

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
**99.2.039.02**

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение объединенного диссертационного  
совета от 19.06.2026 г. № 4

О присуждении Климановой Анастасии Михайловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние легирования фосфором на структурное состояние и свойства многокомпонентных латуней» по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) принята к защите 02 апреля 2026 г. (протокол заседания № 3), объединенным диссертационным советом 99.2.039.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки Российской Федерации, 443100, Самара, Молодогвардейская 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки РФ №45/нк от 30.01.2017 г.

**Соискатель Климанова Анастасия Михайловна**, 12.11.1998 года рождения, в 2022 году с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», г.о. Тольятти, по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов» (квалификация магистр). В период с сентября 2022 года по настоящее время обучается в аспирантуре в ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

С 24.06.2025 года зачислена в качестве лица, прикрепленного для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки). Справка о сдаче кандидатских экзаменов по научной специальности 2.6.17. Материаловедение №Сп-02.03/658 выдана 11.07.2025 года федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Самарский государственный технический университет».

С февраля 2022 года по апрель 2024 года работала в АО «АВТОВАЗ» в должности инженера-технолога (с присвоением второй квалификационной категории), с апреля 2024 года по настоящее время продолжает работать в АО «АВТОВАЗ» в должности инженера-исследователя (с первой квалификационной категорией).

Диссертация выполнена на кафедре «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, Выбойщик Михаил Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы», профессор.

**Официальные оппоненты:**

- Пугачева Наталия Борисовна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория микромеханики материалов, главный научный сотрудник;

- Титов Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», кафедра литейных технологий и художественной обработки материалов, доцент.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), г. Екатеринбург — в своем положительном отзыве, утвержденном заместителем проректора по науке УрФУ Корелиным А.В., подписанном заведующим кафедрой литейного производства и упрочняющих технологий УрФУ Сулициным А.В. и заверенном ученым секретарем УрФУ Морозовой В.А., указала, что диссертационная работа посвящена актуальной научно-технической задаче установления закономерностей влияния фосфора на структурно-фазовое состояние, морфологию упрочняющих фаз, технологические и эксплуатационные свойства многокомпонентных кремнемарганцевых латуней, применяемых для деталей пар трения. В отзыве отмечено, что полученные результаты имеют научную и практическую значимость для развития материаловедения медных сплавов, а также для разработки технической документации и системы контроля качества фосфорсодержащих латуней.

Отзыв содержит следующие замечания: 1) В работе показано снижение твёрдости литых образцов с ростом содержания фосфора, за исключением концентрации 0,10 %, что объясняется увеличением доли пластичной  $\alpha$ -фазы; однако из текста не вполне ясно, проводился ли количественный расчёт вкладов твёрдорастворного и зернограничного упрочнения в суммарную твёрдость. 2) При обсуждении термической стабильности фаз констатируется преимущественное связывание фосфора с марганцем и железом, но недостаточно полно раскрыта термодинамическая причина этого явления, например, в сравнении энергий Гиббса образования фосфидов и силицидов, а также по отношению к другим легирующим элементам. 3) В разделе, посвящённом обрабатываемости резанием, приведе-

ны данные о времени сверления; для возможности переноса результатов на другие производственные участки целесообразно дополнить описание параметрами резания и критериями оценки стружкообразования либо износа режущей кромки. 4) Неоднократно рассматривается снижение склонности материала к растрескиванию при горячей деформации; для большей убедительности целесообразно привести более формализованный критерий такой оценки: число испытанных заготовок, условия фиксации трещин, предельные деформации и характер разрушения.

Отмеченные замечания носят уточняющий характер, касаются развития отдельных методических и интерпретационных аспектов исследования и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 5 работ в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в международной базе цитирования Scopus. По результатам исследований получено положительное решение о выдаче патента Российской Федерации. В опубликованных работах соискателя отражены основные результаты диссертационного исследования; недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют, вклад автора заключается в проведении экспериментов, анализе и интерпретации результатов, формулировании научных положений и подготовке публикаций.

#### **Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:**

1) **Климанова А.М.** Эволюция микроструктуры и свойств в процессе старения дисперсионно-твердеющей многокомпонентной латуни с фосфором // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2025. – № 9. – С. 42–47.

2) Svyatkin A.V., Vyboyshchik M.A., **Klimanova A.M.** Effect of Phosphorus on the Properties and Microstructure of Multicomponent Brasses // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2025. – Vol. 66. – No. 4. – P. 189–198.

