

Министерство образования Российской Федерации

ТАГАНРОГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 681.51

№ госрегистрации 01.960.005174.

Инв. № 02 200105692

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор –
проректор по НР
к.т.н., проф.



А.И. Калякин

“ 5 ” января 2001г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

РАЗВИТИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

НЕЛИНЕЙНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ
(заключительный)

Г/Б НИР № 12159

Декан факультета авт. и выч. техники
д-р техн. наук, проф.

Ю.М. Вишняков

Зав. кафедрой САУ,
д-р техн. наук, проф.


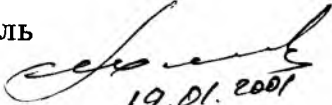

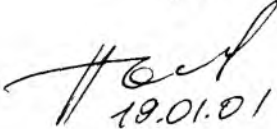
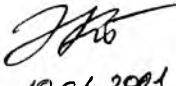

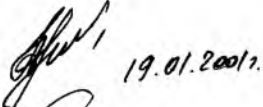
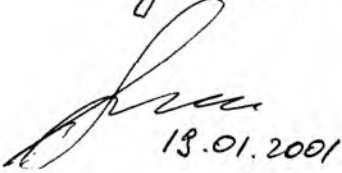
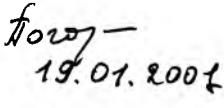
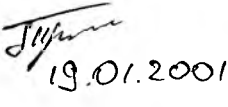

А.А. Колесников

Руководитель НИР,
д-р техн. наук, проф.

А.А. Колесников

Таганрог 2000

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

<p>Руководитель работы гл. науч. сотр., докт. техн. наук</p>	 19.01.2001	<p>А.А. Колесников (разделы 1-3, введение, заключение)</p>
<p>Отвественный исполнитель ст. науч. сотр., канд. техн., наук</p>	 19.01.2001	<p>В.Х. Пшихопов (раздел 3)</p>
<p>Ст. науч. сотр., канд. техн., наук</p>	 19.01.2001.	<p>Г.Е. Веселов (разделы 2,3)</p>
<p>Ст. науч. сотр., канд. техн., наук</p>	 19.01.01	<p>А.Н. Попов (разделы 2,3)</p>
<p>Ст. науч. сотр., канд. техн., наук</p>	 19.01.2001	<p>Б.Г. Долгопятов (введение, заключение)</p>
<p>Мл. науч. сотр., аспирант</p>		<p>Ал.А. Колесников (Раздел 3)</p>
<p>Мл. науч. сотр., аспирант</p>	 19.01.2001.	<p>А.А. Кузьменко (раздел 3)</p>
<p>Инженер</p>	 19.01.2001	<p>П.Г. Кравченко (моделирование)</p>
<p>Инженер</p>	 19.01.2001	<p>М.Е. Погорелов (моделирование)</p>
<p>Инженер</p>	 19.01.2001	<p>Б.В. Топчиев (моделирование)</p>
<p>Нормоконтролер</p>		<p>Л.Н. Литвиненко</p>

РЕФЕРАТ

Отчет 173 с., 32 рис., 91 источников.

СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ, ИЕРАРХИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ, НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ, СТРУКТУРЫ РЕГУЛЯТОРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.

Цель работы – разработка синергетической теории синтеза систем управления динамическими объектами различной природы, описываемыми многосвязными системами нелинейных дифференциальных уравнений.

Методы исследования – новая синергетическая концепция управляемого взаимодействия энергии, вещества и информации, принципиально новый синергетический подход в теории управления многосвязными нелинейными динамическими объектами.

В результате проведения исследований предложена новая синергетическая концепция в теории управления, опирающаяся на фундаментальное свойство самоорганизации природных диссипативных систем. Инварианты, самоорганизация, нелинейность, декомпозиция и синтез являются базовыми понятиями развиваемой синергетической теории управления, определяющими ее сущность, новизну и содержание. В основе разработанного синергетического подхода лежат два фундаментальных принципа естествознания – это, во-первых, принцип инвариантности (сохранения), и, во-вторых, принцип «расширения – сжатия» фазового объема в диссипативных динамических системах.

В развитом синергетическом подходе синтезируются законы управления, учитывающие внутренние кооперативные взаимодействия конкретных физических (химических, биологических) явлений и процессов. Этот подход позволил существенно продвинуться в решении фундаментальной прикладной проблемы создания физической теории управления как проблемы поиска общих объективных законов процессов управления. Введенный язык инвариантов, как основной элемент синергетической теории управления, позволяет придать этой теории естественно-математическое единство и установить непосредственную связь с законами сохранения, т.е. с основополагающими естественными свойствами объектов соответствующей природы.

