

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 520.009.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ
ИНСТИТУТ» (ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ – ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ) ПО ДИССЕРТАЦИИ ШЕСТАКОВА ЕВГЕНИЯ АНДРЕЕВИЧА
**«УПРАВЛЕНИЕ ПУЧКАМИ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И МГД
ВОЗМУЩЕНИЯМИ С ПОМОЩЬЮ СВЧ НАГРЕВА И РЕЗОНАНСНЫХ
МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ПЛАЗМЕ ТОКАМАКА Т-10»**,
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.10.2019 г., № 7

О присуждении ШЕСТАКОВУ Евгению Андреевичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Управление пучками ускоренных электронов и МГД возмущениями с помощью СВЧ нагрева и резонансных магнитных полей в плазме токамака Т-10» по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы» принята к защите 22.05.2019 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д 520.009.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (Правительство РФ) (далее - «НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. академика Курчатова, д. 1 (утвержден Приказом Минобрнауки России № 1925-1017 от 08.09.2009 г. и переутвержден приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.).

Соискатель Шестаков Евгений Андреевич 1986 года рождения.

Диссертационная работа Шестакова Е.А. выполнена в Лаборатории физики горячей плазмы Курчатовского комплекса термоядерной энергетики и плазменных технологий (ККТЭиПТ) НИЦ «Курчатовский институт».

В период подготовки диссертационной работы и по настоящее время соискатель Шестаков Е.А. работает в должности научного сотрудника в лаборатории физики горячей плазмы ККТЭиПТ НИЦ «Курчатовский институт».

В 2009 г. Шестаков Е.А. окончил Институт тепловой и атомной энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (НИУ «МЭИ») по

направлению «Техническая физика» по специализации «Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез» с присвоением степени «магистр техники и технологии». В 2009 и 2010 гг. в качестве соискателя сдал в аспирантуре НИУ «МЭИ» кандидатские экзамены по английскому языку (с оценкой «отлично»), истории и философии науки (с оценкой «отлично»). В 2017 г. был зачислен в качестве экстерна для прохождения промежуточной аттестации в аспирантуру НИЦ «Курчатовский институт» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», по специальности 01.04.08 «Физика плазмы». Приказ о прикреплении от 15.05.2017 г. № 698. В период прикрепления соискатель сдал в качестве экстерна кандидатский экзамен по специальности «Физика плазмы» (01.04.08) с оценкой «хорошо».

Научный руководитель – Саврухин Петр Всеволодович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физики горячей плазмы Курчатовского комплекса термоядерной энергетики и плазменных технологий НИЦ «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

- Лебедев Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, первый заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе» Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе), г. Санкт-Петербург;

- Борзосеков Валентин Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей физики им. А.М. Прохорова» Российской академии наук (ИОФ РАН), г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»), г. Москва, в своём положительном заключении, подписанном кандидатом физико-математических наук, начальником лаборатории Отдела экспериментальной физики токамаков АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» Лазаревым В.Б.; учёным секретарём АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», кандидатом физико-математических наук Ежовым А.А.; утверждённом генеральным директором АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», доктором технических наук Марковым Д.В., указала, что представленная

диссертационная работа обладает актуальностью, связанной с необходимостью разработки методов предотвращения развития пучков ускоренных электронов в плазме токамака. При развитии неустойчивости срыва плазмы в токамаке образуются пучки ускоренных частиц в момент развала плазменного шнура при развитии магнитогидродинамических (МГД) возмущений. При этом происходит перехват тока плазмы током ускоренных электронов, который может составлять до 70 % тока плазмы (в крупных токамаках до нескольких мегампер). Локальное выделение такой мощности в любом месте камеры может привести к серьезным повреждениям внутрикамерных элементов. Формирование пучков ускоренных электронов ($E \sim 0.5 - 50$ МэВ) при развитии срыва плазмы и их возможное взаимодействие с поверхностью защитных элементов является одной из основных проблем успешной реализации проекта ИТЭР. Отмечена новизна научных результатов.

