

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.111.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 17.12.2021 г. № 6

О присуждении Тулупову Платону Гарриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Улучшение энергетических показателей электродуговой печи за счет системы управления с анализом гармоник напряжений дуг» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы принята к защите 30 сентября 2021 г. (протокол №4), диссертационным советом Д 212.111.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Тулупов Платон Гарриевич, 3 марта 1994 года рождения. В 2021 году соискатель окончил обучение в аспирантуре в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по специальности 13.06.01 – Электро- и теплотехника.

Работает помощником главного инженера проекта в АО «Магнитогорский институт по проектированию металлургических заводов».

Диссертация выполнена на кафедре автоматизированного электропривода и мехатроники, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Николаев Александр Аркадьевич, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра автоматизированного электропривода и мехатроники, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Нехамин Сергей Маркович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва), кафедра электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий, профессор;

2. Бикеев Роман Александрович – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск), кафедра автоматизированных электротехнологических установок, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» (г. Липецк) в своем положительном отзыве, подписанным Зацепиным Евгением Петровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой электрооборудования, указала, что диссертация Тулупова П.Г. полностью отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. №842, в целом является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальной задачи разработки и исследования научно обоснованных технических решений, обеспечивающих улучшение энергетических показателей дуговой сталеплавильной печи (ДСП) за счет системы управления с анализом гармоник напряжений дуг. Автор диссертации Тулупов П.Г. заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, в изданиях, цитируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Science – 7 работ, получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Общий объем публикаций составляет 10,8 печатных листов. Сведения об опубликованных работах достоверны.

Авторский вклад соискателя состоит в: научном обосновании актуальности разработки алгоритмов управления электрическим режимом ДСП с применением способа диагностики стадии плавки по высшим гармоникам напряжений дуг; разработке концепции энергоэффективного управления электрическим режимом работы ДСП с применением анализа гармонического состава сигнала напряжения электрической дуги; расчете параметров короткой сети печи шахтного типа; разработке математической модели электрического контура ДСП, позволяющей рассчитывать величину мгновенного значения напряжения дуги на основе осциллограмм мгновенных значений токов дуг и фазных напряжений на вторичной стороне печного трансформатора; теоретическом и экспериментальном обосновании эффективности применения анализа гармонического состава напряжения дуги для диагностики стадии плавки; разработке новой системы управления электрическим режимом ДСП с алгоритмом переключения ступени печного трансформатора и выбора номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжения дуги.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Николаев, А.А. Экспериментальные исследования гармонического состава токов и напряжений дуг мощной дуговой сталеплавильной печи шахтного типа/ А.А. Николаев, **П.Г. Тулупов**, Е.Я. Омельченко // Электротехнические системы и комплексы. – 2018. – №4 (41). – С. 63-72.

2. Анализ гармонического состава токов и напряжений дуг в дуговой сталеплавильной печи с использованием математической модели / А.А.Николаев, **П.Г. Тулупов**, А.С. Денисевич, С.С. Рыжевол // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика». – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 72–84.

3. Nikolaev, A.A. Method of Switching Point Determination for Control System of Electric Arc Furnace Based on Data about Harmonics of Arc Currents and Voltages / A.A. Nikolaev, **P.G.Tulupov**, E.B. Agapitov // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) . – 2020. – pp. 1-5

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все – положительные:

1. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г. Уфа (канд. техн. наук, доцент Хазиева Р.Т.): 1) Насколько сильно влияет взаимная индуктивность между фазами на гармонический состав напряжения дуги? Может ли модель быть оптимизирована путем исключения данного фактора с целью оптимизации и увеличения быстродействия? 2) В исследовании отмечалось, что в ряде работ подробно рассмотрен вопрос применения виброакустической диагностики стадии плавления шихты. Насколько тесной будет корреляция между сигналом с виброакселерометра, установленного на кожухе печи, и гармоническим составом сигнала напряжения дуги?

