

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.07  
ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 08.09.2022 № 33

О присуждении Шахназарову Карэну Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка единого критерия оценки взаимосвязи свойств сплавов с диаграммами состояния для обеспечения работоспособности машиностроительных материалов» по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение) принята к защите 28.04.2022 г., (протокол заседания № 7) диссертационным советом ГУ 212.224.07 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 23.09.2019 1233 адм (с изм. от 23.10.2019 № 1413 адм; от 10.07.2020 №889 адм; от 28.01.2021 № 115 адм, от 14.12.2021 № 2408 адм; от 04.02.2022 № 170 адм; от 22.04.2022 № 711 адм).

Соискатель, **Шахназаров Карэн Юрьевич**, 12 июня 1963 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Выбор режима термообработки среднелегированных сталей по трещиностойкости после отпуска различной продолжительности и замедленного охлаждения при закалке» защитил в 1993 году, в диссертационном совете Д 063.38.08, созданном на базе Санкт-Петербургского государственного технического университета.

Работает доцентом кафедры материаловедения и технологии художественных изделий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения и технологии художественных изделий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный консультант - **Вологжанина Светлана Антониновна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры материаловедения и технологии художественных изделий в федеральном государственном

бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Официальные оппоненты:

**Колокольцев Валерий Михайлович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», президент;

**Ермаков Борис Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», лаборатория «Лаборатория ресурса материалов», заведующий;

**Оленин Михаил Иванович**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина национального исследовательского центра «Курчатовский институт», главный научный сотрудник;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»** (г. Великий Новгород) в своем положительном отзыве, подписанном **Филипповым Дмитрием Александровичем**, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой «Промышленных технологий», секретарем заседания **Удальцовой Еленой Владимировной**, и утвержденной **Ефременковым Андреем Борисовичем**, проректором по научной работе указала, что положения, вынесенные на защиту, выводы и рекомендации, приведенные в работе, представляются достоверными, так как они обусловлены воспроизводимостью и согласованностью полученных данных, доказаны значительным объемом разнообразных экспериментальных исследований, выполненных в обоснование основных теоретических положений, применением современного сертифицированного исследовательского оборудования и лицензионных программных средств для обработки информации, значительным количеством разнообразных экспериментальных исследований структуры, полученных в ходе выполнения исследования. Теория построена на известных, проверяемых данных, взятых из открытых источников, согласуется с экспериментальными данными, полученными в диссертационной работе.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе 11 статей - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК, в 11 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Общий объем – 9,83 печатных листа, в том числе 5,23 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Шахназаров, К.Ю.** Обоснование признаков превращения в железе и углеродистых сталях при  $\sim 450$  °С / К.Ю. Шахназаров, А.В. Михайлов, Д.В. Цуканов // Информационно-технологический вестник. – 2021. – №2 (28). – С. 190 – 200.

*Соискателем установлено, что причиной аномального поведения железа и углеродистых сталей вблизи температуры  $\sim 450$  °С является превращение в железе при данной температуре.*

2. **Шахназаров, К.Ю.** Эффект «памяти жидкости» в стали, чугуна и силумине / К.Ю. Шахназаров // Информационно-технологический вестник. – 2020. – №2 (24). – С. 179 – 185.

*Соискателем определена взаимосвязь аномалий свойств расплавов (сталей, чугунов и силуминов) с аномалиями свойств в твердом состоянии. Установлено, что аномалии свойств, как в расплавах, так и в твердом состоянии, связаны с наличием промежуточных фаз.*

3. **Шахназаров, К.Ю.** Связь физико-механических и технологических свойств двойных сплавов с качественными изменениями интервалов кристаллизации / А.В. Михайлов, К.Ю. Шахназаров // Информационно-технологический вестник. – 2020. – №4 (26). – С. 134 – 144.

*Соискателем установлена связь экстремумов на кривых физико-механических и технологических свойств двойных сплавов с диаграммами состояния на основании впервые установленного критерия оценки свойств по виду диаграммы.*

4. **Шахназаров, К.Ю.** Закономерности связи аномалий физико-механических свойств цветных сплавов с диаграммами фазового равновесия / К.Ю. Шахназаров // Вектор науки Тольяттинского государственного

университета. – 2020. – № 3. – С. 86 – 91. DOI: 10.18323/2073-5073-2020-3-86-91.