В заключении ведущей организации в качестве наиболее важных полученных в работе результатов отмечены: впервые получены результаты измерений пространственной и энергетической эволюции характеристик ускоренных электронов в условиях с цельнометаллическими и литийсодержащими покрытиями первой стенки в токамаке Т-10; впервые продемонстрирована возможность подавления пучков ускоренных электронов с помощью управляемого воздействия крупномасштабных квазистационарных МГД возмущений, формируемых при СВЧ нагреве плазмы; впервые продемонстрировано восстановление устойчивого разряда после развития теплового срыва при высокой плотности с применением программы снижения тока плазмы без образования пучков ускоренных электронов; впервые в экспериментах на токамаке Т-10 исследованы пороги развития квазистационарных МГД возмущений при воздействии на плазму внешних резонансных магнитных полей в условиях с экранирующими проводящими экранами.

Ведущая организация отметила и другие положительные черты диссертации. Практическая значимость работы состоит в том, что была разработана диагностическая система токамака Т-10 для измерения пространственных и энергетических характеристик надтеплового и жесткого рентгеновского излучения ($E_{\gamma} = 25 \text{кэВ} - 10 \text{МэВ}$), которая может быть положена в основу измерительной системы надтеплового и жесткого рентгеновского излучения для нового токамака Т-15МД в НИЦ «Курчатовский институт» и на других установках токамака. Разработанная система генерации квазистационарных (длительностью до 2сек) и импульсных (частота до 10 Гц) магнитных возмущений с винтовыми гармониками может быть использована для установки Т-15МД в НИЦ «Курчатовский институт». Разработанные методики подавления пучков ускоренных

электронов и управления МГД возмущениями с помощью СВЧ нагрева и внешних магнитных полей могут быть использованы в токамаке Т-15МД в НИЦ «Курчатовский институт» и других установках токамак.

Ведущая организация пришла к выводу, что диссертация Шестакова Е.А. «Управление пучками ускоренных электронов и МГД возмущениями с помощью СВЧ нагрева и резонансных магнитных полей в плазме токамака Т-10» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне и удовлетворяющей требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы».

По теме диссертации было опубликовано 14 научных статей в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах и входящих в перечень ВАК (из них 13 входят в международную реферативную базу данных Scopus):

1. V.A. Vershkov. Recent results of the T-10 tokamak / V.A. Vershkov, V.F. Andreev, A.A. Borschegovskiy, V.V. Chistyakov, M.M. Dremin, L.G. Eliseev, E.P. Gorbunov, S.A. Grashin, A.V. Khmara, A.Ya. Kislov, D.A. Kislov, A.D. Komarov, A.S. Kozachek, V.A. Krupin, L.I. Krupnik, S.V. Krylov, S.E. Lysenko, S.G. Maltsev, V.A. Mavrin, A.V. Melnikov, G.E. Notkin, A.Yu. Novikov, Yu.D. Pavlov, S.V. Perfilov, V.V. Piterskij, G.N. Ploskirev, V.I. Poznyak, K.A. Razumova, I.N. Roy, D.V. Ryzhakov, P.V. Savrukhin, **E.A. Shestakov**, D.A. Shelukhin, Yu.A. Skosyrev, R.V. Shurygin, G.N. Tilinin, E.V. Trukhina and V.M. Trukhin // 2011 Nucl. Fusion 51 094019 <https://doi.org/10.1088/0029-5515/51/9/094019>
2. P.V. Savrukhin. Movable magnetic probe system in the T-10 tokamak / P.V. Savrukhin, **E.A. Shestakov** // Review of Scientific Instruments 83, 013505 (2012); <https://doi.org/10.1063/1.3675577>
3. В.М. Трухин. Цифровая обработка сигналов полупроводникового рентгеновского детектора / В.М. Трухин, Д.В. Рыжаков, **Е.А. Шестаков** // Вопросы атомной науки и техники, том 36, выпуск 1, 2013, с. 78
4. P.V. Savrukhin. Tomographic analysis of the nonthermal x-ray bursts during disruption instability in the T-10 tokamak / P.V. Savrukhin, A.I. Ermolaeva, **E.A. Shestakov**, and A.V. Khramenkov // Review of Scientific Instruments 85, 103508 (2014)

