории управляемости линейных систем, а также по теории характеристических показателей Ляпунова.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1 О СВОЙСТВЕ ЧАСТИЧНОЙ РАВНОМЕРНОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ ДОСТИГАЕМОСТИ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ | 11 |
| 2 РАВНОМЕРНАЯ СТАБИЛИЗИРУЕМОСТЬ ДВУМЕРНЫХ РАВНОМЕРНО ВПОЛНЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ С ЛОКАЛЬНО ИНТЕГРИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ | 39 |
| 3 ГЛОБАЛЬНАЯ СКАЛЯРИЗУЕМОСТЬ ДВУМЕРНЫХ РАВНОМЕРНО ВПОЛНЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ С ЛОКАЛЬНО ИНТЕГРИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ | 44 |
| 4 ГЛОБАЛЬНАЯ ЛЯНУНОВСКАЯ ПРИВОДИМОСТЬ И РАВНОМЕРНАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ДОСТИЖИМОСТЬ ДВУМЕРНЫХ РАВНОМЕРНО ВПОЛНЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ С ЛОКАЛЬНО ИНТЕГРИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ | 50 |
| 5 ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ РАВНОМЕРНОЙ СТАБИЛИЗИРУЕМОСТИ И ГЛОБАЛЬНОЙ СКАЛЯРИЗУЕМОСТИ ТРЕХМЕРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ С ЛОКАЛЬНО ИНТЕГРИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ | 60 |
| 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО ТИПА МАТРИЦ И СВЯЗАННЫХ С НИМ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ И МАТРИЧНОЙ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ | 111 |
| 7 ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ | 124 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 126 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 128 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров, Е.К. *Управляемость асимптотических инвариантов нестационарных линейных систем* / Е.К. Макаров, С.Н. Попова. — Мппск: Беларус. павука, 2012. — 407 с.

Опубликованные работы

Статьи:

1. Козлов, А. А. *Об одном легальном маршруте в пространстве квадратных матриц* / А. А. Козлов, А. Д. Бурак // Весшк ВДУ. - 2014. - №2 (80) - С. 13-22.

2. Козлов, А.А. *Глобальная управляемость отдельных асимптотических инвариантов двумерных линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами* / А. А. Козлов, П. В. Ппц, А. Д. Бурак // Молодежь в науке-2013: прпл. к журналу «Весш Пацыянальнай акадэмИ навук Беларус!» . В 5 ч. 4.2. Серия физ.-мат. наук; сер. физ.-тех. наук. — С. 37-45.

Статьи в сборниках материалов конференций:

3. Kozlov, A. A. *About one legal route in the space of the square matrixes* / A.D. Burak, N. A. Konopel'ko // "European and national dimension in research": материалы VI Междунар. конф. молодых учёных (Повополоцк, 22-23 апреля 2014 г.). — Часть 3. — Повополоцк: ПГУ, 2014. - С. 167-169.

4. Ints, I. V. *About the global controllability of full set of the asymptotic invariants linear systems* / I. V. Ints, A. A. Kozlov // Міжнар. наук. конф. "Супасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів": матеріали Міжнар. наук. конф. (м. РівНО, УкраТна, 19-22 лютого 2015 р.). - Рівне: РВВ РДГУ, 2015. - С. 223.

Тезисы докладов конференций:

5. Козлов, А. А. *Глобальная ляпуновская приводимость двумерных линейных систем* / А. А. Козлов, А. Д. Бурак // "VII Машеровские чтения": тез. докл. Междунар. конф., Витебск, 24-25 сентября, 2013 г., ВГУ им. П.М. Машерова, 2013 г. — С.42-43.

6. Козлов, А. А. *Глобальное управление отдельными асимптотическими инвариантами линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами* / А. А. Козлов, А. Д. Бурак, П. В. Ппц // Междунар. научн. конф. "Молодежь в науке-2013"/ ПАП Беларуси, 2013 г. [Электронный ресурс]. — Электрон., текст, дан. — Минск: ПАП Беларуси, 2013. — С. 668 -672. — 1 электрон, опт. диск (CD-ROM) : тез. докл. Междунар. научн. конф., Минск, 7-11 декабря 2013 г.

7. Козлов, А. А. *Гавномерная стабилизируемость и глобальная скаляризуемость двумерных равномерно вполне управляемых систем с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами* / А. А. Козлов, П. В. Ппц // XVI Междунар. научн. конф. по дифференц. уравнениям ("ЕРУГППСКПЕ ЧТЕППЯ-2014"): тез. докл. Междунар. научн. конф. Повополоцк, 19-22 мая 2014 г. — Часть 1. — Мн.: Пн-т математики ПАП Беларуси, 2014. - С. 93-94.

8. Козлов, А. А. *Глобальное управление полной совокупностью асимптотических инвариантов двумерных линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами* / А. А. Козлов, П. В. Ппц // XII Междунар. научн.-техн. конф. "Паука — образованию, производству, экономике": тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. — Мн.: БПТУ, 2014. — С. 383—384.

9. Козлов, А. А. *Глобальная ляпуновская приводимость двумерных быстро осциллирующих систем* / А. А. Козлов, П. В. Ппц // "Теория операторов, комплексный анализ и математическое моделирование": Тез. докл. Междунар. научн. конф. (нос. Дивноморское, 7-13 сентября 2014 г.). - Владикавказ: ЮМП ВПЦ РАН и РСО-А, 2014. - С. 116-117.

10. Инц, И. В. *О мультипликативном представлении матрицы Коши трехмерной линейной равномерно вполне управляемой системы* / И. В. Инц // Междунар. научн. конф. "Молодежь в науке-2014"/ НАН Беларуси, 2014 г. [Электронный ресурс]. — Электрон., текст. дан. — Минск: НАН Беларуси, 2014. — С. 220. — 1 электрон, онт. диск (CD-ROM) : тез. докл. Междунар. научн. конф., Минск, 18-21 ноября 2014 г.

Работы, сданные в печать

Статьи:

11. Козлов, А. А. *О глобальной ляпуновской приводимости двумерных линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами* / А. А. Козлов, И. В. Инц // Дифференц. уравнения.

Статьи в сборниках материалов конференций:

12. Ints, I. V. *On the property of partial uniform global attainability of linear control systems* / I. V. Ints, A. A. Kozlov // "European and national dimension in research": материалы VН Международная конференция молодых учёных (Polotsk, 29-30 April 2015 year).

Тезисы докладов конференций:

13. Инц, И. В. *О свойстве частичной равномерной глобальной достижимости линейных управляемых систем* / И. В. Инц, А. А. Козлов // Международная научно-практическая конференция "Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий" (г. Сочи, 15-24 мая 2015 г.).

14. Инц, И. В. *Глобальная управляемость отдельных асимптотических инвариантов трёхмерных линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами* / И. В. Инц, А. А. Козлов // Всероссийская конференция с международным участием "Теория управления и математическое моделирование", посвященная памяти профессора Н. В. Азбелева и профессора Е. Л. Топкова (г. Ижевск, 8-12 июня 2015 г.).

15. Козлов, А. А. *О равномерной глобальной достижимости двумерных равномерно вполне управляемых линейных систем в частном случае* / А. А. Козлов // XII Международная научно-техническая конференция "Наука — образованию, производству, экономике": тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. — Ми.: БИТУ, 2015.

16. Инц, И. В. *Глобальная скаляризуемость трёхмерных линейных систем с разрывными и быстро осциллирующими коэффициентами* / И. В. Инц // XII Международная научно-техническая конференция "Наука — образованию, производству, экономике": тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. — Ми.: БИТУ, 2015.