*Соискателем определены закономерности связи аномалий физико-механических свойств цветных сплавов с диаграммами фазового равновесия на основании впервые установленного критерия (качественного изменения интервалов кристаллизации).*

**5. Шахназаров, К.Ю.** Связь аномалий свойств сплавов с компонентом-полупроводником и особенностей стеклообразования с диаграммами состояния / К.Ю. Шахназаров, А.В. Михайлов, Д.В. Цуканов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2020. – № 4. – С. 67 – 76. DOI: 10.18323/2073-5073-2020-4-00-00.

*Соискателем установлена связь аномалий свойств сплавов с компонентом-полупроводником и особенности стеклообразования (аморфизации) сплавов на основании впервые установленного критерия с диаграммами состояния.*

**6. Шахназаров, К.Ю.** Экстремумы на температурных зависимостях физико-механических свойств железа как следствие превращения в нем при ~ 650 °С / К.Ю. Шахназаров // Вестник Югорского государственного университета. – 2020. – Т. 16. – №2. – С. 66 – 70. DOI: 10.17816/byusu2020266-70.

*Соискателем определено, что экстремальные значения на кривых зависимости физико-механических свойств железа и сталей связаны с превращением в железе при температуре ~ 650 °С.*

**7. Шахназаров, К.Ю.** К вопросу об аддитивности физико-механических свойств силуминов и сталей / К.Ю. Шахназаров // Ползуновский вестник. – 2020. – №2. – С. 149 – 151.

*Соискателем определены причины отклонения свойств сталей и силуминов от установленного правила аддитивности свойств сплавов-смесей (закон Курнакова). Внесены уточнения в правило аддитивности (закон Курнакова).*

**8. Шахназаров, К.Ю.** Аномалии пластичности латуни, бронзы, силумина, дуралюмина и отожженной стали как следствие качественного изменения интервала кристаллизации / К.Ю. Шахназаров // Металлообработка. – 2017. – №1 (97). – С. 40 – 43.

*Соискателем определены причины аномалий свойств латуней, бронз, силуминов и отожженных сталей. Установлено, что аномалии свойств вышеперечисленных сплавов связаны с качественными изменениями их интервалов кристаллизации, фундаментальными признаками промежуточных фаз.*

9. **Шахназаров, К.Ю.** Аномалии физико-механических свойств железа как следствие превращений при  $\sim 650$ ,  $\sim 450$  и  $\sim 200$  °С / К.Ю. Шахназаров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. – 2017. – Т.15. – №1. – С. 70 – 78. DOI: 10.18503/1995-2732-2017-15-1-70-78.

*Соискателем определены причины особенностей изменения физико-механических свойств железа и углеродистых сталей вблизи температур 650,  $\sim 450$  и  $\sim 200$  °С. На основании установленных причин сделано предположение о превращениях в железе при данных температурах.*

10. **Шахназаров, К.Ю.** Признаки промежуточных фаз в системах Al – Si, Fe – C и Al – Cu / К.Ю. Шахназаров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2016. Т.14, №3. – С. 71 – 77.

*Соискателем определены причины особенностей механического поведения силуминов, сталей и латуней. Установлено, что причиной аномального изменения свойств вышеперечисленных сплавов является наличие в них промежуточных фаз.*

11. **Шахназаров, К.Ю.** Хрупкость, тетрагональность, изменение морфологии мартенсита, дестабилизация аустенита углеродом, если его больше  $\sim 0,5$  %, как следствие наличия промежуточной фазы  $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$  / К.Ю. Шахназаров // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2016. – Т. 9, №6. – С. 912 – 917.