3) Святкин А.В., **Гнусина А.М. (Климанова А.М.)**, Грызунова Н.Н. К вопросу о влиянии нагрева двухфазных легированных латуней на особенности морфологии интерметаллидных включений // Физика металлов и металловедение. – 2024. – Т. 125. – № 6. – С. 674–685.

4) Святкин А.В., Выбойщик М.А., **Гнусина А.М. (Климанова А.М.)** Влияние метастабильных соединений на склонность к растрескиванию многокомпонентных латуней // Деформация и разрушение материалов. – 2024. – № 4. – С. 32–40.

5) **Гнусина А.М. (Климанова А.М.)**, Святкин А.В. Влияние микролегирования фосфором на структурообразование многокомпонентной латуни ЛМцАЖН // Frontier Materials & Technologies. – 2024. – № 3. – С. 31–40.

6) Патент на изобретение РФ № 2025120619. Многокомпонентная латунь / Святкин А.В., Растегаев И.А., **Климанова А.М.**; заявл. 25.07.2025; решение о выдаче от 10.02.2026.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов:**

В отзыве официального оппонента **Пугачевой Н.Б.** указаны следующие замечания: 1) в литературном обзоре по сложнолегированным латуням ЛМцАЖН и ЛМцАЖКС не приведены изображения микроструктур, хотя это было бы наглядно для сопоставления с результатами автора. 2) Формулировки ряда целей и задач недостаточно удачны; поставленные цели, по мнению оппонента, не во всех случаях согласуются с научной новизной, положениями, выносимыми на защиту, и выводами. 3) Выводы по работе чрезмерно мно-

гочисленны и могли бы быть сформулированы в более обобщенном виде. 4) В работе отсутствуют результаты фазового рентгеноструктурного анализа, что ограничивает строгость идентификации соединений типа  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{P}$ . 5) При обсуждении стабилизации структуры после отжига при 400–450 °С недостаточно подробно объяснены протекающие превращения. 6) Для анализа фазовых превращений не использованы дилатометрический и калориметрический анализы. 7) в работе рассмотрены литые фосфорсодержащие сплавы, но не проведена прямая оценка их способности к горячей пластической деформации.

В отзыве официального оппонента **Титова А.Ю.** указаны следующие замечания:

1) Из диссертации не ясно, как были выбраны концентрации добавок фосфора и как учитывалась возможная неоднородность его распределения в слитке. 2) Методика оценки снижения склонности фосфорсодержащих латуней к растрескиванию при горячей деформации носит преимущественно качественный характер. 3) Фактический состав латуни ЛМцАЖН, приведенный в работе, отличается от регламентированного состава по ТУ, что требует пояснения. 4) При описании получения образцов недостаточно полно указаны параметры заливки, кокиля и скорость охлаждения, что затрудняет воспроизведение эксперимента. 5) Объяснение повышения твердости при добавлении 0,1 мас.% Р протеканием сдвигового превращения требует дополнительного подтверждения методами РСА и ПЭМ. 6) Испытания на износ проведены не по стандартной методике, а результаты носят сравнительный характер. 7) В приложении 1 «Технические условия ТУ 48.43.31-001-00232934-2025» имеются неточности в указании методов и единиц измерения твердости. 8) Не проведена оценка объемной доли включений в исходном сплаве и влияния дополнительного легирования фосфором на этот показатель. 9) Не в полной мере ясен принцип выбора материалов для сравнения обрабатываемости резанием и износостойкости. 10) Часть графического материала оформлена недостаточно единообразно и требует улучшения читаемости осей и масштабных линеек.

**На автореферат поступило 12 отзывов от:**

**Емелюшина А.Н.**, д.т.н., профессора кафедры литейных процессов и материаловедения ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск); **Шацова А.А.**, д.т.н., профессора, и **Гребенькова С.К.**, к.т.н., ведущего инженера кафедры «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь); **Карлиной А.И.**, к.т.н., ведущего эксперта АО «Северсталь Менеджмент» (г. Москва); **Волкова А.Ю.**, д.т.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией прочности ФГБУН Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург); **Шаркеева Ю.П.**, д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории физики наноструктурных биоконпозитов ФГБУН Института физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск); **Маркушева М.В.**, д.т.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией «Материаловедение и технологии легких сплавов» ФГБУН Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (г. Уфа); **Чуканова А.Н.**, д.т.н., доцента, ведущего научного сотрудника кафедры технологии сервиса ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого» (г. Тула); **Абдюханова И.М.**, к.т.н., заместителя генерального директора,

директора научно-исследовательского отделения технологии и материаловедения СПМ и функциональных материалов АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (г. Москва); **Невского С.А.**, д.т.н., доцента, профессора кафедры «Естественнонаучные дисциплины имени профессора В.М. Финкеля» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк); **Слаутина О.В.**, д.т.н., доцента, и.о. заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы», и **Кулевича В.П.**, к.т.н., доцента кафедры «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (г. Волгоград); **Гладковского С.В.**, д.т.н., доцента, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией деформирования и разрушения ФГБУН Института машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург); **Кудри А.В.**, д.т.н., профессора кафедры металловедения и физики прочности ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва).

