

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Скопинова Сергея Николаевича «Метод функции Ляпунова для анализа устойчивости на конечном промежутке времени процессов нагрева с учетом их многозначности», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

В диссертации изучается вопрос устойчивости на конечном промежутке времени для задачи микроволнового нагрева и для вариационных неравенств. Задача нагрева описывается с помощью системы Максвелла и уравнения теплопроводности, где нелинейность определяется законом Джоуля–Ленца. Микроволновый нагрев широко используется для приготовления пищи, в промышленности и медицине. Свойство устойчивости на конечном промежутке времени задачи микроволнового нагрева играет важную роль при наблюдении за процессом этого нагрева и управлении им.

Первоначально вопрос устойчивости на конечном промежутке был рассмотрен для задач механики. В настоящее время проводится интенсивное изучение задач устойчивости для более сложных систем эволюционного типа, например, для задач из теории упругости и гидродинамики. Предложенные в диссертации подходы после определенной модификации могут быть применимы для таких классов эволюционных систем.

Кроме задач нагрева, в настоящее время важную роль играет вопрос практической устойчивости задач хаотических аттракторов. Для этого вводятся такие объекты, как показатель Ляпунова и энтропия на конечном промежутке времени. С помощью методов теории устойчивости на конечном промежутке можно описать, в частности, область достижимости разных задач управления. Помимо решения такой проблемы для задачи нагрева, данный подход широко используется для исследования задачи управления пучком электронов. Для описания систем управления в последнее время широко используется теория процессов, которая является обобщением теории динамических систем. Введенные в работе элементы теории процессов могут также использоваться для исследования различных систем управления, описывающих прикладные задачи.

Для задачи нагрева и других прикладных задач часто невозможно показать единственность решения. В диссертации эта проблема решается путем рассмотрения многозначных динамических систем или процессов. Используя этот метод, можно перенести другие классические результаты устойчивости на конечном промежутке на системы, которые описываются с помощью многозначных процессов.

В настоящее время в медицине широко используется метод нагрева для лечения различных заболеваний, в том числе раковой опухоли. В связи с этим возникает ряд математических задач по управлению этим процессом на конечном промежутке

времени, которые обеспечат достижение точного температурного профиля в процедурах лечения.

Все выше сказанное свидетельствует об актуальности темы диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, разбитых на разделы, заключения и списка литературы из 53 наименований. Ее общий объем 88 страниц.

Диссертация содержит ряд существенно новых результатов. Так во второй главе после доказательства (теорема 2.1) достаточного условия устойчивости процесса устанавливаются (теоремы 2.4 - 2.6) достаточные условия устойчивости на конечном промежутке времени в одномерной задаче нагрева. В разделе 2.4 рассмотрен (теорема 2.7) вопрос устойчивости процесса на конечном промежутке времени для трёхмерной задачи нагрева. В разделе 2.5 представлены результаты численного эксперимента для одномерной задачи нагрева, иллюстрирующие свойство устойчивости на конечном промежутке времени. В третьей главе для локального многозначного процесса доказываются достаточное условие устойчивости (теорема 3.1) на конечном промежутке времени, а также (теорема 3.2) – достаточное условие неустойчивости. В четвёртой главе сформулировано (теорема 4.1) и доказано достаточное условие устойчивости эволюционного вариационного неравенства. В разделах 4.4 – 4.5 исследуются (теоремы 4.3 – 4.5) эволюционно вариационные неравенства с нелинейностями типа гистерезиса.

По рассматриваемой диссертации следует высказать ряд критических замечаний.

Хотя в целом изложение материала в работе достаточно ясное и подробное, а оформление аккуратное, в ней встречаются досадные опечатки и технические дефекты. Например, встречаются неточности при указании цитированной литературы, описки и опечатки: на стр. 5 в 7 строке сверху написано [6], а должно быть [49]; на стр. 8 в 9 строке снизу указано, что в списке литературы 40 наименований, а на самом деле их 53; на стр. 83 в 4 строке сверху в названии статьи Лихтарникова А. Л. и Якубовича В. А. вставлено слово «абсолютная», хотя в оригинале в названии статьи этого слова нет.

Есть ряд неудачных формулировок теорем: на стр. 25-26 формулировка теоремы 2.4 занимает практически целую страницу; то же замечание и про теорему 2.6 на стр. 32-33; на стр. 33 трактовку функции $\Phi(y)$ в теореме 2.6 следовало бы не включать в формулировку, а дать отдельно.

Сделанные замечания, однако, не касаются основного математического содержания диссертации, не умаляют значения выполненной работы в целом и полученных в ней результатов, а относятся, по существу, к редакционному оформлению работы.

Подводя итог, необходимо констатировать, что рассматриваемая диссертационная работа С.Н. Скопинова представляет собой цельную законченную научно-исследовательскую работу, в которой:

- получены достаточные условия устойчивости на конечном промежутке времени в одномерной задаче нагрева с помощью оценки решений в разных нормах функциональных пространств и с помощью функционалов Ляпунова;
- проведены численные эксперименты для одномерной задачи нагрева, иллюстрирующие свойство устойчивости на конечном промежутке времени;
- доказаны достаточные условия устойчивости на конечном промежутке времени для трёхмерной задачи нагрева;

- приведены достаточные условия устойчивости на конечном промежутке времени для вариационных неравенств, описывающих эволюционные системы с нелинейностями типа гистерезиса.

Полученные результаты представляют не только теоретический интерес, в частности при изучении индукционного нагрева, но и могут быть использованы при практическом применении процесса микроволнового нагрева тканей биоматериала.

Все основные результаты диссертации изложены подробно и снабжены необходимыми доказательствами, что не вызывает сомнения в их справедливости.

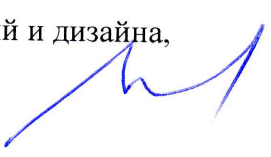
Говоря о диссертации в целом, следует отметить ее хороший технический уровень, проявившийся при доказательстве результатов работы.

Все основные результаты опубликованы в пяти печатных работах, в том числе в трёх статьях. Эти статьи опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК на момент публикации.

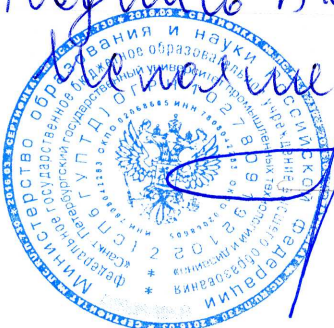
Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Существенность и актуальность результатов диссертации, их несомненная научная ценность дают основание сделать заключение, что рассматриваемая работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, установленным Положением «О порядке присуждения ученых степеней» (п. 9) и предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление, а ее автор Скопинов Сергей Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата наук.

Официальный оппонент
заведующий кафедрой высшей математики
Высшей школы технологии и энергетики
Санкт-Петербургского государственного
университета промышленных технологий и дизайна,
канд. физ.-мат. наук, доцент


Иванов Борис Филиппович

198261 Санкт-Петербург, пр. Ветеранов, д. 105 кв. 127.
Моб. т. +7-911-231-41-76. e-mail: ivanov-bf@yandex.ru

Подпись Б.Ф. Иванова заверено
Исполнительный директор

А.И. Николаевич
29.05.2018