*Соискателем определены причины хрупкости, сложности измерения тетрагональности, изменения морфологии мартенсита, а также дестабилизации аустенита углеродом. Установлено, что вышеперечисленные аномалии свойств связаны с наличием промежуточной фазы  $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$ .*

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

12. **Shakhnazarov, K.Y.**  $630^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$  - Nodal (Critical) Temperature of Iron and Carbon Steel / K.Y. Shakhnazarov, E.I. Pryakhin, A.V. Mikhailov // Materials Science Forum. Vol. 1040. 2021. pp.191–199. Doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1040>.

**Шахназаров К.Ю.** Узловая (критическая) температура железа и углеродистых сталей /К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин, А.В. Михайлов // Materials Science Forum. Т. 1040. 2021. С.191–199. Doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1040>.

*Соискателем установлено, что особенности изменения физико-механических свойств железа и сталей при температуре  $630^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$*

*связаны с превращением в тонкой структуре железа при данной температуре. Это дает объяснение аномальному механическому поведению сталей при указанной температуре.*

13. **Shakhnazarov, K.Yu.** Property Anomalies of Unalloyed Pre-Eutectoid Steel Melts at ~ 0.5% C as a Consequence of the Intermediate Fe<sub>42</sub>C Phase / K.Yu. Shakhnazarov // Steel in Translation. – 2020, – Vol. 50, – No. 4, – pp. 261 – 265. DOI: 10.3103/S0967091220040087.

**Шахназаров, К.Ю.** Аномалии свойств расплавов доэвтектоидных сталей при ~ 0.5% C как следствие промежуточной фазы Fe<sub>42</sub>C / Steel in Translation. - - 2020, – Т. 50, – No. 4, – С. 261 – 265. DOI: 10.3103/S0967091220040087.

*Соискателем установлена взаимосвязь аномалий свойств стальных нелегированных расплавов с наличием в них промежуточных фаз (химических соединений постоянного состава), которые проявляют себя аномалиями свойств и в твердом состоянии.*

14. **Shakhnazarov, K.Yu.** Detection of Intermediate Phases in Metal Alloys / K.Yu. Shakhnazarov, E.I Prykhin // Key Engineering Materials. Vol. 854. pp. 23 – 29. Doi:10.4028/www.scientific.net /KEM.854.23.

**Шахназаров К.Ю.** Обнаружение промежуточных фаз в металлических сплавах / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // Key Engineering Materials Т. 854. pp. 23 – 29. Doi:10.4028/www.scientific.net /KEM.854.23.

*Соискателем установлена возможность детектирования физико-механических свойств двойных сплавов по виду диаграмм состояния на основании впервые установленного критерия (качественного изменения интервала кристаллизации (перекристаллизации)).*

15. **Shakhnazarov, K.Yu.** Dependence of steel and alloys physico-mechanical properties anomalies with phase rule diagram / K.Yu. Shakhnazarov, E.I Prykhin // IOP Conf. Series: Journal of Physics. 2018. Vol. 1118 (012042). pp. 1 – 5. Doi:10.1088/1742-6596/1118/1/012042.

**Шахназаров К.Ю.** Взаимосвязь аномалий физико-механических свойств сталей и сплавов с фазовыми диаграммами состояний / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // IOP Conf. Series: Journal of Physics. 2018. С. 1118 (012042). С. 1 – 5. Doi:10.1088/1742-6596/1118/1/012042

*Соискателем установлена взаимосвязь аномалий свойств сталей и сплавов с качественными изменениями интервалов кристаллизации (перекристаллизации) на основании установленного критерия. Это дает возможность прогнозирования свойств сплавов по виду диаграмм фазового равновесия.*

16. **Shakhnazarov, K.Yu.** New version of Kurnakov's law about relationship between properties of binary alloys and phase diagrams balance / K.Yu. Shakhnazarov, E.I. Prykhin, I.B. Pomeranets // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 87 (092023). pp. 1 – 5. Doi:10.1088/1755-1315/87/9/092023.

**Шахназаров К.Ю.** Новая версия закона Курнакова о связи свойств двойных сплавов с фазовыми диаграммами состояний / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин, И.Б. Померанец // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. Т. 87 (092023). С. 1 – 5. Doi:10.1088/1755-1315/87/9/092023.

