

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.078.01 (Д 002.060.01),
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 09.06.2022 № 3/22

О присуждении Булахтиной Марине Анатольевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Особенности структурных изменений в литейных сплавах на основе Ni_3Al при термической обработке, постоянных и циклических нагрузениях при высоких температурах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов » принята к защите 07 апреля 2022 г., протокол № 2/22, диссертационным советом 24.1.078.01 (Д 002.060.01) созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49, приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Булахтина Марина Анатольевна, 1988 года рождения, в 2011 году окончила «МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского по специальности «Материаловедение и технология новых материалов». В 2017 году окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

Работает научным сотрудником в лаборатории физикохимии и механики металлических материалов (№19) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова

Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории физикохимии и механики металлических материалов (№19) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Поварова Кира Борисовна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физикохимии и механики металлических материалов (№19) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

Научный консультант – Дроздов Андрей Александрович, кандидат технических наук, заместитель директора Научно-производственного центра порошковой металлургии ФГУП ГНЦ «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»

Официальные оппоненты:

1. Ночовная Надежда Алексеевна доктор технических наук, профессор, заместитель начальника лаборатории титановых сплавов для конструкций планера и двигателя самолета НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ;

2. Гнесин Иван Борисович кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории физико-химических основ кристаллизации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук -

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедры «Материаловедение и технологии обработки материалов», кандидатом технических наук, доцентом Спектором Виктором Семеновичем, и утвержденном и.о. проректора по научной работе, доктором технических наук,

профессором Равиковичем Юрием Александровичем указала, что диссертационная работа Булахтиной Марины Анатольевны на тему «Особенности структурных изменений в литейных сплавах на основе Ni₃Al при термической обработке, постоянных и циклических нагружениях при высоких температурах» является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой на основе изучения структурно-фазовых состояний в процессе кристаллизации и термической обработки легких жаропрочных конструкционных сплавов на основе Ni₃Al разработаны рекомендации по методу изготовления из них лопаток, соплового аппарата и проставок перспективных ГТД. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации. Оформление работы соответствует действующим стандартам. Диссертация написана грамотным техническим языком, что подтверждает высокую эрудицию автора. По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Булахтина Марина Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов, квалификацией, способностью определить актуальность, научную и практическую ценность представленной диссертационной работы.

В положительном отзыве ведущей организации имеются следующие замечания:

1. в тексте диссертации содержится очень много сокращений, что существенно затрудняет ее прочтение и анализ;
2. не понятен способ постадийного введения компонентов в расплав, если учесть, что это происходит в вакууме при индукционной плавке;
3. на странице 31 диссертации описаны используемые шихтовые материалы. Не понятно зачем использовался иодидный цирконий, если его нет

в составе сплава (табл. 3.1), в тоже время в описании шихтовых материалов отсутствует вольфрам и ничего не сказано про РЗМ;

4. не понятно, что автор подразумевает под основными и легирующими элементами (стр. 32);

5. в диссертации говорится о высокой жаростойкости исследуемых сплавов (например, на стр. 83), но не приведено подтверждающих экспериментальных результатов;

6. автором получен патент на изобретение на литейный сплав, однако в диссертации практически отсутствует информация о нем, только упоминание на стр. 108.

От официального оппонента Ночовой Н.А. поступил положительный отзыв со следующими замечаниями:

1. В диссертации приведены результаты исследований, одна часть которых выполнена на монокристаллах сплава ВКНА-1В (без кобальта и рения), другая на сплаве ВКНА-25, содержащем эти элементы. Судя по тому, что кристаллизация сплава ВКНА-1В заканчивается формированием крупных включений первичных выделений $\gamma\text{Ni}_3\text{Al}$ в междендритном пространстве, а кристаллизация ВКНА-25 заканчивается образованием двухфазных выделений $\gamma\text{Ni}_3\text{Al}$, внутри которых расположены выделения βNiAl (см. рис. 3.6 и 3.7), вероятны различия и в характере влияния на структуру и свойства режимов ТО и условий испытаний этих сплавов.

2. В работе отмечается, что кратковременный и длительный отжиг при $T \geq T_{\text{solvus}}$ по режиму ТОЗ практически устраняет дендритную микроликвацию большинства ЛЭ (таблица 3.8). В монокристаллах сплава ВКНА-25 k_L как легкоплавких ЛЭ (Al), так и наиболее тугоплавких (W), а также Cr, Co и Mo, становятся равными единице. Исключение составляют Ti ($k_L=0,85$) и Re ($k_L=1,3$). После длительного (10 ч) отжига при подсолидусной температуре (ТО4) $k_L \approx 1$ для всех ЛЭ, кроме Re. Однако причины этого явления в работе не объясняются.