5. A.V. Melnikov. Physical program and diagnostics of the T-15 upgrade tokamak (brief overview) / A.V. Melnikov, A.V. Sushkov, A.M. Belov, Yu.N. Dnestrovskij, L.G. Eliseev, A.V. Gorshkov, D.P. Ivanov N.A. Kirneva, K.V. Korobov, V.A. Krupin, S.E. Lysenko, V.S. Mukhovatov, N.A. Mustafin, S.V. Perfilov, K.A. Razumova, I.N. Roy, P.V. Savrukhin, V.S. Strelkov, **E.A. Shestakov**, G.N. Tilinin, V.L. Vdovin // Fusion Engineering and Design Volumes 96–97, October 2015, Page 306
6. P.V. Savrukhin. A study on the effects of magnetohydrodynamic perturbations on nonthermal beam formation during the current decay phase of disruptions in the T-10 tokamak / P.V. Savrukhin and **E.A. Shestakov** // Nucl. Fusion 55 (2015) 043016
7. Yu.V. Martynenko. Tungsten erosion in tokamak at current disruption / Yu.V. Martynenko, V.P. Budaev, S.A. Grashin, **E.A. Shestakov** // Bull. Lebedev Phys. Inst. (2017) 44: 182. <https://doi.org/10.3103/S1068335617060070>
8. V.P. Budaev. Tungsten melting and erosion under plasma heat load in tokamak discharges with disruptions / V.P. Budaev , Y. Martynenko , S.A. Grashin , R.N. Giniyatulin , I.I. Arkhipov , A.V. Karpov, P.V. Savrukhin , **E.A. Shestakov**, R.Y. Solomatin , L.B. Begrambekov , N.E. Belova , S.D. Fedorovich , L.N. Khimchenko , V.M. Safronov // Nuclear Materials and Energy, Volume 12, August 2017, Page 418 <https://doi.org/10.1016/j.nme.2016.11.029>
9. P.V. Savrukhin. Restoration of the plasma discharge during density limit disruptions in the T-10 tokamak using electron cyclotron heating and ohmic power supply system / P.V. Savrukhin, **E.A. Shestakov** // PHYSICS OF PLASMAS 23, 112509 (2016)
10. **E.A. Shestakov**. Effect of ECRH and resonant magnetic fields on formation of magnetic islands in the T-10 tokamak plasma / **E.A. Shestakov** and P.V. Savrukhin / J. Phys.: Conf. Ser. 907 012007, 2017
11. П.В. Саврухин. Стабилизация срыва плазмы в токамаке Т-10 с использованием СВЧ-нагрева и системы индукционного поддержания тока / П.В. Саврухин, **Е.А. Шестаков**, А.А. Борщеговский, А.И. Ермолаева, А.М. Какурин, С.Г. Мальцев, Ю.Д. Павлов, Д.В. Рыжаков, Д.В. Сарычев, Д.С. Сергеев, А.В. Сушков, А.В. Храменков // "Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез" 2017 г. Том 40, Выпуск 4, с. 50.
12. P.V. Savrukhin. Plasma arcs formation in the plasma periphery during disruptions in the T-10 tokamak plasma / P.V. Savrukhin, **E.A. Shestakov**, A.I. Ermolaeva and R.Yu.

Solomatin // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 907 (2017) 012006 doi :10.1088/1742-6596/907/1/012006

13.E.A. Shestakov. Generation of runaway electrons during the initial stage of the T-10 tokamak plasma discharge / **E.A. Shestakov**, P.V. Savrukhin, M.I. Ershova and A.V. Khramenkov // 2018 J. Phys.: Conf. Ser. 1094 012004 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1094/1/012004>

14.E.A. Shestakov. External resonance magnetic field control system based on the Siemens S7-400 controllers at the T-10 tokamak / **E.A. Shestakov**, P.V. Savrukhin and M.I. Ershova // 2018 J. Phys.: Conf. Ser. 1094 012005 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1094/1/012005>

По своему содержанию все публикации посвящены исследованию эволюции ускоренных электронов и МГД возмущений в плазме токамака Т-10, разработке диагностики надтеплового и жесткого рентгеновского излучения и системы генерации внешних резонансных магнитных полей для токамака Т-10.

В ходе выполнения диссертационной работы при разработке диагностик дополнительно были созданы следующие РИД и получены свидетельства на них:

1. Программа для ЭВМ «Программа сбора многоканального спектрометра мягкого рентгена «collect»» / В.М. Трухин, **Е.А. Шестаков**, Д.В. Рыжаков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013613260 от 28 марта 2013.