*Соискателем установлено, что ответственными за аномальное поведение двойных сплавов являются промежуточные фазы. В связи с этим предлагается альтернативная версия закона Курнакова (правило аддитивности).*

17. **Shakhnazarov, K.Yu.** Relation between anomalies of ferrum physical properties at  $\sim 650^\circ\text{C}$  with possible transformation in it / K.Yu. Shakhnazarov, E.I. Pryakhin // The «CIS Iron and Steel Review» journal. – Vol. 13 (2017). – p. 24 – 27.

**Шахназаров, К.Ю.** Связь аномалий физических свойств железа при  $\sim 650^\circ\text{C}$  с возможными превращениями в нем / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // The “CIS Iron and Steel Review” journal. – Т. 13 (2017). – С. 24 – 27.

*Соискателем определены причины аномалий свойств железа и сталей вблизи температуры  $650^\circ\text{C}$ . Установлено, что аномальное поведение железа и сталей связано с предполагаемым превращением при данной температуре.*

18. **Shakhnazarov, K.Yu.** On osmondite nature / K.Yu. Shakhnazarov, D.V. Chechurin // Journal of Mining Institute. – 2017. – Vol. – 227. – p. 554 – 557.

**Шахназаров К.Ю.** О природе осмондита / К.Ю. Шахназаров, Д. В. Чечурин // Journal of Mining Institute. – 2017. – Т. – 227. – С. 554 – 557.

*Соискателем установлено, что особенности механического поведения железа и сталей вблизи температуры  $\sim 450^\circ\text{C}$  связаны с предполагаемым превращением в железе при данной температуре.*

19. **Shakhnazarov, K.Yu.** Substantiation of relation between anomalies in properties of steel melts (at  $\sim 0,5\%$  C) and presence of intermediate phase  $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$  / K.Yu. Shakhnazarov, E.I. Pryakhin // The «CIS Iron and Steel Review» journal. – Vol. 12 (2016), p. 18 – 21.

**Шахназаров К.Ю.** Обоснования связи между аномалиями свойств расплавов стали (при  $0,5\%$  C) и наличием промежуточной фазы  $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$  / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // The «CIS Iron and Steel Review» journal. – Т. 12 (2016), С. 18 – 21.

*Соискателем определены причины экстремального поведения стальных расплавов с содержанием углерода 0,5 %. Установлено, что причиной экстремальных свойств сталей с указанным содержанием углерода является наличие промежуточной фазы  $\sim Fe_{42}C$ .*

20. **Shakhnazarov, K.Yu.** Anomalies in the structure and properties near three vertical lines on the iron-carbon diagram by D.K. Chernov / K.Yu. Shakhnazarov, E.I Prykhin // *Cherny Metally*. – 2016. – (10). – p. 29 – 33.

**Шахназаров, К.Ю.** Аномалии структуры и свойств сблизии трех вертикальных линий на диаграмме железо-углерод Д.К. Чернова /К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // *Черные металлы*, 2016.- (10). – С. 29-33.

*Соискателем установлено, что причиной аномалий свойств сталей является наличие в них промежуточных фаз. На основании установленной закономерности внесено предложение о нанесении трех вертикалей на диаграмму железо – углерод, что делает ее полезной для объяснения не только структуры, но и свойств.*

21. **Shakhnazarov, K.Yu.** Chernov`s iron-carbon diagram, structure and properties of stell / K.Yu. Shakhnazarov // *Metal Science and Heat Treatment*. – 2009. – 51(1 – 2). – стр. 3 – 6.

**Шахназаров К.Ю.** Диаграмма железо-углерод Чернова, структура и свойства стали // *Metal Science and Heat Treatment*. – 2009. – 51(1 – 2). – стр. 3 – 6.

*Соискателем определены критерии оценки взаимосвязи свойств сплавов системы железо-углерод с качественными изменениями интервалов кристаллизации (перекристаллизации) и изменением структурной наследственности (генеалогии) атомов компонентов.*

22. **Shakhnazarov K.Yu.** Main (critical) temperature of the iron and carbon steel / K.Yu. Shakhnazarov, A.Yu. Shakhnazarov // *Metal Science and Heat Treatment*. – 2001. – (21). – стр. 24 – 25.

