

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 201.004.01,

созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», по диссертации «Нелинейная динамика пучков ионов и электронов в линейных ускорителях»

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 12 декабря 2019 г. № 2019-5

О присуждении Полозову Сергею Марковичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Нелинейная динамика пучков ионов и электронов в линейных ускорителях» по специальности 01.04.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника принята к защите 27.08.2019 (протокол заседания № 2019-4) диссертационным советом Д 201.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», 142281, пл. Науки, д.1, г. Протвино Московской области, приказ Минобрнауки РФ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Полозов Сергей Маркович, 1977 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Ускорение и фокусировка интенсивных ионных пучков в высокочастотных структурах с использованием ондуляторов» защитил в 2003 году в диссертационном совете, созданном на базе Московского инженерно-физического института (Государственного университета), работает доцентом в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре Электрофизических установок Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Овсянников Дмитрий Александрович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теории систем

управления электрофизической аппаратурой Факультета прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета,

Павлов Юрий Сергеевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, заведующий Лабораторией радиационных технологий Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук,

Парамонов Валентин Витальевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Отдела ускорительного комплекса Института ядерных исследований Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Московский радиотехнический институт Российской академии наук», в своем положительном отзыве, подготовленном руководителем отделения доктором физико-математических наук Розановым Николаем Евгеньевичем и утвержденном заместителем генерального директора по научной работе доктором физико-математических наук Есаковым Игорем Ивановичем, указала, что диссертация С.М. Полозова отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. В отзыве указаны следующие замечания:

1. Название диссертации выглядит слишком общим.
2. Во введении, при перечислении работников, внесших вклад в разработку методов исследования динамики пучка в линейных ускорителях, не указаны ряд сотрудников МРТИ (Бурштейн, Левин, Пироженко и другие).
3. Есть неточности изложения достижений МРТИ в части реализации компактной установки радиационной стерилизации (КРТУ) в п. 4.3.3 диссертации: в действительности в установке «Радуга» используется относительно дешевый магнетрон, а не дорогостоящий клистрон, как сказано в диссертации.
4. В положениях, выносимых на защиту, присутствуют формулировки слишком общего плана. Представляется, что в них должны быть указаны более конкретные результаты работы.

Соискатель имеет 243 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 144 работы, из них 93 – в рецензируемых научных изданиях.

Наиболее значимые работы соискателя по теме диссертации:

- 1 Э.С. Масунов, С.М. Полозов. Ускорение и фокусировка интенсивных ионных пучков в высокочастотных структурах с использованием ондуляторов. Журнал технической

физики, 75, 7, с. 112-118, 2005.

- 2 S. V. Petrenko, G. N. Kropachev, R. P. Kuibeda, ..., S.M. Polozov, et al. Transport line for beam generated by IТEP Bernas ion source. Review of Scientific Instruments, 77, 03C112, 2006.
- 3 E.S. Masunov, S.M. Polozov. BEAMDULAC code for numerical simulation of 3D beam dynamics in a high-intensity undulator linac. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 558, pp. 184–187, 2006.
- 4 E.S. Masunov, S.M. Polozov. High intensity ion beams in rf undulator linac. Physical Review ST AB, 11, 074201, 2008.
- 5 Э.С. Масунов, С.М. Полозов. Динамика двухкомпонентного ионного пучка в линейном ондуляторном ускорителе. Журнал технической физики, 79, 8, с. 93-98, 2009.
- 6 А.В. Воронков, Э.С. Масунов, С.М. Полозов, В.И. Рашиков. Расчет динамики пучка в ускорителях, работающих на бегущей волне, с учетом эффекта нагрузки током. Атомная Энергия, Т. 109, вып. 2, с. 84-89, 2010.
- 7 S.M. Polozov. Ion beam space charge neutralization using for beam intensity increase in linacs. Problems of Atomic Science and Technology. Series Nuclear Physics Investigations, No 3 (79), p. 131-136, 2012.
- 8 S.M. Polozov. A possible scheme of electron beam bunching in laser plasma accelerators. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 729, pp. 517–521, 2013.
- 9 Ю.А. Башмаков, Т.В. Бондаренко, С.М. Полозов. Генерация излучения в рентгеновском диапазоне при плоскостном каналировании релятивистских электронов в кристаллах. Журнал технической физики, 86, вып. 7, с. 118-123, 2016.
- 10 М.А. Гусарова, В.С. Дюбков, А.В. Самошин, ..., С.М. Полозов и др. Проектирование и создание нового инжектора с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой для модернизации ЛУ-20. Письма в Журнал «Физика Элементарный частиц и атомного ядра», №7, Т. 13, № 7 (205), с. 1425-1431, 2016.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