3. В диссертации отмечается, что при определении коэффициента дендритной микроликвации $k_L = c_{\text{од}}/c_{\text{мд}}$, в сплавах на основе интерметаллида Ni_3Al наблюдаются определенные сложности. В междендритном пространстве, на границах между дендритами, расположены довольно крупные первичные

выделения частиц γ' -Ni₃Al (рис. 3.6-3.8). В работе отсутствует информация о том, как эти сложности были преодолены.

4. В диссертации при обсуждении характера изменения механических свойств сплавов используются как термины «долговечность», так «длительная прочность». Не ясно, почему диссертант использует оба термина.

5. В диссертации детально исследованы структура и характер разрушения обоих сплавов при испытаниях на малоцикловую усталость на базе 10^4 циклов при температурах 20, 750 и 900°C, изменение структуры в различных условиях испытаний на термоусталость. Логично было бы привести данные по многоциклового усталости, которая является важной характеристикой жаропрочных конструкционных материалов. Однако такие данные в работе отсутствуют.

От официального оппонента Гнесина И.Б. поступил положительный отзыв со следующими замечаниями:

1. При количественной характеристике степени ликвации в работе используется понятие «коэффициент распределения». Само по себе оно не вызывает вопросов и замечаний. Однако не хватает четкого указания, химический состав чего измеряется при определении коэффициентов распределения. Это состав отдельной фазы, или это средний состав с области определенной площади?

2. При работе на СЭМ в рамках диссертации был использован контраст во вторичных электронах. Не мог бы контраст в отраженных электронах дать некоторые преимущества при анализе структурно-фазового состояния сплавов?

3. На мой взгляд, работа выиграла бы, если бы анализ изменений микроструктуры сплава был, помимо прочего, сопровождается анализом изменения объемных долей фаз хотя бы в основных двухфазных структурных составляющих. Очевидно, что эволюция микроструктуры двухфазных смесей может проходить как со сменой химического состава фаз, так и сменой соотношения их объемных долей, т. е. изменениями в количественном фазовом составе. Более того, в работе представлены данные, свидетельствующие именно об этом: например, рис. 3.6 (б, г), рис. 4.1 (а) и рис. 4.17 (б, е) и (г, з). При этом в работе основное внимание уделено анализу изменения химического состава,

изменения в соотношении объемных долей фаз комментируются лишь в некоторых редких случаях и не сопровождаются количественными оценками.

4. На стр. 50 работы приведены данные о размере структурных составляющих монокристаллов ВКНА-1В и ВКНА-25. Однако описание методики определения этих размерных параметров в работе не приведено. Само понятие «размер» для частиц неправильной формы (например, таких, как первичные выделения) не является тривиальным. При всем этом размерные характеристики приведены, зачастую, с точностью до 100 нм. Параметры структуры медленно охлажденного сплава ВКНА-1В отличаются от остальных значительно, различия же между остальными тремя сплавами уже не столь очевидны. Для оценки статистической значимости как абсолютных значений приведенных параметров, так и различий между этими параметрами для некоторых из образцов, следовало бы указать, какими методами был получен этот набор данных и как проводился их статистический анализ.

5. Описание микроструктуры и фазового состояния сплавов в работе могло бы быть улучшено. Так, в работе практически нигде конкретно не обсуждается структурное и фазовое состояние областей, называемых «междендритное пространство» (на рис. 3.9 под «межосное пространство», вероятно, также подразумевалось оно). На иллюстрациях часто приведены обозначения не для всех фаз. Например, на рис. 3.19 фазы не обозначены вовсе, даже на иллюстрациях с большим увеличением. Практически никак не комментируется природа контраста на изображениях с различным увеличением. Это не меняет основные выводы работы, но значительно затрудняет восприятие описания столь фундаментальной характеристики (особенно для данной работы), как микроструктура.