**Шахназаров К.Ю.** Основная (критическая) температура железа и углеродистой стали // *Metal Science and Heat Treatment*. – 2001. – (21). – стр. 24 – 25.

*Соискателем определены причины особенностей изменения физико-механических свойств железа и углеродистых сталей вблизи температуры 430 °С. На основании установленных закономерностей сделано предположение о превращении в железе и углеродистых сталях при  $\sim 430$  °С.*



Публикации в прочих изданиях:

**23. Шахназаров, К.Ю.** Аномалии пластичности железа как следствие превращения при  $\sim 650$  °С / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // Записки Горного института. – 2016. – Т. 217. – С. 150 – 155.

*Соискателем на основании экстремальных значений пластических свойств железа и углеродистых сталей вблизи температуры 650 °С сделано предположение о превращении в железе и углеродистых сталях при данной температуре.*

**24. Шахназаров, К.Ю.** Площадки на кривых твердости отожженных доэвтектоидных сталей при  $\sim 0,5$  % С как следствие наличия промежуточной фазы  $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$  / К.Ю. Шахназаров, Е.И. Пряхин // Записки Горного института. – 2016. Т.221. – С.724 – 729.

*Соискателем определены причины неизменности твердости при 0,5 % углерода отожженных доэвтектоидных сталей. Установлено, что ответственным за аномальное поведение сталей является наличие в них промежуточной фазы  $\sim \text{Fe}_{42}\text{C}$ .*

**25. Шахназаров, К.Ю.** Новая версия объяснения аномальных свойств сталей / К.Ю. Шахназаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 1. – С. 134 – 137.

*Соискателем определены критерии оценки аномального изменения свойств сталей на основании впервые разработанного критерия. Установлено, что эти особенности связаны с наличием промежуточных фаз в системе железо-углерод.*

**26. Шахназаров, К.Ю.** Природа аномалий механических свойств металлических сплавов К.Ю. Шахназаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 2. – С. 125 – 126.

*Соискателем определены причины аномального поведения сталей, как в жидком (расплаве), так и в твердом состоянии. Установлено, что ответственными за аномальное изменение свойств сталей являются промежуточные фазы.*

**27. Шахназаров, К.Ю.** Аномалии физических и механических свойств железа как следствие предполагаемого превращения в нем при  $\sim 650$  °С / К.Ю. Шахназаров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3. – С. 268 – 270.

*Соискателем определены особенности изменения физико-механических свойств железа и углеродистых сталей вблизи температуры 650 °С. На основании установленных закономерностей сделано предположение о превращении в железе и углеродистых сталях при данной температуре.*

28. **Шахназаров, К.Ю.** Связь жидкотекучести бинарных сплавов с качественными изменениями протяженности по температуре интервала кристаллизации / К.Ю. Шахназаров // Литейщик России. – 2008. – № 2. – С. 46.

*Соискателем определены критерии оценки жидкотекучести бинарных сплавов на основании установленного критерия (качественного изменения интервала кристаллизации), что дает возможность прогнозировать жидкотекучесть сплавов по диаграмме состояния.*

29. **Шахназаров, К.Ю.** Связь скачкообразного роста линейной усадки эвтектических сплавов с качественными изменениями интервала кристаллизации / К.Ю. Шахназаров // Литейщик России. – 2008. – № 9. – С. 62.

*Соискателем определены критерии оценки линейной усадки двойных сплавов на основании установленного критерия (качественного изменения интервала кристаллизации), что дает возможность прогнозировать линейную усадку сплавов по диаграмме состояния.*

30. **Шахназаров, К.Ю.** Связь аномального повышения пластичности при росте прочности с качественными изменениями интервала кристаллизации в литых сплавах Cu – Zn, Cu – Sn, Al – Si, Cu – Si, Al – Zn, Zn – Al, Al – Mg, Mg – Al и Fe – C / К.Ю. Шахназаров, Г.А. Косников // Литейщик России. – 2008. – № 10. – С. 43.