а) Оппонента Овсянникова Дмитрия Александровича, который отметил следующие недостатки диссертации:

1. Не совсем полно раскрыты методы оптимизации параметров пучков в разных структурах. Желательны были бы более полные математические постановки проблем оптимизации.
2. Имеется ряд опечаток в диссертации (на стр. 30,31. 34. 35 и др.) и автореферате (на стр. 6. 8, 12, 21 и др.).

б) оппонента Павлова Юрия Сергеевича, отнесшего к недостаткам следующий:

Автор официально зарегистрировал в Роспатенте только одну из программ BEAMDULAC-multibunch-tw, остальные разработанные автором версии программы BEAMDULAC не зарегистрированы.

в) Оппонента Парамонова Валентина Витальевича, отметившего следующие недостатки:

Я не считаю научной новизной использование программы BEAMDULAC при разработке нового инжектора с ПОКФ комплекса NICA ОИЯИ, пункт 3 Научной новизны. А результаты исследования динамики дейтронов в последующем ускорителе ЛУ-20 получены впервые. Также применение программы и сравнение с результатами расчета по другим программам, а, главное, с экспериментальными данными, несомненно, является подтверждением практической ценности работы и достоверности результатов моделирования.

Также я не считаю научной новизной разработку новых ускоряющих структур, пункт 6 Научной новизны. Новизной является более точное исследование нелинейного влияния нагрузки большим током пучка и более глубокая взаимная оптимизация при расчете динамики пучка, выборе построения, параметров и режима работы структуры, с учетом выбора источника питания, приведшее к повышению электронного и общего к.п.д. ускорителя. А реализация разработок в серийном производстве и результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных являются несомненным подтверждением практической ценности работ автора и достоверности результатов.

Погрешности оформления присутствуют в незначительном, по отношению к объему диссертационной работы, количестве. Например, замеченные:

- стр. 46, $h_n = 2\pi n/L$, n – волновой вектор ...

ишнее n и скаляр h_n корректнее обозначить как волновое число;

- ускоренные до 200 МэВ пучки Н⁺ и Н⁻ инжектировались в последнюю часть ускорителя LAMPF (структуры Альвареца) и совместно ...

В ускорителе LAMPF структура Альвареца применена до 200 МэВ и затем используется структура с боковыми ячейками связи.

- стр. 195 ЛУ Альвареца является классической системой для ускорения в диапазоне энергий 0,5-1000 МэВ ...

Лишний ноль в верхней границе оценки.

- стр. 195 Параметры ускорителя LAMPF DTL ... рабочий ток для протонов составляет около 100 мА ...

Рабочий ток в импульсе для ускорителя LAMPF DTL равен 17 мА.

К другим замечаниям по оформлению относятся:

- вызывают недоумение приведенные на Рис. 3.9а графики фактора пролетного времени для первой и второй кратности гармоник ускорения, противоречащие числам на стр. 156;
- наличие в фазовых портретах пучков на Рис. 3.15 гистограмм распределений, на других рисунках приводимых, повысило бы информативность для сравнения результатов расчетов по различным программам.

По дополнительной информации, приведенной в работе и не относящейся к вопросам динамики пучков, имеются замечания:

- стр. 209 и стр. 214, ... секции SLAC типа с видом колебания $2\pi/3$...

Секции SLAC и секции ИЯФ СО РАН имеют одинаковую рабочую частоту, одинаковый вид рабочего колебания и одинаковую длину. Но секции SLAC выполнены с постоянным градиентом, а секции ИЯФ СО РАН – с постоянным импедансом. Поэтому распределения рабочего поля у них существенно различные.

- На стр. 212 автор вступает в оживленную полемику по поводу классификации вида колебаний $4\pi/3$ в группирователе и по результатам собственных расчетов определяет вид как $3\pi/4$.

Группирователь настроен на синхронное взаимодействие со второй гармоникой поля, которая в волноводной классификации описывается как гармоника $n=-1$ волны $2\pi/3$. Эта гармоника имеет набег фазы на ячейку $4\pi/3$. Колебание вида $4\pi/3$ при заданной длине ячеек группирователя синхронного взаимодействия с электронами при $\beta=0.695$ не обеспечивает. На результаты динамики частиц это различие в классификации не влияет, поскольку используется реальные распределения поля.