2. Программа для ЭВМ «Программа цифровой обработки сигналов многоканального спектрометра мягкого рентгена «СПЕКТР»» / В.М. Трухин, **Е.А. Шестаков**, Д.В. Рыжаков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014660742 от 15 октября 2014.

3. Программа для ЭВМ «DIGITLXRAY — Цифровая обработка данных многоканального спектрометра мягкого рентгена в условиях быстроизменяющихся процессов в плазме типа «пилообразных колебаний»» / В.М. Трухин, **Е.А. Шестаков**, Д.В. Рыжаков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016610104 от 11 января 2016.

На автореферат поступили 5 отзывов, все положительные.

1. Отзыв из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого». Отзыв составил кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика плазмы» Капралов В.Г. Отзыв без замечаний.

2. Отзыв из Федерального исследовательского центра «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша» РАН. Отзыв составил кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Медведев С.Ю. Отзыв без замечаний.

3. Отзыв из Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Отзыв составила кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории физики горячей плазмы отдела Т-10 Кирнева Н.А. Отзыв без замечаний.

4. Отзыв из Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Отзыв составил доктор физико-математических наук, профессор факультета ВМК МГУ Сычугов Д.Ю. Отзыв без замечаний.

5. Отзыв из Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт». Отзыв составил доктор физико-математических наук, профессор кафедры Общей физики и ядерного синтеза Будаев В.П. Имеются следующие замечания и рекомендации:

- в диссертации не рассмотрено влияние резонансных магнитных полей на низкочастотную турбулентность пристеночной плазмы в токамаке и связанные с ней аномальные потери плазмы из магнитной ловушки. В дальнейших работах следует исследовать этот вопрос для условий применения резонансных магнитных полей в токамаках-реакторах.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются признанными специалистами по основным проблемам, рассмотренным в диссертации. Оба официальных оппонента имеют многочисленные публикации по тематике представленной диссертационной работы.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ») является одним из основных Российских научных центров, проводящих теоретические и экспериментальные исследования в области удержания высокотемпературной плазмы и решения проблем управляемого термоядерного синтеза, в том числе в области ускоренных электронов и МГД возмущений, на действующем токамаке Т-11. Сотрудники АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» имеют большое количество публикаций по физике плазмы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

На токамаке T-10 разработаны:

- новый диагностический комплекс надтеплого и жесткого рентгеновского излучения с повышенным временным (до 10 – 100 мкс) и пространственным (до 2 см) разрешением;
- система генерации квазистационарных (длительностью до 2 с) и импульсных (частота до 10 Гц) магнитных полей с винтовыми гармониками $m = 1 - 3$, $n = 1 - 7$;
- методика предотвращения развития пучков ускоренных электронов с помощью СВЧ нагрева плазмы после теплового срыва при развитии неустойчивости срыва в режимах с высокой плотностью.

В результате проведённых на токамаке T-10 экспериментов установлено, что:

- подавление пучков ускоренных электронов на стационарной стадии разряда с помощью СВЧ нагрева связано как с нагревом плазмы и уменьшением вихревого электрического поля, так и с усиленным поперечным дрейфом ускоренных электронов;
- в режимах с литий-содержащими покрытиями лимитеров генерация ускоренных электронов понижена;
- предотвращение развития пучков надтепловых электронов после теплового срыва связано со стабилизацией всплеск МГД возмущений, созданием квазистационарных МГД мод и нагревом основной компоненты плазмы с помощью ЭЦР нагрева;
- пороги остановки вращения МГД мод в токамаке T-10 соответствуют винтовым гармоникам внешних полей $m = 2$, $n = 1$ с амплитудой 0.75 мТл при амплитуде рассеянных полей 0.25 мТл.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы для проверки теоретических моделей эволюции ускоренных электронов и МГД возмущений в плазме токамака.

Практическая значимость результатов выражена в следующем:

1. Разработан и оборудован на токамаке T-10 новый диагностический комплекс для измерения пространственных и энергетических характеристик надтеплого и жесткого рентгеновского излучения ($E = 0.025 - 10$ МэВ) с повышенным временным

(до 10 – 100 мкс) и пространственным (до 2 см) разрешением. Разработанный диагностический комплекс положен в основу системы измерения надтеплового и жесткого рентгеновского излучения, создаваемой для токамака Т-15МД.