*Соискателем определены критерии оценки повышения пластичности при росте прочности с качественными изменениями интервала кристаллизации в литых сплавах Cu – Zn, Cu – Sn, Al – Si, Cu – Si, Al – Zn, Zn – Al, Al – Mg, Mg – Al и Fe – C. Установлено, что ответственным за аномальное изменение механических свойств в вышеперечисленных сплавах является наличие промежуточных фаз.*

Свидетельства:

31. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022620320: заявл. 04.02.2022: опубл. 09.02.2022 Бюл №2 «База данных по зависимости комплекса свойств конструкционных и инструментальных сталей от различных режимов закалки и отпуска» / **К.Ю. Шахназаров, А.В. Бойков, Д.А. Прибыткова**; правообладатель Горный университет. – 1 с.

*Соискателем на основании полученных в диссертационной работе экспериментальных данных создана база данных по зависимости механических свойств и тонкой структуры конструкционных и инструментальных сталей в зависимости от температуры нагрева и условий охлаждения. На основании созданной базы данных разработана программа для ЭВМ.*

32. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022620319: заявл. 04.02.2022; опубл. 09.02.2022 Бюл. №2 «База данных по влиянию карбидообразующих легирующих элементов и режимов термической обработки на физико-механические свойства штамповых сталей» / **К.Ю. Шахназаров**, А.В. Бойков, Г.Р. Шарафутдинова; правообладатель Горный университет. – 1 с.

*Соискателем на основании полученных в диссертационной работе экспериментальных данных создана база данных по зависимости влияния карбидообразующих элементов на механические свойства штамповых сталей после различных режимов нагрева и охлаждения. На основании созданной базы данных разработана программа для ЭВМ.*

33. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021622985: заявл. 30.11.2021; опубл. 16.12.2021 Бюл. №2 «База данных по зависимости физико-механических свойств железа и различнолегированных сталей от режима термической обработки» / **К.Ю. Шахназаров**, А.В. Бойков, Е.Ю. Трошина; правообладатель Горный университет. – 1 с.

*Соискателем на основании полученных в диссертационной работе экспериментальных данных создана база данных по зависимости механических свойств и тонкой структуры железа разной степени чистоты в зависимости различных режимов термической обработки. На основании созданной базы данных разработана программа для ЭВМ.*

Апробация работы представлена в виде 77 сообщений и получила положительную оценку на международных и всероссийских конференциях: «Материаловедение, пластическая и термическая обработка» (Санкт-Петербург, 2000, 2002 г.); собрания металлосведов России (Краснодар, 2001 г.); VII и VIII международная научно-техническая конференция «Прочность материалов и конструкций при низких температурах» (Санкт-Петербург, 2002 г.); научно-технические международные конференции «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации материалов» (Санкт-Петербург, 2003 – 2009 г.); VI международный симпозиум «Современные проблемы прочности» (Великий Новгород, 2003 г.); научно-техническая конференция, посвященная 300-летию Санкт-Петербурга (Санкт-Петербург, 2003 г.); международные конференции «Фазовые превращения и прочность кристаллов» (Черноголовка, 2004, 2006, 2008, 2016 г.); XLII международная конференция «Актуальные проблемы прочности» (Калуга, 2004 г.); международные конференции «Актуальные проблемы прочности» (Витебск, 2004, 2007 г.); IV конференция молодых ученых и специалистов материаловедов (Санкт-Петербург, 2004 г.); 7-я международная научно-техническая конференция «Современные металлические материалы,