- стр. 212. ...Связь по магнитному полю осуществляется по оси структуры, что приводит к очень низкой групповой скорости ...и большому времени заполнения структуры ...

По оси структуры связь обеспечивается по электрическому полю. Принятое значение групповой скорости $0,02c$ является типичным в структурах на бегущей волне и выбирается для получения высокого темпа ускорения. А время заполнения секции в разы меньше времени нарастания поля в резонаторе на типе колебаний TM010.

- стр. 229. ... привело к уменьшению времени переходного процесса ...

По существующим представлениям, результатам, других исследователей и экспериментальным данным, время переходного процесса определяется нагруженной добротностью резонатора. А вот качество переходного процесса действительно повышается с увеличением коэффициента связи в структуре.

- стр. 235. приводимые расчетные и экспериментальные величины добротности, 16600 и 14400, и эффективного шунтового сопротивления, $82,5 \text{ МОм/м}$ и $80,0 \text{ МОм/м}$, не согласуются даже с учетом возможных погрешностей расчета и эксперимента.

г) Отзыв на автореферат от Сотникова Геннадия Васильевича, доктора физ.-мат. наук, профессора, заведующего отделом Института плазменной электроники и новых методов ускорения Национального научного центра «Харьковский физико-технический институт» Национальной академии наук Украины. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. Автореферат и диссертация оформлены достаточно качественно: язык изложения – лаконичный и грамматически правильный, цитирование в тексте первоисточников соответствует списку литературы, но не все обозначения в формулах и в подписях к рисункам даны в подходящих местах или вообще не даны, для их «расшифровки» приходится обращаться к первоисточникам. Например, в автореферате не даны обозначения в формуле (1) для ϵ , а в формуле для (4) E_0 , E_1 , E_0^0 , λ и т.д.; в формуле для A_7 на стр. 15 не дано обозначение для ω .

2. Приведенные рисунки не всегда хорошего качества, из-за их мелкого масштаба не всегда можно разобрать подписи на осях и масштаб измерения величин, например, рис. 1 (справа), рис. 2, рис. 3а, рис. 4, рис. 8, рис. 9. Подписи к рисункам не всегда дают полную информацию об изображенном. Например, на рис. 9 не ясно, в чем отличие вариантов а и б, а г и д в подписи не описаны.

3. Для численного моделирования динамики электронов существует большое количество численных кодов. Желательно было бы иметь сравнение эффективности и достоверности работы семейства программ BEAMDULAC, разработанных в МИФИ диссертантом и его соавторами, с численными кодами сторонних разработчиков.

д) Отзыв на автореферат от Симонова Карла Георгиевича, доктора техн. наук, старшего научного сотрудника, начальника лаборатории Акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Исток» имени А.И. Шокина». Отзыв положительный, без замечаний.

е) Отзыв на автореферат от Брызгина Александра Альбертовича, кандидата техн. наук, заведующего научно-исследовательской лабораторией Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный, с замечанием:

В таблице 1 приведено сравнение расчетных и экспериментальных данных для ускорителя с максимальной мощностью пучка 20 кВт. Но приведенные данные соответствуют пучку мощностью чуть более 3 кВт. Наиболее интересны данные в районе максимальной мощности пучка.

ж) Отзыв на автореферат от Каратаева Павла Владимировича, Doctor of Science, профессора Института ускорительных наук им. Дж. Адамса Университета Лондона «Ройал Холловэй». Отзыв положительный, без замечаний.

з) Отзыв на автореферат, составленный Завьяловым Николаем Валентиновичем, доктором физ.-мат. наук, директором Института ядерной и радиационной физики Российского федерального ядерного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», и Тельновым Александром Валентиновичем, кандидатом физ.-мат. наук, заместителем директора – руководителем отделения ИЯРФ РФЯЦ-ВНИИЭФ, и утвержденный директором РФЯЦ-ВНИИЭФ доктором техн. наук Костюковым Валентином Ефимовичем. Отзыв положительный, без замечаний.