Степень внедрения – результаты исследований внедрены в разделе «Новые стратегии управления» международного проекта «Virtual Test Bed» (VTB), проводимого ТРТУ с университетами США.

Области применения – создание высокоэффективных систем управления сложными объектами и процессами произвольной материальной природы.

Результаты могут быть использованы: при проектировании автоматизированных рабочих мест операторов энергосистем; при организации режимов энергосбережения на промышленных предприятиях и в энергосистемах; при конструировании высокоэффективных систем управления машинными агрегатами и в других областях техники и технологии.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ.....	10
1.1. О целостном подходе в теории управления.....	10
1.2. Обратимость и необратимость процессов в природных системах.....	14
1.2.1. Обратимость процессов в классической механике.....	14
1.2.2. Обратимость и необратимость термодинамических процессов.....	18
1.3. Неравновесность и порядок в системах.....	23
1.4. Дивергенция динамических систем.....	27
1.4.1. О принципе причинности.....	27
1.4.2. Консервативные и диссипативные системы.....	29
1.4.3. Аттракторы и репеллеры.....	33
1.5. Основные понятия синергетики.....	35
1.5.1. Бифуркации нелинейных систем.....	37
1.5.2. Эволюционные уравнения синергетики с бифуркацией типа «вилки».....	41
1.5.3. Эволюционные уравнения синергетики с бифуркацией Андропова-Хопфа.....	46
1.5.4. Бифуркации и хаос.....	51
1.5.5. Бифуркации и управление.....	56
1.6. Нелинейная самоорганизация и диссипативные структуры.....	59
1.7. Концепция управляемого взаимодействия энергии, вещества и информации.....	64
1.8. Синергетика и процессы управления.....	68
1.9. Концептуальные положения синергетической теории управления.....	73
2. ПРИНЦИП ДИНАМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ – СЖАТИЯ ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ.....	77
2.1. Постановка нелинейной проблемы аналитического конструирования агрегированных регуляторов.....	77
2.2. Биомеханика и управление.....	79
2.3. Инвариантные соотношения в механике и метод АКАР.....	84
2.4. Инвариантные многообразия в естествознании и технике.....	95
2.5. Принцип динамического расширения– сжатия фазового объема в автоматическом управлении.....	100
2.5.1. Фазовый поток в диссипативных системах.....	101
2.5.2. Аттракторы и сжатие фазового объема.....	110
2.5.3. Основные положения синергетического подхода в теории управления.....	115
2.5.4. Декомпозиция задачи синтеза и первые интегралы.....	117
2.6. Принцип эквивалентности в системах управления.....	119
2.7. Целевые функции и целевые интегральные	

многообразия в задачах АКАР.....	123
2.7.1. Определения и классификация целевых функций.....	124
2.7.2. Переключательные целевые функции.....	126
2.7.3. Целевые многообразия и целевые интегральные многообразия.....	128
2.8. Концепция построения инвариантных многообразий в методе АКАР.....	131
3. ОСНОВЫ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	135
3.1. Постановка расширенной задачи синтеза систем.....	135
3.2. Сопровождающие оптимизирующие функционалы.....	139
3.3. Обобщенный метод аналитического конструирования нелинейных агрегированных регуляторов.....	151
3.4. Последовательная совокупность инвариантных многообразий.....	155
3.5. Параллельно-последовательная совокупность инвариантных многообразий и синтез многосвязных систем.....	160
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	166
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	170