Замечаний, ставящих под сомнение достоверность, научную новизну и практическую значимость результатов диссертации, в отзывах на автореферат не содержится. Высказанные замечания имеют уточняющий и дискуссионный характер. Отмечено: в автореферате не раскрыта причина, по которой дисперсионное твердение существенно повышает твердость латуни с 0,5 % фосфора и не дает аналогичного эффекта при меньших концентрациях; недостаточно описана методика определения износостойкости; не представлены в полном объеме характеристики конструкционной прочности; высказано предложение использовать модельные представления для интерпретации результатов; указана опечатка в обозначении соединения  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{-Si}$ ; отмечено отсутствие данных о коррозионной стойкости разработанных латуней в трансмиссионных маслах и оценки экономической эффективности замены традиционных латуней фосфорсодержащими; обращено внимание на необходимость более обобщенного представления выводов, уточнения механизма сдвигового превращения  $\beta \rightarrow \alpha$  при 0,10 % P и учета возможного влияния скорости нагрева на температуры устойчивости фосфидных и силицидных включений; указано, что в отдельных таблицах и по тексту автореферата не всегда единообразно обозначены единицы концентрации элементов (мас.% или ат.%); высказано пожелание о применении просвечивающей электронной микроскопии для усиления достоверности структурной интерпретации; отмечено, что при описании метастабильной пластинчатой  $\alpha$ -фазы следовало подробнее раскрыть условия проявления ее метастабильности; указано, что для идентификации образующихся фаз и определения их стехиометрического состава, в том числе интерметаллидов, силицидов и фосфорсодержащих соединений, целесообразно использовать рентгенофазовый или фазовый рентгеноструктурный анализ; обращено внимание на необходимость указания нормативного документа на методику испытаний на износостойкость и ее соответствия стандартным методам испытания цветных сплавов; рекомендовано избегать неудачных словосочетаний типа «латунные материалы»; высказано пожелание представить сведения об ожидаемом экономическом эффекте внедрения разработанных решений; предложено дополнительно исследовать трибологические характеристики разработанных фосфорсодержащих латуней при повышенных температурах, моделирующих условия

интенсивной работы синхронизатора; отмечено, что для внедрения в производство важно оценить стойкость режущего инструмента при обработке партий заготовок; высказано пожелание оценить применимость разработанных латуней не только для колец синхронизаторов, но и для других деталей арматуры или подшипников скольжения; указано на необходимость пояснить, почему в исследованных многокомпонентных латунях не обнаруживалось соединение  $\text{Cu}_3\text{P}$ , возможное при концентрации фосфора свыше 0,05 %, и какие легирующие элементы или режимы термической обработки препятствовали его образованию; отмечено, что в автореферате не указана погрешность определения содержания фосфора в фазах, не раскрыто, каким образом определено количественное соотношение  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз, не приведены дополнительные доказательства сдвигового характера перехода  $\beta \rightarrow \alpha$  при содержании фосфора 0,10 % помимо образования бейнитоподобной структуры, а также не пояснен термин «распывчатая граница».

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы критериям Положения о присуждении ученых степеней, а её автор – Климанова А.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их** высокой квалификацией в области материаловедения и исследований, связанных с формированием структуры и свойств цветных металлических материалов при различных видах технологического воздействия. Компетентность приглашенных специалистов подтверждается их публикациями по вопросам структуры и свойств металлических материалов, морфологии упрочняющих фаз, процессов деформации и разрушения, а также практического применения материаловедческих исследований в промышленности. Ведущая организация обладает необходимой научной инфраструктурой и опытом проведения исследований в области цветных металлов и сплавов, материаловедения и технологий обработки материалов.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработан** научно обоснованный подход к легированию фосфором многокомпонентных кремнемарганцевых латуней системы  $\text{Cu-Zn-Mn-Al-Fe-Si}$ , позволяющий целенаправленно изменять соотношение  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз, состав, морфологию и термическую устойчивость силицидных и фосфидных включений;