На автореферат диссертации Булахтиной М.А. поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв главного металлурга АО «Композит», д.т.н. Бутрима В.Н. содержит 2 замечания:

1. В цели работы поставлена задача определения условия повышения долговечности сплава при температурах 1000-1200°C. Но в автореферате экспериментальные зависимости ограничены температурой 900-1000°C (например, рис. 12) и только в таблице 6 приведены результаты испытания 100

часовой прочности при температурах 1100 и 1200°C. На рис. 12 значения предела выносливости при температуре 900°C и предела прочности при температуре 1000°C практически не зависят от кристаллографической ориентации. Каково изменение этих характеристик при дальнейшем увеличении температуры?

2. В таблице 6 автореферата приведено сравнение свойств сплавов ВКНА-1В и ВКНА-25 с зарубежными аналогами, но нет сравнения с отечественными никелевыми суперсплавами ЖС 26, ЖС 32, ЭП741НП, из которых изготавливают термонагруженные детали современных авиационных и ракетных двигателей.

2. Отзыв главного научного сотрудника лаборатории 07 «материаловедение труднодеформируемых сплавов» ИПСМ РАН, д.т.н. Имаева В.М. содержит 4 замечания:

1. из текста следует, что влияние разной температуры при ТО1 на длительную прочность изучали для обоих сплавов. Однако влияние температуры при ТО1 на длительную прочность приведено только для ВКНА-1В (Рис. 6). Кроме того, на рис. 6 не показана температура и нагрузка, а также кристаллографическая ориентация, при которых проводились испытания.

2. для рисунков 10-14 и таблиц 4 и 5 не совсем понятно, после какой термической обработки проводились испытания. По-видимому, испытания проводились после кратковременной термической обработки при 1150°C (ТО1). Это следовало отразить в подписях к рисункам и таблицам.

3. в выводе 1 отсутствует содержательная составляющая. Вывод не может быть просто констатацией того, что исследовано влияние чего-то на что-то. Вывод 1 мог бы быть частью более полного вывода.

4. термин «долговечность» вместо хорошо апробированного термина «длительная прочность» немного вводит в заблуждение и его использование в данной работе представляется ненужным.

3. Отзыв директора «Федерального государственного бюджетного учреждения науки института структурной макрокинетики проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук» (ИСМАН РАН), член.-корр. РАН, проф. Алымова М.И. содержит 2 замечания:

1. из автореферата не ясно, чем обусловлен выбор параметров кристаллизации сплавов (температурный градиент, скорость кристаллизации)?

2. нет данных по длительным испытаниям при температурах 1300°C.

4. Отзыв заведующего кафедрой «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н., доц. Лавриненко В.Ю. содержит 1 замечание

1. Из автореферата не ясно, какие используют критерии выбора режимов термической обработки и каковы эти режимы.

5. Отзыв ведущего научного сотрудника ИПСМ РАН д.т.н. Валитова В.А. содержит 2 замечания:

1. не объяснено, чем обусловлен выбор КГО $\langle 001 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ для исследуемых сплавов типа ВКНА.

2. в автореферате не представлены данные по фрактографии образцов после длительных испытаний.

6. Отзыв главного научного сотрудника, и.о. заведующего лабораторией физико-химической инженерии композиционных материалов Института проблем химической физики РАН, д.ф.-м.н., проф. Колобова Ю.Р. содержит 5 замечаний

1. отсутствие в автореферате расшифровки аббревиатур и сокращений. Например, «ТО», «НК», «ЭДС».

2. На рисунках 1-3 приведены изображения, которые получены с помощью растровой и просвечивающей электронной микроскопии. На изображениях наблюдаются многочисленные частицы вторичных фаз. Предполагается, что данные частицы являются топологически плотноупакованными фазами, стрелками указано расположение γ' - и γ -фаз, но не приведены микродифракционные картины с их индентификацией, обосновывающие высказанные предположения.

3. На рисунке 2 приведены три спектра, полученные методом микрорентгеноспектрального анализа. Однако обозначения химических элементов на рисунке нанесены очень мелким шрифтом, поэтому сложно сделать заключение об элементном составе рассматриваемых фаз. По-видимому, было бы лучше концентрации элементов указать в отдельной таблице.

4. Не указано как дисперсные топологически плотноупакованные фазы связаны с матрицей (степень когерентности или ее отсутствие). Поэтому не рассмотрен вопрос о влиянии этого фактора на характеристики жаропрочности исследуемых сплавов.

5. В подписях к рисункам 2 и 3 не указаны расшифровки обозначений: «а», «б», «в» и т.д.

