

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента о диссертационной работе Мишина Максима Юрьевича «Математическое моделирование многоцелевых систем с гистерезисными характеристиками», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18– математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

### **Актуальность темы диссертации**

В различных задачах естествознания модели носителей гистерезиса формализуются либо в операторной форме, посредством соотношений вход-состояние и состояние-выход, либо системой дифференциальных уравнений с существенно нелинейной негладкой правой частью (наиболее популярная из этого класса – модель Боука-Вена). В обоих случаях гистерезисные свойства отдельных звеньев динамических систем, существенно осложняют исследование их динамики. Трудности связаны в первую очередь с рядом специфических особенностей моделей гистерезисных нелинейностей – негладкостью операторов, их описывающих, сложной нелинейной структурой пространства состояний гистерезисных преобразователей. Среди множества задач, где возникают гистерезисные нелинейности, особую роль играют задачи конкурентной динамики. Эти задачи могут быть формализованы в виде многокритериальных динамических задач, динамику объекта в которых описывают системы дифференциальных уравнений с гистерезисом, а целевые функционалы содержат операторы гистерезисного типа. Естественные приложения подобных задач легко найти в экономике – конкуренция производителей, при условии гистерезисного поведения потребителей; конкуренция сырьевых экономик в условиях

гистерезисной динамики цены (в зависимости от спроса) на сырье; конкуренция работодателей за наиболее квалифицированный персонал и др. Следует отметить, что теория многокритериальных динамических задач к настоящему времени охватывает лишь достаточно узкий класс объектов, динамика которых описывается системой линейных дифференциальных уравнений, а целевые показатели формализуются в виде квадратичных функционалов. Также представляется важным исследование динамики рекуррентных дискретных последовательностей, в которых новые значения формируются по гистерезисному закону. Такие конструкции моделируют, в том числе, процесс равновесного ценообразования.

Таким образом, тема диссертационной работы М. Ю. Мишина представляется актуальной, имеет большое значение для науки и практики.

### **Новизна проведенных исследований и полученных результатов**

Основные положения диссертации, отличающиеся научной новизной, заключаются в следующем:

1. предложена и исследована модель равновесной динамики ценообразования с учетом гистерезисных свойств;
2. разработан алгоритм построения оптимальных стратегий для набора моделей систем с гистерезисными звеньями, функционирующих в условиях конкуренции;
3. синтезирована методика анализа многокритериальных динамических задач, в том числе, с целевыми функционалами, содержащими операторные гистерезисные нелинейности.



## **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического моделирования, теории дифференциальных уравнений, численных методов. Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами компьютерных экспериментов.

## **Теоретическая и практическая значимость**

В работе одинаково значимыми являются как теоретическая, так и практическая части. К важным теоретическим результатам следует отнести решение задачи исследования динамики дискретных моделей, в которых связь между соседними элементами осуществляется в рамках гистерезисных законов. Также, отмечу разработанную методику решения многокритериальных динамических задач, в которых объект описывается уравнениями с гистерезисными нелинейностями, а целевые функционалы содержат операторные гистерезисные нелинейности.

Отмеченные выше результаты имеют очевидные приложения. Дискретная динамическая модель описывает процесс равновесного ценообразования, а уравнения многокритериальной динамической задачи являются моделью конкуренции производителей в условиях гистерезисной функции спроса. Учет гистерезисных свойств экономических процессов совершенно необходим при формализации их в виде математических моделей, так как позволит повысить адекватность соответствующих моделей, что, в свою очередь, может служить основой для повышения качества прогнозирования.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Во второй главе приводятся традиционные модели ценообразования: паутинообразная модель для систем с дискретным временем и динамическая модель вида  $\dot{p} = \gamma[S(p) - D(p)]$  для систем с непрерывным временем. Однако в автореферате отсутствуют формулировки и описания данных моделей, хотя в дальнейшем автор ссылается на них.

2. В третьей главе автор пишет, что результаты исследования динамической системы (система (19) автореферата) при  $\alpha = 1$  частично обобщаются на системы  $x_{n+1} = F(x_n)$  с отрицательной производной Шварца, но не показывает, как именно были получены эти результаты и при каких значениях исходных параметров;

3. В диссертации не представлена количественная оценка эффективности модели конкуренции в условиях гистерезисной функции спроса.

4. В работе практически отсутствует сравнение предложенных методов анализа динамических многокритериальных задач с существующими. Также следовало бы более подробно описать исходные положения механизма конкуренции.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с исследованием механических систем и нейронных сетей с гистерезисными свойствами.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на 6 научно-технических конференциях, в том числе с международным участием, и опубликованы



в 11 научных трудах (в том числе и из перечня ВАК). Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ (в редакции, утвержденной правительством РФ от 24 сентября 2013 г. № 842) "О порядке присуждения ученых степеней", а ее автор, Мишин Максим Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,  
профессор кафедры технической кибернетики  
ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический  
университет имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)»,  
д.ф.-м.н., профессор

В. А. Соболев

Подпись	<i>Соболева В.А.</i>	удостоверяю.
Начальник отдела обеспечения деятельности советов СГАУ		
<i>20</i>	<i>01</i>	Савлова Н.Н.



Тел.: (846) 332-57-86

e-mail: hsablem@gmail.com

443086 Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34