

«УТВЕРЖДАЮ»:

Декан факультета ВМК
МГУ имени М.В. Ломоносова,
академик РАН,
профессор И.А. СОКОЛОВ

« _____ » _____ 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**кафедры нелинейных динамических систем и процессов управления
факультета вычислительной математики и кибернетики
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»**

Диссертация А.О. Высоцкого «Нелинейные методы наблюдения для динамических систем с неопределенностью» выполнена на кафедре нелинейных динамических систем и процессов управления факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова.

В заключении по кандидатской диссертации:

В период подготовки диссертации А.О. Высоцкий обучался в очной аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики по кафедре нелинейных динамических систем и процессов управления по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика с 01.10.2020 г. по 01.10.2024 г., во время обучения в аспирантуре не работал.

Документ (справка), подтверждающий сдачу кандидатских экзаменов, выдан в 2024 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Фомичев Василий Владимирович, заведующий кафедрой нелинейных динамических систем и процессов управления факультета Вычислительной

математики и кибернетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

1. В диссертационной работе ставится задача построения асимптотически точных оценок вектора состояния линейных стационарных скалярных динамических систем в условиях неопределенности. Ставится и успешно решается задача построения наблюдателя для динамических систем с неопределенностью. Производится анализ устойчивости системы в отклонениях для предложенного наблюдателя, построены оценки величины ошибок оценивания. При весьма общих ограничениях на матрицы системы доказаны теоремы об условиях асимптотической устойчивости систем для погрешности оценивания.

2. Все результаты диссертации получены А.О. Высоцким лично в ходе его обучения на кафедре общей математики факультета ВМК МГУ. Основные результаты были опубликованы им в следующих научных статьях в журналах, индексируемых Web of Science, Scopus, RSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ:

- Фомичев В. В., Высоцкий А. О. Каскадный метод построения наблюдателей для систем с неопределенностью // Дифференциальные уравнения. — 2018. — Т. 54, № 11. — С. 1533–1539. Перевод: Fomichev V. V., Vysotskii A. O. Cascade observer design method for systems with uncertainty // Differential Equations. — 2018. — Vol. 54, no. 11. — P.1509–1516. [Scopus, impact factor 0.6]
Работа опубликована в открытой печати.
- Фомичев В. В., Высоцкий А. О. Алгоритм построения каскадного асимптотического наблюдателя для системы с максимальным относительным порядком // Дифференциальные уравнения. — 2019. — Т. 55, № 4. — С. 567–573. Перевод:

Fomichev V. V., Vysotskii A. O. Algorithm for designing a cascade asymptotic observer for a system of maximal relative order // *Differential Equations*. — 2019. — Vol. 55, no. 4. — P. 553–560. [Scopus, impact factor 0.6]

Работа опубликована в открытой печати.

- Высоцкий А.О. Наблюдатели для динамических систем с неопределенностью при условии неидеальности реле // *Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика*. — 2022. — № 1. — С. 3–8. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, импакт-фактор РИНЦ 2022: 0,245).
Работа опубликована в открытой печати.
- Фомичев В. В., Высоцкой А. О. Точная оценка ошибки наблюдения для алгоритма «супер-скручивания» при наличии погрешности измерений // *Дифференциальные уравнения*. — 2022. — Т. 58, №12. — С. 1716–1718.
Перевод:
Fomichev V. V., Vysotskii A.O. Sharp Observation Error Estimate for the “Super-Twisting” Algorithm in the Presence of Measurement Error // *Differential Equations*. – 2022. – Vol. 58, No. 12. – P. 1704-1707.
[Scopus, impact factor 0.6]
Работа опубликована в открытой печати.
- Фомичев В. В., Высоцкий А. О. Критерий устойчивости и точные оценки для алгоритма «супер-скручивания» // *Дифференциальные уравнения*. — 2023. — Т. 59, № 2. — С. 252–256. Перевод:
Fomichev V. V., Vysotskii A. O. Stability criterion and sharp estimates for the “super-twisting” algorithm // *Differential Equations*. — 2023. — Vol. 59, no. 2. — P. 260–264. [Scopus, impact factor 0.6]
Работа опубликована в открытой печати.
- Фомичев В. В., Высоцкий А. О. О вариации параметра нелинейности в алгоритме “super-twisting” // *Дифференциальные уравнения*. — 2023. — Т. 59, № 11. — С. 1571–1574. Перевод:

Fomichev V. V., Vysotskii A. O. On the variation of the nonlinearity parameter in the “super-twisting” algorithm // *Differential Equations*. — 2023. — Vol. 59, no. 11. — P. 1579–1582. [Scopus, impact factor 0.6]

Работа опубликована в открытой печати.

3. Все результаты диссертации строго математически доказаны и получены с использованием апробированных математических методов теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью и аналитической теории дифференциальных уравнений. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и следующих семинарах:

- научной конференции «Всероссийское совещание по проблемам управления» (Москва, институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 17–20 июня 2019 г.).
- научной конференции «Ломоносовские чтения 2020» (Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 20 октября – 02 ноября 2020 г.);
- научной конференции «Ломоносовские чтения 2021» (Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 20–29 апреля 2021 г.);
- научной конференции «Ломоносовские чтения 2022» (Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 14–22 апреля 2021 г.);
- научной конференции «Тихоновские Чтения 2022» (Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 24–29 октября 2022 г.);
- международной научной конференции “Modern aspects of applied mathematics” (Shenzhen, MSU-BIT University, 6–7 декабря 2022)
- научной конференции «Тихоновские Чтения 2023» (Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 30 октября – 03 ноября 2023 г.);
- научной конференции «Всероссийское совещание по проблемам управления» (Москва, институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 17-20 июня 2024 г.).

4. Все представленные А.О. Высоцким в диссертации результаты являются новыми. Эти результаты углубляют и расширяют возможности использования алгоритмов скольжения второго порядка в задачах наблюдения для динамических систем произвольного относительного порядка. Для широко используемых в задачах автоматического управления систем переменной структуры получены новые оценки величины отклонения траекторий от начала координат и условия устойчивости.

5. Результаты диссертации имеют теоретическое и практическое значение. Они могут быть использованы при решении задач управления для физических объектов управления, находящихся под воздействием внешних возмущений. Они вносят существенный вклад в математическую теорию управления динамическими объектами в условиях неопределенности.

6. Текст диссертации соответствует установленным правилам научного цитирования, библиографические ссылки оформлены корректно. Результаты других авторов, упомянутые в тексте диссертации, снабжены соответствующими ссылками.

7. Диссертационное исследование по своему содержанию соответствует заявленной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика.

8. Основные идеи и положения работы изложены в 6 научных работах автора в рецензируемых научных изданиях, индексируемых Web of Science, Scopus, RSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук.

В своих научных трудах соискатель рассмотрел задачу построения асимптотического наблюдателя для линейной динамической системы с аддитивным возмущением. Соискателем предложены методы построения наблюдателей для таких систем, основанные на использовании нелинейных разрывных обратных связей. Соискателем строго доказаны теоремы об условиях асимптотической точности получаемых оценок.

Считаем, что диссертация «Нелинейные методы наблюдения для динамических систем с неопределенностью» Высоцкого Алексея Олеговича соответствует требованиям, установленным Федеральным законом от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» и Положением о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова к диссертационным исследованиям, на основании вышеуказанных пунктов.

Экспертное заключение о возможности открытого опубликования рукописи диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и автореферата диссертации прилагается.

Представленная диссертация рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика (по физико-математическим наукам) в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова.

Заключение принято на заседании кафедры общей математики факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова. Присутствовало на заседании 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 1 от «15» апреля 2024 г.

Учёный секретарь кафедры НДСиПУ
факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова
д.ф.-м.н. профессор

А.С. Фурсов