

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Прокопенко Денис Алексеевич

Тема диссертации: «Исследование влияние текстуры и фазового состава на анизотропию механических свойств сплавов системы Al-Cu-Li» выполнена на кафедре 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Специальность: 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 11 декабря 2025 года, протокол № 295/25, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Прокопенко Денису Алексеевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали:

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

д.т.н. Абраимов Н.В., д.т.н. Андрианова Н.Н., д.т.н. Бецоффен С.Я., д.т.н. Бабаевский П.Г., д.т.н. Гусев Д.Е., д.т.н. Егорова Ю.Б., д.т.н. Иванов Д.А., д.т.н. Коллеров М.Ю., д.т.н. Крит Б.Л., д.т.н. Лозован А.А., д.т.н. Никитина Е.В., д.т.н. Серов М.М., д.т.н. Слепцов В.В., д.т.н. Терентьева В.С., д.т.н. Чекалова Е.А., д.т.н. Шляпин С.Д.

Ученый секретарь
диссертационного совета

С.В. Скворцова

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04 (Д 212.125.15),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11 декабря 2025 года № 295/25

О присуждении Прокопенко Денису Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование влияние текстуры и фазового состава на анизотропию механических свойств сплавов системы Al-Cu-Li» по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки) принята к защите 02 октября 2025 г., протокол №287/25 диссертационным советом 24.2.327.04 (Д 212.125.15), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017 г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020 г.

Соискатель Прокопенко Денис Алексеевич, 10 октября 1996 года рождения, в 2020 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в 2024 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает старшим преподавателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук Бецофен Сергей Яковлевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Образовательный центр Института № 11 «Новые материалы и производственные технологии», профессор.

Официальные оппоненты:

Белов Николай Александрович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МИСИС», кафедра обработки металлов давлением, главный научный сотрудник;

Медведев Павел Николаевич, кандидат физико-математических наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», лаборатория «Металлофизические исследования», начальник сектора

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Носовой Е.А., заведующей кафедрой технологии металлов и авиационного материаловедения, Ерисовым Я.А.,

заведующим кафедрой обработки металлов давлением и утвержденном Дашковым Д.Е., и.о. ректора, кандидатом экономических наук, доцентом, указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки).

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ашмарин, А.А. Исследование влияния фазового состава на термическое расширение и механические свойства Al-Cu-Li сплавов / Ашмарин А.А., Гордеева М.И., Бецофен С.Я., Лозован А.А., Ву Р., Александрова С.С., Селиванов А.А., Быкадоров А.Н. Прокопенко Д.А. // Известия вузов. Цветная металлургия. 2023. Т. 29, №. 5. С. 57–68. (RSCI, K1).
2. Гордеева, М.И. Количественный фазовый анализ СТП соединений сплавов Al-Cu-Li и Al-Cu-Mg / Гордеева М.И., Зуйко И.С., Бецофен С.Я., Миронов С.Ю., Wu. R., Максименко Е.И., Прокопенко Д.А. // Электрометаллургия. 2023. №. 12. С. 25–35. (RSCI, K1).
Gordeeva, M. I. Quantitative Phase Analysis of the FSW Joints of Al-Cu-Li and Al-Cu-Mg Alloys / Gordeeva M. I., Zuiko I. S., Betsofen S. Ya., Mironov S. Yu., Wu R., Maksimenko E. I., Prokopenko D. A. // Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2024. №. 6. P. 95–102. (Scopus, Web of Science, Q3).
3. Гордеева, М.И. Исследование влияния фазового состава и текстуры на упругие свойства сплавов системы Al-Cu-Li / Гордеева М.И., Бецофен С.Я., Шалин А.И., Ву Р., Оглодков М.С., Оглодкова Ю.С., Максименко Е.И., Прокопенко Д.А. // Деформация и разрушение материалов. 2024. №. 2. С. 2–10. (RSCI, K1)
Gordeeva, M.I. Influence of the Phase Composition and Texture on the Elastic Properties of Al-Cu-Li Alloys / Gordeeva M.I., Betsofen S. Ya., Shalin A. V.,

Oglodkov M. S., Oglodkova Yu. S., Wu R., Maksimenko E. I., Prokopenko D. A. // Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2024. №. 4. P. 167–174. (Scopus, Web of Science, Q3).