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь, в животном и машине.-М.: Сов. радио, 1968.
2. Моисеев Н.Н. Путь к очевидности.-М.: Аграф, 1998.
3. Моисеев Н.Н. Гомеостатика живых, технических, социальных и экономических систем.-Новосибирск: Наука, 1990.
4. Вейль Г. Симметрия.-М.: Наука, 1968.
5. Вигнер Е. Этюды о симметрии.-М.: Мир, 1971.
6. Система. Симметрия. Гармония /Отв. ред. В.С. Тюхтин, Ю.А. Урманцев.-М.: Мысль, 1988.
7. Крутько П.Д. Симметрия и обратные задачи динамики управляемых систем // Известия РАН Теория и системы управления.-1996. № 6.
8. Девис П. Суперсила.-М.:Мир,1989.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса.-М.: Прогресс, 1986.
10. Пригожин И. От существующего к возникающему.-М.: Наука, 1985.
11. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах.-М.: Мир, 1979.
12. Планк М. Избранные труды.-М.: Наука, 1975.
13. Климонтович М.Ю. Без формул о синергетике.-Минск: Вышэйшая школа, 1985.
14. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах.-М.: Мир, 1985.
15. Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. Динамические модели в теории управления.-М.: Наука, 1985.
16. Хакен Г. Информация и самоорганизация.-М.: Мир, 1991.
17. Николис Дж. Динамика иерархических систем. Эволюционное представление.-М.: Мир, 1989.
18. Берже П. Помо И. Видаль К. Порядок в хаосе.-М.: Мир, 1991.
19. Компьютеры и нелинейные явления.-М.: Наука, 1987.
20. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания.-М.: Наука, 1987.
21. Красовский А.А. Фазовое пространство и статистическая теория динамических систем.-М.: Наука, 1974.
22. Смолянинов В.В. От инвариантов геометрий к инвариантам управления //Интеллектуальные процессы и их моделирование.-М.: Наука, 1987.
23. Эшби У.Р. Введение в кибернетику.-М.: ИЛ, 1959.
24. Бернштейн Н.А. О построении движений.-М.: Медгиз, 1947.

25. Анохин П.К. Очерки о физиологии функциональных систем.-М.: Медицина, 1975.
26. Хакен Г. Синергетика.-М.: Мир, 1980.
27. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Странные аттракторы.-М.: Мир, 1981.
28. Кадомцев Б.Б. Динамика и информация.-М.: УФН, 1997.
29. Арнольд В.И. Теория катастроф.-М.: Наука, 1990.
30. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику.-М.: Наука, 1988.
31. Карери Дж. Порядок и беспорядок в структуре материи.-М.: Мир, 1985.
32. Месарович М., Мако Д., Такахаре И. Теория иерархических многоуровневых систем.-М.: Мир, 1973.
33. Т.С. Ахромеева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский. Нестационарные структуры и диффузионный хаос.-М.: Наука, 1992.
34. Капра Ф. Дао физики.-СПб: Орис, 1994.
35. Колесников А.А. Синергетическая теория управления.-М.: Энергоатомиздат, 1994.
36. Красовский А.А. Проблемы физической теории управления //Автоматика и телемеханика.-1990.-№11.
37. Леви-Чивита Т., Амальди У. Курс теоретической механики.-М.: Изд-во иностр. лит., 1951.-Т. 2, Ч. 2.
38. Стрыгин В.В. , Соболев В.А. Разделение движений методом интегральных многообразий.-М.: Наука, 1988.
39. Цурков В.И. Динамические задачи большой размерности.-М.: Наука, 1988.
40. Павловский Ю.Н. Теория факторизации и декомпозиции управляемых динамических систем и её приложения//Известия АН СССР. Техническая кибернетика.-1984.-№2.-С. 45-57.
41. Первозванский А.А., Гайцгори В.Г. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация.-М.: Наука, 1979.
42. Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности.-М.: Наука, 1981.
43. Фурасов В.Д. Устойчивость движения, оценки и стабилизация.-М.: Наука, 1974.
44. Бернштейн Н.А. О развитии ловкости.-М.: ФГС, 1991.
45. Зубов В.И. Теория оптимального управления.-Л.: Судостроение, 1966.
46. Галиуллин А.С. Методы решения обратных задач динамики.-М.: Наука, 1986.
47. Еругин Н.П. Построение всего множества систем дифференциальных уравнений, имеющих заданную интегральную кривую // Прикладная математика и механика.-1952.-Вып. 6.
48. Голубев Н.Ф. Основы теоретической механики.-М.: Изд-во МГУ, 1992.
49. Бутенин Н.Ф., Фуфаев Н.А. Введение в аналитическую механику.-М.: Наука, 1991.

50. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика.-М.: Наука, 1989.
51. Беркинблит М.Б., Гельфанд И.М., Фельдман А.Г. Двигательные задачи и работа параллельных программ // Интеллектуальные процессы и моделирование. Организация движения.-М.: Наука, 1991.-С.37-54.
52. Иртегов В.Д. Инвариантные многообразия стационарных движений и их устойчивость.-Новосибирск: Наука, 1985.
53. Иртегов В.Д. О смене устойчивости при бифуркациях // Проблемы аналитической механики, устойчивости и управления движением.-Новосибирск: Наука, 1991.-С.73-79.
54. Ковалев А.М., Шербак В.Ф. Управляемость, наблюдаемость, идентифицируемость динамических систем.-Киев: Наукова думка, 1993.
55. Ковалев А.М. Нелинейные задачи управления и наблюдения в теории динамических систем.-Киев: Наукова думка, 1980.
56. Губин С.В., Ковалев А.М. Ориентированные многообразия управляемых механических систем. Проблемы аналитической механики, устойчивости и управления движением.-Новосибирск: Наука, 1992.-С.151-156.
57. Томсон Дж. М. Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике.-М.: Мир, 1985.
58. Бойчук Л.М. Синтез координирующих систем автоматического управления.-М.: Энергоатомиздат, 1991.
59. Ключев А.С., Колесников А.А. Оптимизация автоматических систем управления по быстродействию.-М.: Энергоиздат, 1982.
60. Емельянов С.В., Уткин В.И., Таран В.А. и др. Теория систем с переменной структурой.-М.: Наука, 1970.
61. Барбашин Е.И. Введение в теорию устойчивости.-М.: Наука, 1967.
62. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления.-М.: Наука, 1981.
63. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи.-М.: Наука, 1987.
64. Галиуллин А.С., Мухаметзянов И.А., Мухарлямов Р.Р., Фурасов В.Д. Построение систем программного движения.-М.: Наука, 1971.
65. Дроздов Н.В., Мирошник И.В., Скорубский И.В. Системы автоматического управления с микро ЭВМ.-Л.: Машиностроение, 1989.
66. Мирошник И.В. Согласованное управление многоканальными объектами.-Л.: Энергоатомиздат, 1990.
67. Игнатьев Б.М. Голономные автоматические системы.-М.: Изд-во АН СССР, 1963.
68. Овчинников Н.Ф. Принципы сохранения.-М.: Наука, 1966.
69. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения.-М.: Наука, 1984.
70. Арнольд В.И. Математические методы классической механики.-М.: Наука, 1989.

71. Павлов А.А. Синтез релейных систем, оптимальных по быстродействию.-М.: Наука, 1966.
72. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного.-М.: Мир, 1990.
73. Четаев Н.Г. Устойчивость движения.-М.: Наука, 1990.
74. Четаев Н.Г. Устойчивость и классические законы // Сб. научных трудов Казанского авиац. ин-та.-1936.-№ 6- С.3-5.
75. Белостоцкий Ю.Г. Энергия: что это такое?-С. Пб: СПб ДНТП, 1992.
76. Справочник по теории автоматического управления / Под. ред. А.А. Красовского.-М.: Наука, 1987.
77. Касты Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы.-М.: Мир, 1982.
78. Гилмъ Р. Прикладная теория катастроф.-М.: Мир, 1984.-Т.1.2.
79. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития.-М.: Наука, 1987.
80. Колесников А.А., Гельфгат А.Г. Проектирование многокритериальных систем управления промышленными объектами.-М.: Энергоатомиздат, 1993.
81. Колесников А.А. Синергетический подход в нелинейной теории управления // Сборник избранных работ по грантам в области информатики, радиоэлектроники и систем управления.-СПб., 1994.
82. Джонсон С. Теория регуляторов, приспособляющихся к возмущениям / Под ред. К.Т.Леондеса // Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах.-М.: Мир, 1980.
83. Кулебакин В.С. О поведении непрерывно возмущаемых автоматизированных линейных систем // Доклады АН СССР.-1949.-Т.68.-№5.
84. Новое в синергетике и загадки мира неравновесных структур.-М.: Наука, 1996.
85. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного.-М.: Мир, 1990.
86. Колесников А.А. Последовательная оптимизация нелинейных агрегированных систем управления.-М.: Энергоатомиздат, 1987.
87. Павлов А.А. Синтез релейных систем, оптимальных по быстродействию.-М.: Наука, 1966.
88. Барбашин Е.А. Функции Ляпунова.-М.: Наука, 1970.
89. Метод векторных функций Ляпунова в теории устойчивости /Под ред. А.А. Воронова и В.М. Матросова.-М.: Наука, 1987.
90. Колесников А.А. Аналитическое конструирование нелинейных агрегированных регуляторов по заданной совокупности инвариантных многообразий. I. Скалярное управление // Известия вузов. Электромеханика.-1987.-№3.-С.100–109.
91. Колесников А.А. Аналитическое конструирование нелинейных агрегированных регуляторов по заданной совокупности инвариантных многообразий. II. Векторное управление // Известия вузов. Электромеханика.-1987.-№5.-С.58-66.