

Заключение диссертационного совета МГУ.013.7
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 12 октября 2023 г., № 6

О присуждении Павловой Евгении Александровне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Анализ, синтез и математическое моделирование робастных систем управления положением, током и формой плазмы в токамаках» по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики принята к защите диссертационным советом 15 июня 2023 г., протокол № 6П. 14 сентября 2023 г. защита диссертации была перенесена решением диссертационного совета, протокол 6П/2.

Соискатель Павлова Евгения Александровна, 1991 года рождения, в 2014 году окончила физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, в 2018 году окончил аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Соискатель работает научным сотрудником в Институте проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, Лаборатория № 41 «Идентификации систем управления».

Диссертация выполнена в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова на кафедре физико-математических методов управления физического факультета.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Митришкин Юрий Владимирович, профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, кафедра физико-математических методов управления физического факультета.

Официальные оппоненты:

Пустовитов Владимир Дмитриевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, отдел теории плазмы, НИЦ «Курчатовский институт»,

Боголюбов Александр Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор, кафедра математики, физический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова,

Голубев Алексей Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник, лаборатория механики систем, ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 15 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.

1. Mitrishkin Y. V., Pavlova E. A., Kuznetsov E. A., Gaydamaka K. I. Continuous, saturation, and discontinuous tokamak plasma vertical position control systems // *Fusion Engineering and Design*. 2016. V. 108. P. 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2016.04.026> (IF: WoS – 1,905; 1,8 п.л. / 75 %)
2. Докука В.Н., Коренев П.С., Митришкин Ю.В., Павлова Е.А., Патров М.И., Хайрутдинов Р.Р. Исследование полоидальной системы токамака Глобус-М и управление положением плазмы // *Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез*. 2016. Т. 39. № 3. С. 80–90. <https://doi.org/10.21517/0202-3822-2016-39-3-80-90> (IF: RSCI – 0,62; 1,1 п.л. / 35 %) [Dokuka V.N., Korenev P.S., Mitrishkin Y.V., Pavlova E.A., Patrov M.I., Khayrutdinov R.R. Study of Globus-M tokamak poloidal system and plasma position control // *Physics of Atomic Nuclei*. 2017. V. 80. № 7. P. 1298–1306. <https://doi.org/10.1134/S1063778817070055> (IF: WoS – 0,42)]
3. Митришкин Ю. В., Карцев Н. М., Павлова Е. А., Прохоров А. А., Коренев П. С., Патров М. И. Управление плазмой в токамаках. Системы магнитного управления плазмой // *Проблемы управления*. 2018. Ч. 2, № 2. С. 2–30. (IF: RSCI – 0,836; 2,7 п.л. / 10 %) [Mitrishkin Y.V., Kartsev N.M., Pavlova E.A., Prohorov A.A., Korenev P.S., Patrov M.I. Plasma Control in Tokamaks. Part. 2. Magnetic Plasma Control Systems // *Advances in Systems Science and Applications*. 2018. Т. 18. № 3. С. 39–78. <https://doi.org/10.25728/assa.2018.18.3.645> (IF: Scopus – 0,863)]
4. Mitrishkin Y.V., Pavlova E.A., Patrov M.I. Design and comparison of plasma H_∞ loop shaping and RGA- H_∞ double decoupling multivariable cascade magnetic control systems for a spherical tokamak // *Advances in Systems Science and Applications*. 2021. V. 21 N. 1. P. 22–45. <https://doi.org/10.25728/assa.2021.21.1.942> (IF: Scopus – 0,863; 2,4 п.л. / 90 %)
5. Mitrishkin Y.V., Pavlova E.A., and Khlebnikov, M.V. Optimization of robust LMI-control systems for unstable vertical plasma position in D-shaped tokamak // *Mathematics*. 2022. V. 10. N. 23. P. 4531. <https://doi.org/10.3390/math10234531> (IF: WoS – 2,592; 3,5 п.л. / 75 %)

На диссертацию и автореферат поступило 4 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области физики высокотемпературной плазмы и теории систем управления и имеют публикации по указанной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи анализа, синтеза и математического моделирования многосвязных и многоконтурных робастных систем управления положением, током и формой плазмы, имеющей значение для развития

соответствующих отраслей знания – физики высокотемпературной плазмы и теории систем управления.

Полученные в диссертации результаты могут применяться для синтеза робастных систем управления плазмой и оценке качества (быстродействие и точность) и робастных свойств разработанных систем. При этом дают возможность выбрать наиболее эффективные системы управления, применение которых в реальном физическом эксперименте позволит подавить возмущение плазменного разряда типа малый срыв и избежать повреждения дорогостоящего оборудования. Также подобные исследования позволяют еще на этапе конструирования токамаков проектировать системы управления с учетом конструктивных особенностей токамаков, проводить расчеты требуемой мощности управления, исследовать различные виды исполнительных устройств и т.д. Это дает возможность делать обоснованный выбор источников питания в качестве исполнительных устройств, алгоритмов управления и т.д., что должно обеспечить надежную эксплуатацию физических установок типа токамак и позволяет сократить будущие расходы.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Робастный метод управления по состоянию с желаемым размещением полюсов замкнутой системы позволяет настраивать только один параметр для неустойчивого вертикального положения плазмы в токамаке Т-15МД для многофазного тиристорного выпрямителя в качестве исполнительного устройства.

2. Робастный регулятор, синтезированный методом линейных матричных неравенств на модели вертикального движения плазмы в токамаке Т-15МД и промоделированный на цифровом стенде реального времени SPEEDGOAT, обеспечивает стабилизацию положения при 20 % разбросе параметров модели плазмы, при действии аддитивного возмущения 1,5 кА типа «малый срыв».

3. Двухконтурная робастная система управления, промоделированная в дискретном времени на плазмозфическом коде DINA (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», г. Троицк), реализует одновременную стабилизацию вертикального и горизонтального положения плазмы в токамаке Глобус-М/М2.

4. Многосвязная робастная каскадная система с двойной развязкой каналов (RGA-анализ + H_∞ -оптимизация) и H_∞ -регулятором, синтезированная на основе структурного анализа объекта управления и исследования входу-выходной управляемости моделей плазмы токамака Глобус-М/М2, позволяет управлять формой плазмы.

На заседании 12 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Павловой Е.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – 2.

Председатель
диссертационного совета,
профессор

Федянин А.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доцент

Карташов И.Н.