4. Гордеева, М.И. Исследование влияния легирующих элементов на фазовый состав и упругие свойства листов сплавов системы Al-Cu-Li В-1480 и В-1481 / Гордеева М.И., Бецофен С.Я., Шалин А.И., В.С. Моисеев, Ву Р., Оглодкова Ю.С., Прокопенко Д.А., Максименко Е.И. //Металлы. 2024. №. 2. С. 29–35. (RSCI, K1).

5. Гордеева, М.И. Исследование текстуры и анизотропии механических свойств сплавов системы Al-Cu-Li 1441, В-1461 и В-1469 / Гордеева М.И., Бецофен С.Я., Шалин А.И., Ву Р., Оглодкова Ю.С., Максименко Е.И., Прокопенко Д.А. // Деформация и разрушение материалов // 2024. №. 7. С. 32–40. (RSCI, K1).

Gordeeva, M.I. Texture and Anisotropy of Mechanical Properties of Al-Cu-Li Alloys / Gordeeva, M.I., Betsofen S.Ya., Shalin A.V., Wu. R., Oglodkova Yu.S., Maksimenko E.I., Prokopenko D.A. // Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2024. №. 2. P. 1138–1144.

6. Гордеева, М.И. Фазовый состав, текстура и анизотропия механических свойств сплавов В-1480 и В-1481 / Гордеева М.И., Бецофен С.Я., Шалин А.И., Ву Р., Оглодкова Ю.С., Максименко Е.И., Прокопенко Д.А. //Металлы. 2024. №. 5. С. 18–27. (RSCI, K1).

7. Бецофен, С.Я. Влияние сверхбыстрого затвердевания на фазовый состав и модуль упругости сплавов 1441, В-1461, В-1469 системы Al-CuLi / Бецофен С.Я., Серов М.М., Шалин А.В., Сигалаев С.К., Ву Р., Максименко Е.И., Прокопенко Д.А. // Деформация и разрушение материалов. 2025. №. 2. С. 15–22. (RSCI, K1).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Прокопенко Д.А. работах.

На автореферат поступило 7 отзывов: от АО «Улан-Удэнский авиационный завод» за подписью главного инженера Бушуева А.А.; от ПАО «Объединенная

двигателестроительная корпорация-Сатурн» за подписью начальника лаборатории Управления главного металлурга, к.т.н., Щапова В.А., от ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН за подписью ведущего научного сотрудника лаборатории кристаллоструктурных исследований, к.ф.-м.н., Серебряного В.Н.; от ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» за подписью профессора кафедры Литейного производства и упрочняющих технологий, д.т.н., доцента Финкельштейна А.Б.; от ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ» за подписью профессора кафедры «Физические проблемы материаловедения», д.ф.-м.н., профессора Исаенковой М.Г.; от АО «Каменск-Уральский металлургический завод» за подписью ученого секретаря, к.т.н. Овсянникова Б.В.; от ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» за подписью директора Научно-исследовательского института прогрессивных технологий, профессора кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы», д.ф.-м.н., профессора Мерсона Д.Л.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

– в формуле (6) на странице 12 автореферата Величина $E_a W_a$ представляет произведение модуля Юнга α -твердого раствора сплава на его объемную долю. Однако значение модуля Юнга α -твердого раствора сплава заменено усредненной величиной модуля Юнга алюминия (см. Таблицу 3.2 на странице 9). Необходимо соответствующее объяснение этой замены;

– диссертация очевидно имеет прикладную направленность, но в автореферате отсутствует информация о внедрении или хотя бы опытной апробации;

– в работе использована оригинальная методика определения содержания δ' - и T_1 - фаз в сплавах системы Al-Cu-Li на основе измерения периодов решетки твердого раствора, однако в настоящее время для количественного фазового анализа широко используется метод Ритвельда.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика количественного фазового анализа текстурированных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Cu-Li, позволившая установить, что усредненная по трем направлениям в плоскости листа величина модуля Юнга пропорциональна суммарному количеству интерметаллидов δ' (Al_3Li) и T_1 (Al_2CuLi), при этом основной вклад дает δ' -фаза;