7. Отзыв заместителя генерального директора-директора института материаловедения АО «НПО «ЦНИИТМАШ» к.т.н. Скоробогатых В.Н. содержит 1 замечание.

1. В автореферате не указано какие заготовки после направленной кристаллизации являлись годными для дальнейших исследований.

8. Отзыв заведующего кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директора Научно-учебного центра СВС МИСиС-ИСМАН, д.т.н., проф. Левашова Е.А. без замечаний.

9. Отзыв начальника сектора «Материалы для высокотемпературных АЭУ» НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» к.т.н. Охалкина К.А. без замечаний.

Соискатель имеет 31 работу, опубликованную по теме диссертации, в том числе 9 статей в журналах из перечня ВАК, 18 статей в журналах, входящих в базы данных WoS или Scopus, 10 публикаций в трудах конференций; а также патент на изобретение. Общий объем работ по теме диссертации составляет 11 печатных листов (авторский вклад 60%).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. *Поварова, К.Б.* Конструкционные жаропрочные сплавы на основе Ni_3Al : получение, структура и свойства / К.Б. Поварова, О.А. Базылева, А.А. Дроздов, Н.К. Казанская, А.Е. Морозов, М.А. Самсонова (М.А. Булахтина) // Материаловедение. 2011. №4. С. 39–48.

2. *Поварова, К.Б.* Исследование малоцикловой усталости при комнатной температуре сплава на основе интерметаллида Ni_3Al типа ВКНА-25 / К.Б. Поварова, О.А. Базылева, А.А. Дроздов, Н.А. Аладьев, М.А. Самсонова (М.А. Булахтина) // Металлы. 2012. №6. С. 70–81.

3. *Поварова, К.Б.* Влияние способа получения монокристаллов сплавов на основе Ni_3Al на макро- и микрооднородность распределения компонентов, структуру и свойства / К.Б. Поварова, А.А. Дроздов, О.А. Базылева, Ю.А. Бондаренко, М.А. Булахтина, Э.Г. Аргинбаева, А.В. Антонова, А.Е. Морозов, Д.Г. Нефедов // Металлы. 2014. №3. С. 40–51.

4. *Поварова, К.Б.* Исследование влияния термической усталости на структуру и свойства монокристаллов сплавов на основе Ni₃Al / К.Б. Поварова, А.А. Дроздов, О.А. Базылева, М.А. Булахтина, Н.А. Аладьев, А.В. Антонова, Э.Г. Аргинбаева, А.Е. Морозов // *Металлы*. 2014. №3. С. 52–61.

5. *Поварова, К.Б.* Влияние направленной кристаллизации на структуру и свойства монокристаллов сплава на основе Ni₃Al, легированного W, Mo, Cr и RЗЭ / К.Б. Поварова, А.А. Дроздов, Ю.А. Бондаренко, О.А. Базылева, М.А. Булахтина, А.Е. Морозов, А.В. Антонова // *Металлы*. 2014. №4. С. 35—40.

6. *Дроздов, А.А.* Дендритная ликвация в монокристаллах интерметаллидных сплавов на основе Ni₃Al, легированных Cr, Mo, W, Ti, Co, Re / А.А. Дроздов, К.Б. Поварова, А.Е. Морозов, А.В. Антонова, М.А. Булахтина // *Металлы*. 2015. №6. С.48—55.

7. *Поварова, К.Б.* Изучение влияния температуры на характеристики малоциклового усталости монокристаллов интерметаллидного сплава на основе Ni₃Al, содержащего рений / К.Б. Поварова, О.А. Базылева, М.А. Горбовец, А.А. Дроздов, М.А. Булахтина // *Металлы*. 2019. №4. С. 33–40.

8. *Поварова, К.Б.* Особенности кристаллизации и структурно-фазового состояния сплавов системы Ni₃Al-Ni-NiAl, легированных хромом, молибденом, вольфрамом, рением и кобальтом / К.Б. Поварова, А.А. Дроздов, О.А. Базылева, М.А. Булахтина, А.Е. Морозов, А.В. Антонова, Э.Г. Аргинбаева, Ю.В. Лощинин // *Металлы*. 2020. №3. С.41–50.