и) Отзыв на автореферат от Боголюбова Евгения Павловича, доктора техн. наук, научного руководителя по направлению Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова». Отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что Овсянников Дмитрий Александрович, автор более 260 работ, Павлов Юрий Сергеевич, автор 75 работ, Парамонов Валентин Витальевич, автор более 120 работ, являются известными российскими учеными, активно работающими в области физики и техники ускорителей и занимающимися разработкой ускоряющих структур и математических методов исследования динамики пучков заряженных частиц. Ведущая организация, Акционерное общество «Московский радиотехнический институт Российской академии наук», уже более 60 лет является ведущим центром по разработке линейных ускорителей электронов и ионов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Методы усреднения по быстрым осцилляциям обобщены на случай отсутствия в системе синхронной с пучком пространственной гармоникой высокочастотного поля. Обобщен подход к учету поправки на быстрые осцилляции скорости частиц в выражениях для частот колебаний частиц и аксептанса канала. Для нескольких типов линейных резонансных ускорителей ионов проведено аналитическое исследование динамики пучка, выполнено сравнение эффективности ускорения и поперечной фокусировки.

- Разработаны алгоритмы для исследования самосогласованной динамики пучков заряженных частиц с учетом квазистатической (Кулоновской) и высокочастотной (излучение пучка и нагрузка током) составляющих собственного поля пучка, а также несколько версий программы BEAMDULAC для численного моделирования динамики пучка в ускорителях различных типов и каналах транспортировки.

- Разработанные соискателем программы BEAMDULAC-RFQ и BEAMDULAC-DTL использованы в ходе разработки нового фор-инжектора с пространственно-

однородной квадрупольной фокусировкой (ПОКФ) для ускорительного комплекса «Нуклотрон»-NICA Объединенного института ядерных исследований. Ускоритель запущен в 2015г. и отработал шесть сеансов в составе основного инжектора в «Нуклотрон».

- Разработаны алгоритм и версия программы BEAMDULAC-2B для моделирования динамики пучка, состоящего из ионов нескольких типов, в частности – положительно и отрицательно заряженных. С помощью данной программы показано, что в ускорителях с ПОКФ предельный поток «квазинейтрального» пучка может в 4-5 раз превышать ток пучка, состоящего из ионов одной зарядности.

- Для транспортировки ленточных пучков ионов низкой энергии, в том числе кластерных, предложено использовать щелевой канал на основе электростатического ондулятора. Канал разработан и создан в ходе работ по новым источникам для ионных имплантеров.

- Программа BEAMDULAC-BL, предназначенная для исследования трехмерной самосогласованной динамики пучка электронов в ускорителях на бегущей и стоячей волне с учетом нагрузки током и квазистатической компоненты собственного поля пучка, была использована в ходе работ по модернизации ускорителя ЛУЭ-200 (драйвера электронного пучка для нейтронного генератора «ИРЕН» ОИЯИ). Предложены методы улучшения параметров пучка в ЛУЭ-200, в частности – замена группирователя.

- Для НПП «Корад» разработана серия ускоряющих структур для промышленных линейных ускорителей электронов на энергию 2-10 МэВ и среднюю мощность пучка до 20 кВт. Запущенные ускорители показали совпадение результатов исследования динамики, проведенного с помощью программы BEAMDULAC-BL при проектировании ускорителя, с экспериментальными данными с точностью лучше 1 % для максимально вероятной энергии пучка и не хуже 2-3 % для спектра пучка и коэффициента захвата. Всего к настоящему времени запущено шесть ускорителей новой серии, в ускорителях на 10 МэВ удалось получить рекордный полный КПД.

- С использованием классического электродинамического подхода разработаны алгоритмы и программа для численного моделирования динамики электронов при каналировании в кристаллах, обеспечивающая при сравнении с экспериментальными данными точность определения максимума спектра излучения не хуже 5 % при энергиях до 100 МэВ и 10 % при энергиях до нескольких ГэВ.

- Показано, что при использовании внешней инжекции и пре-модуляции пучка можно получить в лазерно-плазменном ускорителе спектр пучка не хуже ± 3 % при энергии менее 200 МэВ, а коэффициент прохождения электронов повысить до 40-50 %.