2. ЗАО «КонсОМ СКС» г. Магнитогорск (руководитель проектов, канд. техн. наук Демин С.А.; инженер пресейла, канд. техн. наук Васильев А.Е.): 1) Следовало бы отметить, как повлияет на адекватность работы математической модели использование альтернативных способов моделирования электрической дуги; 2) В автореферате и диссертации следовало бы более подробно описать процесс настройки системы формирования возмущающих воздействий по длине дуги с учётом статистических показателей объекта исследования;

3. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина» г. Иваново (д-р техн. наук, профессор Колганов А.Р.):

1) Какие требования предъявляются к количеству анализируемых плавков при использовании методики определения граничных значений, необходимых для параметризации новой системы? 2) Как настроена реакция новой системы на событие, связанное с соприкосновением концевой участка электрода с нетокопроводящим материалом?

4. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» г. Москва (д-р техн. наук, профессор Шевырев Ю.В.):

1) Как отличается величина постоянной времени фильтра в системе, работающей с гармониками напряжений дуг, от аналогичной постоянной в системе, работающей с гармониками токов дуг? 2) Чем обусловлен выбор метода Тельного для моделирования электрической дуги в составе схемы, представленной на рис.4.4 диссертации?

5. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург (канд. техн. наук, доцент Костылев А.В.; канд. техн. наук, доцент Ишматов З.Ш.):

1) Указано, что предложенное в работе решение может быть использовано на печах различной мощности и класса. Как оно будет адаптировано к печам малой мощности, для которых характерен несколько иной характер протекания плавки? 2) Претерпела ли какие-либо изменения структура системы управления первого уровня в связи с модернизацией системы второго уровня, отвечающей за переключение сочетаний ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой?

6. ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск (канд. техн. наук Шубин А.Г., канд. техн. наук Юдин А.Ю.):

1) Чем обусловлен выбор интервала изменения тепловой постоянной времени дуги от 500 до 3500 мкс при проведении анализа зависимости стадии плавки от уровня высших гармоник в составе сигнала напряжения дуги? 2) Какой интервал плавки брался за базовый при настройке системы формирования возмущающих воздействий по длине дуги? 3) Не вполне ясно, в какие моменты времени на рис. 6 – 8 автореферата происходит изменение величины тепловой постоянной време-

ни дуги и длины дуги?

7. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа (д-р техн. наук, профессор Саттаров Р.Р.): 1) Чем обусловлен выбор метода моделирования электрической дуги с помощью дифференциального уравнения мгновенной проводимости дуги? 2) Является ли предложенное решение универсальным для внедрения на установках с различными системами управления электрическими режимами, упомянутыми в автореферате? 3) Почему в схемах замещения не учитываются емкостные проводимости участка сети электроснабжения (короткой сети)?

8. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург (д-р техн. наук, доцент Сычёв Ю.А.): Необходимо пояснить, могут ли быть применимы разработанная математическая модель электрического контура ШП-125 (рис.5, стр.11 автореферата), алгоритм функционирования (рис.11, стр. 16 автореферата) и система управления (рис.12, стр. 17 автореферата) для дуговых сталеплавильных печей других типов и модификаций, если могут быть, то с какими допущениями и модификациями?

9. Отзыв ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (д-р техн. наук, профессор Черепанов В.В., канд. техн. наук, доцент Басманов В.Г.): Пункт 3 раздела «Научная новизна», по нашему мнению, из этого раздела следует изъять и перенести в раздел «Практическая ценность и реализация работы».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научными достижениями в области изучения и совершенствования режимов функционирования электротехнических комплексов, имеющих в своём составе дуговые сталеплавильные печи, а также научными исследованиями и практическими разработками, направленными на совершенствование систем автоматического управления электрическими режимами дуговых печей.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена новая система управления электрическим режимом ДСП с применением информации о гармоническом составе напряжений электрических дуг;

разработаны:

- математическое описание электрического контура ДСП, обеспечивающее возможность расчёта мгновенных значений и гармонического состава напряжений дуг на основе осциллограмм мгновенных значений токов дуг и фазных напряжений на вторичной стороне печного трансформатора с учетом эффекта переноса мощности и взаимного влияния между фазами;

– система управления электрическим режимом ДСП, в которой применяется новый алгоритм переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг;

– методика определения граничных величин относительных действующих значений суммарных чётных и нечётных гармоник напряжений дуг для алгоритма переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг.