9. *Поварова, К.Б.* Особенности изменения структурно-фазового состояния и механических свойств при термической обработке литых сплавов системы Ni₃Al-Ni-NiAl, легированных хромом, молибденом, вольфрамом, рением и кобальтом / К.Б. Поварова, А.А. Дроздов, О.А. Базылева, А.Е. Морозов, А.В. Антонова, М.А. Булахтина, Н.А. Аладьев // *Металлы*. 2021. №4. С.41–55.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработанный способ постадийного введения элементов, в зависимости от их реакционной способности при вакуумной индукционной плавке заготовок для направленной кристаллизации, позволил предотвратить формирование крупных частиц топологически плотноупакованных фаз, аккумулирующих тугоплавкие легирующие элементы и служащих концентраторами напряжений.

- Увеличение скорости охлаждения при направленной кристаллизации сплавов типа ВКНА как и введение Co и Re приводит к уменьшению размеров структурных составляющих всех уровней.

- Показано, что легирование тугоплавкими и редкоземельными металлами обеспечило формирование наноразмерных фаз, которые стабилизируют дендритную или монокристаллическую структуру литейных сплавов типа ВКНА и укрепляют межфазные границы, что приводит к повышению долговечности сплавов.

- Установлено, что коэффициенты дендритной ликвации k_L зависят от соотношения легирующих элементов в сплавах.

- Деформация монокристаллов со всеми изученными кристаллографическими ориентациями при испытаниях на малоцикловую усталость при 20°C происходит множественным сдвигом по соответствующим плоскостям скольжения октаэдра {111}, круглое поперечное сечение образца становится эллипсовидным.

- В сплавах типа ВКНА выявлено наличие аномального роста с повышением температуры до 750-850°C как пределов текучести и прочности при испытаниях на растяжение, так и предела выносливости при испытаниях на малоцикловую усталость. При температуре максимума в Ni₃Al происходит изменение системы октаэдрического скольжения кубическим.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- получены новые углубленные знания о структурно-фазовом строении литейных ($\gamma'+\gamma$) сплавов на основе Ni₃Al, легированных Ti, Cr, Mo, W, Co и Re, в состояниях после направленной кристаллизации, низко- и высокотемпературной термической обработки, кратковременных и длительных испытаниях при статическом и термоциклическом нагружениях в широком диапазоне температур.

- показано, что гомогенизация интерметаллидных сплавов приводит к снижению долговечности по сравнению с литым материалом.

- показаны особенности «гомогенизации» ($\gamma'+\gamma$) интерметаллидных сплавов, сохраняющих (в отличие от жаропрочных никелевых сплавов) гетерофазную структуру вплоть до T солидус.

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что

- Рекомендованы температурно-временные параметры кратковременной термической обработки монокристаллов ($\gamma'+\gamma$) сплавов типа ВКНА, обеспечивающие сохранение максимальной микроликвационной неоднородности, что позволило повысить долговечность литых изделий.
- Рекомендации по способу постадийного введения основных и легирующих элементов в зависимости от их реакционной способности при вакуумной индукционной плавке заготовок для направленной кристаллизации позволили предотвратить выделение крупных частиц топологически плотноупакованных фаз, аккумулирующих тугоплавкие легирующие элементы, что обеспечило повышение долговечности ($\gamma'+\gamma$) сплавов.
- Получен патент РФ на литейный сплав на основе Ni_3Al и изделие, выполненное из него, с повышенными характеристиками малоциклового усталости на базе $N=10^4$ циклов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- автором выполнен большой объем экспериментов с использованием современных методов и методик;
- для экспериментальных работ использовано сертифицированное оборудование, показана воспроизводимость результатов исследований;
- теория согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и отвечает представлениям о фазовых и структурных превращениях в сплавах на основе Ni_3Al , и о влиянии структуры на механические свойства.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в обсуждении и постановке задач исследования, участии на всех этапах работы, анализе и апробации результатов экспериментов, и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были. Был задан ряд вопросов и было указано на некоторые неточности в работе.

Соискатель Булахтина М.А. ответил на все вопросы.

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта специальности 2.6.1 (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

На заседании 09 июня 2022 диссертационный совет принял решение присудить Булахтиной Марине Анатольевне ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, имеющей значение для развития технической отрасли знаний.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.1 (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Диссертационного совета
24.1.078.01 (Д 002.060.01)
академик РАН

Банных О.А.

Ученый секретарь

Диссертационного совета
24.1.078.01 (Д 002.060.01),
д.т.н., доц.

Костина М.В.

«14» июня 2022 г.

Подписи Банных О.А. и Костиной М.В. удостоверяю:

Ученый секретарь
ИМЕТ РАН,
к.т.н.



Фомина О.Н.