

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕТА**

**на диссертационную работу Мишина Максима Юрьевича  
«Математическое моделирование многоцелевых систем с гистерезисными характеристиками», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18–математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

### **Актуальность**

Задачи, связанные с моделированием различных динамических процессов в системах, отдельные звенья которых являются носителями гистерезисных явлений, появляются в самых разных предметных областях. К настоящему времени аппарат анализа систем с гистерезисом достаточно хорошо развит – упомяну в этой связи операторную трактовку, разработанную М.А. Красносельским и феноменологическую модель Боука-Вена. В тоже время, ряд важных задач остается нерешенным, к их числу относятся задачи, связанные с моделированием оптимальных (в том или ином смысле) переходных процессов в динамических системах с гистерезисом. Такие задачи естественным образом возникают при проектировании различных электромеханических устройств, где гистерезисные свойства могут проявляться в связи с износом механических составляющих (люфты, упоры), или же являться неотъемлемой конструктивной частью (ферромагнитные сердечники, различные сегнетоэлектрики). Близкие, на модельном уровне, задачи возникают и в экономике – известно, что гистерезисное поведение свойственно экономическим системам как на уровне отдельных потребителей, так и на макроэкономическом уровне. В качестве примера приведу отношение потребителя к товарам повседневного спроса в зависимости от отношения его цены к заработной плате или же зависимость индекса роста цен от величины денежной массы, находящейся в обращении. Разработка новых эффективных методов анализа и моделирования динамики таких систем, с точки зрения достижения оптимальных показателей, а также численных методов, ориентированных на решение соответствующих задач, является важной и актуальной задачей.

### **Научная новизна**

В работе получен ряд новых результатов, из которых отмечу следующие: – для класса моделей систем с гистерезисными звеньями, функционирующих в условиях конкуренции разработан алгоритм построения оптимальных стратегий;

- методика анализа многокритериальных динамических задач, в том числе с целевыми функционалами содержащими операторные гистерезисные нелинейности;
- модель равновесной динамики ценообразования с учетом гистерезисных свойств .

### **Теоретическая и практическая значимость**

В целом работа носит теоретический характер, однако ряд ее положений, несомненно, обладает практической значимостью. К их числу можно отнести модель равновесной динамики ценообразования в условиях гистерезисного поведения экономических агентов. Также именно для прикладных задач важны условия, при выполнении которых в системах реализуются периодические режимы, обладающие свойством корректности по отношению к малым изменениям параметров этих систем. Действительно, во многих проектируемых технических системах их параметры могут претерпевать незначительные изменения в процессе функционирования под влиянием различных трудноидентифицируемых факторов. Поэтому априорная информация о том, что в этих условиях желательный режим функционирования изменится «незначительно» весьма важна для разработчиков соответствующих систем. Наконец экспериментальные результаты стабилизации обратного маятника посредством гистерезисного управления нижней точкой крепления вполне могут найти применение в близких задачах механики и электромеханики.

### **Общая характеристика**

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. По теме диссертации своевременно опубликовано 11 печатных работ, три из которых из списка, рекомендованного ВАК, комплекс программ, предназначенный для расчета оптимальных переходных процессов в задаче о производстве, сбыте и хранении продукции в условиях гистерезисной функции спроса зарегистрирован в реестре программ. Автореферат, в целом, правильно и полно отражает содержание диссертации.

В первой главе приводятся в основном известные факты - описание гистерезисных преобразователей, трактуемых как операторы, определенные на пространстве непрерывных функций, и зависящие от начального состояния как от параметра.

Вторая глава посвящена исследованию и оптимизации класса моделей систем с гистерезисными нелинейностями. Предлагается новая модификация модели ценообразования, основанная на гистерезисном  $S$  – преобразователе. Приводится решение задачи об оптимальной производственно-ценовой стратегии в условиях гистерезисной гистерезисного ценообразования на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина. Полученные результаты иллюстрируются численными примерами.

В третьей главе изучается класс дискретных динамических моделей, включающих гистерезисные преобразователи и охватывающий, в том числе, и модели ценообразования Вальрасовского типа. Устанавливаются свойства рассматриваемых моделей, находятся бифуркационные значения параметров, приводится экономическая трактовка хаотической динамики изучаемых моделей.

В четвертой главе рассматриваются модели конкурентной динамики систем с гистерезисными свойствами. Эти свойства описываются с помощью преобразователя ПреЙзаха, а механизм конкуренции формализован в виде дифференциального уравнения с ограничениями, накладываемых на элементы из пространства состояний этого преобразователя. Оптимальная стратегия в условиях конкуренции определяется на основе принципа максимума Л. С. Понтрягина численными методами.

В приложениях приведены листинги программ приближенного построения оптимальных переходных процессов в задаче об оптимизации производственно-ценовой стратегии в условиях гистерезисной ценообразования.

В целом, работа выполнена на высоком научном уровне, с преобладанием математических методов исследования, использованием современной техники математического моделирования, численных методов, нелинейного анализа, качественной теории дифференциальных уравнений. Основные положения работы аккуратно и полностью доказаны.

### **Замечания**

В заключении отмечу недостатки:

1. Результаты второй главы имеют весьма ограниченную область применения, ее можно было бы существенно расширить, если учесть такие естественные для экономики факторы как наличие у предлагаемых товаров заменителей.

2. В доказательстве леммы 3.1 содержатся слова «несложно показать...». Следовало бы приводить доказательства таким образом, чтобы у рецензента не возникало необходимости в дополнительных построениях, убеждающих в справедливости положений работы.
3. В третьей главе изучается дискретная динамическая система, поведение которой существенно зависит от параметра  $A(t)$ , где  $t$  – так называемое медленное время, однако в автореферате об этом (медленном времени) не говорится, что затрудняет понимание содержания работы.
4. Оформление диссертации оставляет желать лучшего: имеется большое количество опечаток и не выверенных ссылок на литературные источники.

Перечисленные недостатки носят скорее редакционный характер и не влияют на общую положительную оценку работы, являющуюся законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, в котором получены новые научные результаты важные с теоретической и прикладной точек зрения.

На основании изложенного, считаю, что работа М.Ю. Мишина «Математическое моделирование многоцелевых систем с гистерезисными характеристиками», удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации (Положения диссертациях), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

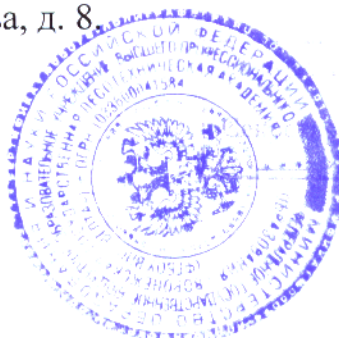
Официальный оппонент: профессор  
кафедры вычислительной техники и  
информационных систем ФГБОУ ВПО  
«Воронежская государственная  
лесотехническая академия», д.т.н, проф.

Ю.С. Сербулов

394087, г.Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

тел.: +7 (4732)53-67-08

e-mail: userbulov@vglta.vrn.ru.



Ю.С. Сербулов  
19.01  
15