доказана техническая и энергетическая эффективность предложенной системы управления электрическим режимом ДСП в функции гармонического состава напряжений дуг.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

научно обоснована взаимосвязь между технологическими стадиями плавления шихты и гармоническим составом напряжений электрических дуг;

изложена идея энергоэффективного управления электрическим режимом ДСП на основе информации о гармоническом составе напряжений дуг;

изучена взаимосвязь между уровнями высших гармоник в составе сигналов напряжений дуг и технологическими процессами, протекающими внутри ванны печи;

доказано, что применение анализа гармонического состава напряжений

дуг в составе системы управления электрическим режимом позволяет повысить энергетическую эффективность работы ДСП;

раскрыты недостатки существующих систем автоматического управления электрическим режимом ДСП, заключающиеся в применении показателя удельного расхода электроэнергии для управления процессом переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой, что приводит к несоответствию выбранного электрического режима работы печи и технологической стадии плавления металлошихты;

проведена модернизация существующей системы управления электрическим режимом ДСП шахтного типа ШП-125, позволяющая сократить величину удельного расхода электроэнергии.

Значения полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены способ и система управления электрическим режимом ДСП с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг.

доказана возможность снижения величины удельного расхода электроэнергии за счет использования системы управления ДСП с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг;

определена эффективность применения разработанной системы управления электрическим режимом ДСП;

представлены технические решения, внедрения которых на действующем производстве позволит улучшить энергетические и технологические показатели работы дуговых сталеплавильных печей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: корректность применения математического аппарата; теоретические исследования выполнены с использованием реальных технических характеристик силового электрооборудования, а также экспериментальных данных, полученных непосредственно на объекте исследования, при правомерных исходных положениях

и обоснованных допущениях;

теория базируется на известных положениях электротехники, теории автоматического управления, методах математического моделирования;

идея базируется на использовании известных методов управления электрическими режимами дуговых сталеплавильных печей переменного тока;

выполнено сравнение результатов исследований, полученных автором, с результатами, представленными в патентных и литературных источниках, посвященных улучшению энергетических показателей ДСП переменного тока;

установлено качественное и количественное совпадение результатов математического моделирования с экспериментальными данными, полученными на действующих электросталеплавильных комплексах;

использованы известные методы математического моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии на всех этапах разработок и исследований; разработке математического описания электрического контура ДСП с возможностью расчёта мгновенных значений и гармонического состава напряжений дуг; разработке системы управления электрическим режимом ДСП с применением алгоритма переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг; разработке методики определения граничных величин относительных действующих значений суммарных чётных и нечётных гармоник напряжений дуг для алгоритма переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг. Все результаты, приведенные в диссертации, получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии.

В ходе защиты высказаны следующие критические замечания:

В отзыве ведущей организации:

1. Какие изменения в функциональной схеме повлечёт за собой реализация новой системы на печах с классической завалкой и печах с непрерывной подачей шихты конвейером?

2. Как внедрение новой системы управления оказало влияние на иные показатели, помимо удельного расхода электроэнергии, такие как срок службы огнеупорной футеровки, продолжительность плавки, расход электродов и др.?

3. Каковы физические причины тесной взаимосвязи чётных гармоник с величиной показателя вентильного эффекта, а нечётных гармоник – с величиной тепловой постоянной времени электрической дуги?

4. На рис.3.5 диссертации показаны генераторы белого шума и формирующие фильтры. Как осуществляется выбор их параметров при настройке блока формирования возмущающих воздействий по длине дуги?

5. Будет ли влиять изменение соотношения лома и чугуна на граничные значения, при достижении которых осуществляется изменение электрического режима?

В отзыве официального оппонента Нехамина С.М.:

1. В схеме проведения экспериментов 2-х и 3-х фазного короткого замыкания (рис. 2.5 диссертации) введенное сопротивление R_N в нейтрали приводит к погрешности измерения напряжения на электродах. Это сопротивление желательно исключить из схемы.

2. Выражение (2-40) для нелинейной цепи не обосновано.