2. Разработана и оборудована система генерации квазистационарных (длительностью до 2 с) и импульсных (частота до 10 Гц) магнитных полей с винтовыми гармониками $m = 1 - 3$, $n = 1 - 7$. Система генерации магнитных полей используется при разработке системы резонансных обмоток для установки Т-15МД.
3. Разработанные методики подавления пучков ускоренных электронов и управления МГД возмущениями с помощью СВЧ нагрева и внешних магнитных полей могут быть использованы в токамаке Т-15МД и на других установках токамак.

Достоверность результатов

Результаты измерений параметров ускоренных электронов, полученные в данной диссертационной работе в условиях вольфрамовой диафрагмы, согласуются с аналогичными исследованиями на других установках с аналогичными условиями первой стенки (KSTAR, DIII-D). Параметры ускоренных электронов в условиях литиевого покрытия первой стенки получены впервые, однако согласуются с теоретическими представлениями об эволюции ускоренных электронов в плазме токамака.

Эффект воздействия дополнительного нагрева на пучки ускоренных электронов на стационарной стадии разряда согласуется с аналогичным на других токамаках (KSTAR, ASDEX). Влияние СВЧ нагрева на пучки ускоренных электронов после теплового срыва исследовалось впервые, однако соответствует теоретическим представлениям о процессах, приводящих к ускорению и потерям ускоренных электронов из плазмы токамака.

Полученный в данной диссертационной работе порог дестабилизации МГД моды $m = 2$, $n = 1$ на токамаке Т-10 находится в хорошем согласии с моделью эволюции МГД возмущений, учитывающей момент инерции плазмы, динамическую вязкость и частоту вращения, и соответствует результатам исследований, полученных на других токамаках (DIII-D, Compass, JET). Определенная экспериментально с помощью системы внешних резонансных магнитных полей амплитуда рассеянного поля токамака Т-10 соответствует оценкам, ранее сделанным по измерению гало-токов и токов замыкания.

Личный вклад.

1. Автором самостоятельно разработаны и оборудованы на токамаке Т-10 следующие диагностики:

- система внутрикамерных и внешних CdTe детекторов с интегрированными спектрометрическими усилителями, системой коллимирования и автоматизированного позиционирования;
 - система многоканальных сцинтилляционных LaBr₃ детекторов.
2. Автором самостоятельно разработаны программы сбора и обработки данных, включая численный спектрометрический анализ данных.
 3. Автором разработана, изготовлена и оборудована система управления источниками питания внешних резонансных магнитных полей на токамаке Т-10.
 4. Автор внес определяющий вклад в проведение экспериментов по подавлению пучков ускоренных электронов и управлению МГД возмущениями с помощью СВЧ нагрева плазмы, самостоятельно провел эксперименты по исследованию влияния внешних резонансных магнитных полей на пороги развития МГД возмущений в плазме токамака Т-10.

Полученные автором результаты исследований обсуждались на всероссийских и международных научно-технических конференциях, школах и семинарах. Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в Scopus и WOS, в том числе рекомендованных ВАК РФ.

В соответствии с п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» результаты, полученные в диссертации Шестакова Е.А., следует квалифицировать как существенный вклад в развитие физики плазмы в области исследования ускоренных электронов и МГД возмущений, а также разработки методик по подавлению ускоренных электронов в высокотемпературной плазме.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Шестакова Е.А. «Управление пучками ускоренных электронов и МГД возмущениями с помощью СВЧ нагрева и резонансных магнитных полей в плазме токамака Т-10», представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждении учёных степеней» от 24.09.2013 № 842.

На заседании 16 октября 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Шестакову Евгению Андреевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности диссертации 01.04.08 – «Физика плазмы», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение ученой степени – 19,
против присуждения ученой степени – 0,
недействительных бюллетеней – 0.

Протокол счётной комиссии утвержден открытым голосованием - единогласно.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор

Учёный секретарь
диссертационного совета
к.ф.-м.н.

16.10.2019 г.



О.Т. Лоза

Ю.В. Капустин