доказано, что в алюминиевых сплавах 1441, В-1461, В-1469 и В-1480 формируется текстура $\{110\}<112>$ типа «латуни» с расположением направления $<111>$ в поперечном прокатке направлении, которая определяет анизотропию модуля Юнга, пределов текучести и прочности всех исследованных сплавов; максимальные значения модуля Юнга и прочностных свойств наблюдаются в поперечном прокатке направлении, а минимальные значения – под углом 45° к направлению прокатки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана количественная зависимость между отношением содержания легирующих элементов Cu и Li в атомных % и количеством интерметаллидных фаз в сплавах системы Al-Cu-Li: для сплава 1441 с отношением $\text{Cu/Li}=0,93$ количество T_1 - и δ' - фаз составляет, соответственно, 0,6 и 17,5%, а для сплава В-1469 с $\text{Cu/Li}=3,45 - 6,5$ и 3,5%.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы количественные методы фазового анализа, теоретические расчеты ориентационных факторов Закса для интерпретации анизотропии прочностных свойств, расчетные методы оценки анизотропии упругих свойств с использованием количественных текстурных данных и монокристалльных констант упругости;

изложены результаты исследования анизотропии механических свойств листов из промышленных алюминиевых сплавов. Показано, что предел текучести

в направлении прокатки и в поперечном направлении для сплава В-1480 выше, чем для сплава В-1481, а минимальные значения для обоих сплавов наблюдаются под углом 45° к направлению прокатки.

изучено влияние направление вырезки образцов из листовых полуфабрикатов сплавов системы Al-Cu-Li (направление прокатки, поперечное прокатке направлению и под углом 45°) на формирование текстуры, механические свойства и модуль Юнга.

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

разработан метод прогнозирования величины модуля Юнга сплавов системы Al-Cu-Li со сбалансированными упругими и прочностными свойствами на основе количественного соотношения интерметаллидов δ' (Al_3Li)- и T_1 (Al_2CuLi) - фаз;

определены перспективы практического использования методических разработок для оценки анизотропии упругих и прочностных свойств и оптимизации процедуры механических испытаний листовых промышленных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Cu-Li на предприятиях авиационной отрасли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования и интерпретации результатов, показано хорошее согласование экспериментальных результатов и расчетных параметров;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта изучения текстуры и анизотропии свойств алюминиевых сплавов;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов,

их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- на слайде 15 нет обозначений, какой график соответствует сплавам, описанным в диссертации, из чего следует вывод о не полной информативности слайда и неясно какой следует вывод из данных графиков;

- не совсем ясна причина выбора конкретных сплавов и в чем состоит их отличие друг от друга;

- в работе широко показана методика влияния текстуры и фазового состава на анизотропию механических свойств сплавов, но не показано, проводились ли исследования в области влияния термического старения сплавов на анизотропию.

Соискатель Прокопенко Д.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- на слайде 15 приведены значения механических свойств листов из сплавов 1441, В-1461 и В-1469 в зависимости от направления вырезки образцов. Видно, что минимальные значения прочности и максимальная пластичность соответствуют 45° градусному направлению, при этом анизотропия свойств в сплаве В-1469 существенно ниже, чем в двух других сплавах, что согласуется с менее выраженной текстурой в нем;

- данные сплавы были выбраны для оценки влияния содержания основных легирующих элементов, а именно, соотношения меди и лития, также стоит указать что у выбранных сплавов разный фазовый состав;

- в данной работе не проводились исследования в области термического старения на анизотропию свойств. Стоит сказать, что исследования по термическому старению включены в план будущих исследований в рамках развития данной работы.

На заседании 11 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по

исследованию влияния текстуры и фазового состава на анизотропию механических свойств сплавов системы Al-Cu-Li, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Прокопенко Денису Алексеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки), участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Скворцова Светлана Владимировна

11 декабря 2025 года

Проректор по научной работе



Иванов Андрей Владимирович