3. По используемым для выбора профиля плавки коэффициентам износа футеровки КИФ и интенсивности нагрева КИН, активной мощности дуги P_d в работе не сформулирован критерий оптимизации электрического режима. Чем обоснован выбор электрического режима и является ли он оптимальным для каждого периода плавки – не ясно.

4. Претерпела ли какие-либо изменения структура системы управления гидравлическим приводом перемещения электродов? Как в данной системе работают вспомогательные блоки, такие как блок зажигания дуги, блок ограничения тока и т.д. (рис.5.1 диссертации)? Изменились ли настройки этих блоков?

5. Название главы 2 не вполне отражает ее содержание.

6. В расчете экономического эффекта от внедрения разработанной автором системы управления не учтено повышение производительности печи в результате снижения удельного расхода электроэнергии и соответствующего сокращения длительности плавки. Это приводит к снижению условно постоянных расходов предприятия на тонну выплавленной стали и может значительно превысить экономию платежей за электроэнергию.

В отзыве официального оппонента Бикеева Р.А.:

1. Определение величины взаимной индуктивности фаз электропечного контура осуществляется на основе данных полученных в результате опытов двухфазных и трехфазного коротких замыканий при строго выверенных положениях хомутов электрододержателей, однако в процессе работы электропечи такое положение электрододержателей в течение продолжительного времени является редким. Дифферент хомутов по высоте может составлять 200-300 мм в лучшем случае и доходить до 1000-1500 мм при низкой культуре производства (например, работа на поломанных и не перепущенных электродах). Кроме этого, в процессе работы электропечи, положение гибких кабелей не является вертикальным и зависит от величины протекающих в фазах токов (гибкие кабели крайних фаз могут отклоняться от вертикальной плоскости на углы вплоть до 10 градусов). На сколько, по Вашему мнению, пренебрежение этими факторами повлияло на точность вычисления мгновенного напряжения на дугах различных фаз?

2. Объясните правомерность ограничения десятью гармониками (рис. 3.4) при определении относительных действующих значений четных и нечетных гармоник токов и напряжений дуг. Современные системы позволяют контролировать гармонический состав сигналов тока и напряжения до 128 гармоники, кроме этого существуют субгармонические составляющие.

3. На стр. 77 диссертации, в абзаце «Статистический анализ, результат которого сведён в таблице 3.3 диссертации, показал, что сигналы относительного действующего значения чётных, нечётных и суммарных гармоник напряжения

дуги [52-58] более стабильны и в меньшей мере подвержены влиянию возмущающих воздействий по сравнению с аналогичными сигналами для напряжения дуги при общности тренда.», скорее всего, имеется случайная неточность и его следует читать следующим образом – «Статистический анализ, результат которого сведён в таблице 3.3 диссертации, показал, что сигналы относительного действующего значения чётных, нечётных и суммарных гармоник напряжения дуги [52-58] более стабильны и в меньшей мере подвержены влиянию возмущающих воздействий по сравнению с аналогичными сигналами для **тока** дуги при общности тренда».

4. Не совсем понятно, каким образом осуществлено подтверждение результатов полученных на разработанной модели – вывод 3 по главе 3 диссертации. Дело в том, что на базе созданной модели проведено мощное исследование по выявлению воздействия Θ_d , $K_{BЭ}$, а также несимметричных режимов работы на четные и нечетные гармоники тока и напряжения дуги для моделируемых симметричного режима работы (воздействие Θ_d и $K_{BЭ}$) и режима, в котором длина дуги в фазах 1 и 2 остается неизменной при варьировании длины дуги в фазе 3 (воздействие несимметричного режима). В это же время обрабатывались экспериментальные данные, полученные на интервале 12 минут после начала плавки в реальной электропечи – когда режим был явно несимметричным и длина дуг не соответствовала исходно принимаемым в модели.

5. На странице 94 диссертации при перечислении недостатков существующей системы управления электрическим режимом (пункт 2) делается ссылка на рисунок 3.8 диссертации, на котором, по всей видимости, должен быть изображен профиль плавки, и которого реально нет. На рисунке 3.8 диссертации приведены осциллограммы относительных действующих значений суммарных четных и нечетных гармоник напряжения дуги для каждой из трех фаз полученные на модели в численном эксперименте – при ступенчатом изменении величины длины дуги в фазе 3.