- **предложены** научно обоснованные представления о конкуренции фосфора и кремния во взаимодействии с железом и марганцем в многокомпонентных латунях, что позволяет объяснить образование фосфорсодержащих фаз и перераспределение кремния между твердым раствором и упрочняющими включениями;

- **доказана** зависимость структурно-фазового состояния и твердости экспериментальных латуней от содержания фосфора в диапазоне 0,05–0,50 мас. %, в том числе рост доли  $\alpha$ -фазы, изменение морфологии включений и аномальное повышение твердости при содержании фосфора около 0,10 мас. %;

- **введена** в производство АО «АВТОВАЗ» технология получения и обработки фосфорсодержащих многокомпонентных латуней для кованных заготовок колец синхронизаторов.

- **получен** патент на состав многокомпонентной латуни: патент РФ № 2859405.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **доказаны** закономерности влияния фосфора в диапазоне 0,05-0,50 мас. % на соотношение  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз, морфологию и термическую устойчивость фосфидных и силицидных включений в многокомпонентных кремнемарганцевых латунях;

- **раскрыта** роль фосфора в перераспределении кремния между  $\beta$ -фазой и упрочняющими включениями;

- **изучены** структурные условия формирования метастабильной пластинчатой  $\alpha$ -фазы при содержании фосфора около 0,10 мас. %, сопровождающиеся аномальным повышением твердости до 210 HV.

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

- **разработаны и внедрены** в производственную практику АО «АВТОВАЗ» технические условия ТУ 48.43.31-001-00232934-2025 на кованные латунные заготовки для колец синхронизаторов с регламентированным содержанием фосфора для марок ЛМцАЖНФ, ЛМцАЖНФ1 и ЛМцАЖКФС;

- **создана и внедрена** система контроля качества фосфорсодержащих латуней, основанная на металлографическом анализе структуры, количественной оценке фазового состава, контроле твердости и химического состава;

- **представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию и опытно-промышленной апробации разработанных технико-технологических решений, подтверждающих их практическую применимость;

- **определены** технологически допустимые интервалы содержания фосфора для марок ЛМцАЖНФ, ЛМцАЖНФ1 и ЛМцАЖКФС, а также режимы горячей деформации не выше 750 °С и стабилизирующего отжига, обеспечивающие требуемое соотношение  $\alpha/\beta$ -фаз, твердость 165-213 HV и повышение износостойкости, в том числе снижение объемного износа в смазочной среде GL-4 75W-90 на 48 % для сплава с 0,50 мас. % Р, на 4% при сухом трении и на 28% по расчёту с учётом содержания силицидов; обрабатываемость резанием на уровне ЛМцАЖКФС при вдвое меньшем содержании свинца.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **для экспериментальных работ** результаты получены с применением комплекса взаимодополняющих методов исследования структуры, химического состава и свойств на сертифицированном лабораторном оборудовании;

- **идентификация** типов включений, в том числе фосфидов (Fe,Mn) $\square$ P и силицидов, выполнена по данным сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного микроанализа и элементного картирования;

- **теория** построена на известных и проверяемых положениях физического материаловедения, термодинамики фазообразования и металловедения медных сплавов и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по смежным системам;

- **идея базируется** на возможности управления кинетикой структурно-фазовых превращений в многокомпонентных кремнемарганцевых латунях путем легирования фосфором;

- **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборки экспериментальных образцов и комплексная оценка структуры, твердости, износостойкости и технологических свойств;

- **воспроизводимость результатов** подтверждена исследованием трех комплектов образцов для каждого состава; обработка данных выполнена с учетом источников погрешностей и неопределенностей; результаты лабораторных исследований согласуются с данными промышленной апробации и актами внедрения.

**Личный вклад соискателя состоит** в участии на всех этапах исследования: постановке цели и задач, планировании и проведении экспериментальных плавок и термической обработки, подготовке образцов, выполнении металлографических исследований, анализе химического состава и структурно-фазового состояния, обработке и интерпретации результатов, проведении сравнительных испытаний, формулировке основных научных положений, подготовке публикаций и материалов для внедрения результатов в производство.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Климанова А.М. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 19 июня 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Климановой Анастасии Михайловне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за новую научно обоснованную разработку фосфорсодержащих латуней, обеспечивающую повышение технологичности и эксплуатационной надёжности деталей пар трения, имеющую существенное значение для развития страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - 0.

Председатель диссертационного  
совета 99.2.039.02



Клебанов Яков Мордухович

Ученый секретарь диссертационного  
совета 99.2.039.02

Луца Альфия Расимовна

19 июня 2026 г.