Для пре-модуляции пучка предложено использовать несколько коротких участков с плазмой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработанные автором аналитические и численные методы исследования динамики пучков, алгоритмы и программы для численного моделирования динамики нашли свое применение при проектировании нескольких ускорителей заряженных частиц научного и прикладного назначения, в частности – нового инжектора с ПОКФ для ускорительного-комплекса «Нуклотрон»-NICA ОИЯИ, серии ускорителей электронов промышленного назначения на энергию от 2 до 10 МэВ и среднюю мощность до 20 кВт, каналов транспортировки пучков кластерных ионов при скорости частиц 10^{-5} - 10^{-4} скорости света;

- показана возможность повышения потока частиц в несколько раз при ускорении положительно и отрицательно заряженных ионов в одном пучке;

- разработанная программа для моделирования динамики электронов в кристаллах, использующая классический электродинамический подход, позволяет с точностью не хуже 5 % прогнозировать параметры излучения электронов с энергией до сотен МэВ при каналировании;

- предложены методы повышения эффективности ускорения электронов в лазерно-плазменных ускорителях. В частности, показана возможность улучшения спектра пучка до ± 3 % при энергии 200 МэВ при использовании нового метода пре-модуляции пучка.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что методы и программы для численного моделирования динамики пучка внедрены:

- в ОИЯИ в ходе работ по созданию нового инжектора с ПОКФ для ускорительного комплекса «Нуклотрон»-NICA. Ускоритель запущен в 2015г. и в шести сеансах 2016-18гг. являлся основным инжектором в «Нуклотрон»;

- в НПП «Корад» при создании серии новых промышленных ускорителей электронов на энергию 2-10 МэВ с повышенным высокочастотным и полным КПД и возможностью перестройки энергии пучка в широком диапазоне при сохранении узкого спектра пучка. К настоящему времени запущено шесть секций: четыре на энергию 10 МэВ и среднюю мощность до 20 кВт для компании EB-Tech (Тэджон, Республика Корея, два ускорителя), компании «АКЦЕНТР» (г.Родники, Ивановская обл.) и НПП «Корад» (Санкт-Петербург); одна секция на энергию 8 МэВ для Навоийского горно-металлургического комбината (Узбекистан); одна секция на 2 МэВ для НПП «Корад». Проведенные измерения показали, что ускоритель имеет полный КПД 20 % при энергии и средней

мощности пучка 10 МэВ и 12 кВт соответственно, что на данный момент является мировым рекордом для данного класса ускорителей;

- в ходе разработке нового поколения ионных имплантеров для полупроводниковой промышленности в НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ внедрен канал транспортировки на основе плоского электростатического ондулятора, предназначенный для транспортировки пучков кластерных ионов при скорости частиц 10^{-5} - 10^{-4} скорости света.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

точность и эффективность разработанных аналитических и численных методов, алгоритмов и программ для численного моделирования динамики пучков подтверждается соответствием результатов аналитического и численного исследования и экспериментальных данных, полученных в ходе запусков в эксплуатацию нового инжектора с ПОКФ для ускорительного комплекса «Нуклотрон» - NICA, серии промышленных ускорителей электронов на энергию 2-10 МэВ и среднюю мощность в пучке до 20 кВт, систем транспортировки пучков тяжелых и кластерных ионов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что:

соискатель разработал аналитические и численные методы исследования динамики ионных и электронных пучков, алгоритмы и программы для численного моделирования. Автор являлся одним из ключевых разработчиков нового фор-инжектора с ПОКФ для ускорительного комплекса «Нуклотрон»-NICA ОИЯИ (подтверждено актом о внедрении, утвержденный директором Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ доктором физ.-мат. наук В.Д. Кекелидзе). Им проведены моделирование и оптимизация динамики пучка в новых ускорителях электронов прикладного назначения (акт о внедрении, утвержденный директором ООО «НПП «Корад» кандидатом техн. наук М.И. Демским). Соискателем предложены и разработаны каналы на основе плоского электростатического ондулятора, предназначенные для транспортировки пучков кластерных ионов при скорости частиц 10^{-5} - 10^{-4} скорости света (акт о внедрении, утвержденный директором НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ доктором физ.-мат. наук В.Ю. Егорычевым). Личный вклад также подтверждается большим числом докладов на ведущих российских и международных ускорительных конференциях и публикацией более 140 работ, в том числе около 90 в рецензируемых изданиях.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника (по физико-математическим наукам). Диссертация соответствует критериям, определяемым п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 для докторских диссертаций.

На заседании 12 декабря 2019г. Диссертационный совет принял решение присудить Полозову С.М. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника за разработку новых аналитических и численных методов исследования нелинейной динамики пучков ионов и электронов в линейных ускорителях, их реализацию в современном программном обеспечении, верификацию с помощью экспериментальных данных и применение при проектировании новых ускорителей.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 21, против - нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета
12 декабря 2019г.



Тюрин Н.Е.
Рябов Ю.Г.