6. Каким образом, по мнению автора, может измениться рекомендуемый алгоритм управления в электропечах, в которых установлены дополнительные реакторы, включенные последовательно с печным трансформатором, и кроме определения требуемой ступени напряжения трансформатора и требуемой рабочей кривой будет необходимо задавать степень реактора? Введение дополнительной индуктивности минимизирует возможные паузы тока и влияет на гармонический состав напряжения на дуге.

7. Каким образом, по мнению автора, будут изменяться граничные значения относительных действующих значений суммарных четных и нечетных гармоник напряжения дуги, используемых в предлагаемом алгоритме для управления режимом работы печи, при распространении этого алгоритма для управления другими дуговыми электропечами, отличными от рассматриваемой ШП-125 по конструктивному исполнению вторичного токоподвода и, как следствие, отличным по величине индуктивного сопротивления токоподвода, оказывающего влияние на гармонический состав напряжения на дуге? Не потребуются ли для корректной настройки предлагаемой системы регулирования проведения большого числа предварительных плавов на базе старой системы управления?

В ходе заседания диссертационного совета:

1. Следовало более подробно объяснить, за счет чего достигается технический эффект в виде уменьшения величины удельного расхода электроэнергии

2. При разработке алгоритма работы системы управления электрическим режимом следовало чётко обозначить начало и конец его выполнения.

3. Следовало более подробно объяснить, как явление вентильного эффекта влияет на свойства горения электрической дуги.

Соискатель Тулупов П.Г. ответил на вопросы, задаваемые ему в ходе заседания, и привёл собственную аргументацию:

В новой системе управления электрическим режимом для переключения сочетаний ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой использован анализ гармонического состава напряжения электрической дуги. При этом анализ

чётных гармоник используется на начальных стадиях плавки, а нечётных – на конечных. Это связано с тем, что доля чётных гармоник в составе сигнала напряжения дуги существенно сокращается по мере уменьшения величины коэффициента вентильного эффекта, а доля нечётных гармоник сокращается по мере увеличения тепловой постоянной времени дуги и достижения полного экранирования дуг вспененным шлаком. Таким образом, технический эффект в виде снижения удельного расхода электроэнергии достигается за счёт более своевременной адаптации электрического режима к текущим условиям плавки, что обусловлено более высокой показательностью гармонического состава напряжений дуг как параметра управления по сравнению с удельным расходом электроэнергии, применяемым в большинстве существующих систем. Обоснование эффективности предлагаемого подхода выполнено как с использованием имитационной математической модели, прошедшей проверку на адекватность, так и с использованием экспериментальных данных. Результаты работы имитационной модели приближены к реальным за счёт учёта всех значимых факторов, а также применения вспомогательной системы моделирования возмущающих воздействий по длине дуги с формирующими фильтрами и генераторами белого шума. Данная система настраивается на основе статистических характеристик колебаний токов дуг непосредственно на объекте исследования. Новая система управления электрическим режимом является универсальной и может применяться на печах различной мощности и класса (в том числе – печах с классической подвалкой через отводимый свод и печах с непрерывной подачей шихты конвейером) при условии адаптации профиля плавки, алгоритма управления и граничных значений к особенностям конкретного производственного объекта. Отметим, что применение новой системы потенциально может обеспечить технический эффект по иным показателям, кроме удельного расхода электроэнергии, таким как срок службы огнеупорной футеровки, расход электродов и др.

Диссертационный совет установил, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, полностью соответствующую критериям

«Положения о присуждении ученых степеней» №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 17 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение за научную разработку системы управления электрическим режимом дуговой сталеплавильной печи с применением анализа гармонического состава напряжений дуг, обеспечивающей сокращение величины удельного расхода электроэнергии в процессе плавки присудить Тулупову П.Г. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них - 16 докторов наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 17, против присуждения ученой степени – нет, не проголосовали – нет.

Председатель

диссертационного совета



Корнилов Геннадий Петрович

Учёный секретарь

диссертационного совета



Одинцов Константин Эдуардович

17 декабря 2021 г.