технологии и их использование в технике (Санкт-Петербург, 2006 г.); конференция «Актуальные проблемы прочности» (Белгород, 2006 г.); Всероссийские конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах» (Санкт-Петербург, 2006, 2007, 2009 г.); XVI международная конференция «Физика прочности и пластичности материалов» (Самара, 2006 г.); международная научно-техническая конференция «Современные достижения в теории и технологии пластической обработки металлов» (Санкт-Петербург, 2007 г.); 7-я всероссийская научно-практическая конференция «Литейное производство сегодня и завтра» (Санкт-Петербург, 2008 г.); международная конференция «Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения» (Санкт-Петербург, 2008 г.); международная конференция «Актуальные проблемы прочности» (Нижний Новгород, 2008 г.); международный симпозиум «Наследственность в литейных процессах» (Самара, 2008 г.); Международные научно-практические конференции «Неделя науки СПбГПУ» (Санкт-Петербург, 2009, 2012, 2014, 2015 г.); Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2015 г.); Международные научно-практические конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» (Санкт-Петербург, 2015 – 2021 г.г.), Международная научно-практическая конференция «Нанопластика и наноматериалы» (Санкт-Петербург, 2021).

В диссертации Шахназарова Карэна Юрьевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: начальника металлографической лаборатории ЦЗЛ АО "Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО "Алмаз-Антей" - Обуховский завод" к.т.н. **С.А. Пескишева**; профессора кафедры «Технологии промышленной и художественной обработки материалов» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», д.т.н., профессора **М.М. Черных**; директора ООО «ИЦ КСМ», д.ф.-м.н. **С.И. Маркова**; профессора кафедр «Архитектура» и «Материаловедения и технологии художественных изделий» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» **В.Н. Петрова**; доцента факультета энергетики и экотехнологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», к.т.н., доцента **А.Ф. Иголкина**; заведующего кафедрой автоматики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», к.т.н., доцента **В.С. Бочкова**; профессора кафедры

эксплуатации горного оборудования ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», д.т.н., профессора **М.Л. Хазина**; доцента отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ к.т.н. **Н.В. Мартюшева** и профессора того же отделения д.т.н. **В.А. Клименкова**; главного научного сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей», д.т.н., доцента **М.Г. Шарпова**; заведующей кафедрой металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», д.т.н., профессора **Н.В. Немчиновой**; заведующего кафедрой химии и материаловедения ВМПИ ВУНЦ ВМФ «ВМА» к.т.н., профессора **А.Л. Федорова**.

Все отзывы положительные. В них дана оценка проведенных исследований, отмечена актуальность темы, степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний.

1. В главе 4 на графиках зависимостей тонкой структуры железа, содержащего 0,008 %С, от температуры нагрева отсутствуют данные о погрешности экспериментальных данных, что затрудняет восприятие изложенного материала (к.т.н. **С.А. Пескишев**);

2. На странице 14 автореферата автор пишет: «Таким образом,  $K_{\Delta}$  лучше (универсальнее) дает объяснение особенностям изменения свойств сталей в жидком и твердом состоянии». Эта цитата из подраздела, касающегося особенностей изменения свойств сталей, содержащих 0,2 %С, а заключение сделано о сталях в целом. Следовало бы дать более точную формулировку об универсальности разработанного критерия – для всех исследованных в работе сталей идет речь или только о стали с 0,2 %С (д.т.н. **М.М. Черных**);

3. На странице 22 автореферата со ссылкой на В.М. Счастливецва автором приводится фраза: «превращение в перлит при 670 – 630 °С за секунды названо ... «удивительным фактом». Хотелось бы без ссылок на В.М. Счастливецва услышать мнение автора по поводу этого «удивительного факта» (д. физ-мат.н. **С.И. Марков**);

4. В главе 3, на странице 14 автореферата в разделе «Связь особенностей изменения свойств стали с ~ 0,1 % С с  $K_{\Delta}$ » приводится следующая формулировка: «максимумам прироста  $\sigma_{\text{в}}$  и  $H_{\text{с}}$  в результате вылеживания или отпуска после субкритической закалки». Что автор имеет в виду под термином «субкритическая закалка» применительно к стали? Если это закалка без полиморфного превращения, то обычно этот термин применяют к цветным сплавам, например к сплавам на основе алюминия, не обладающих полиморфизмом. Следовало бы дать более точную

формулировку режима термической обработки исследованной стали (к.т.н. **А.Ф. Иголкин**);

5. Название работы «Разработка единого критерия оценки взаимосвязи свойств сплавов с диаграммами состояния для обеспечения работоспособности машиностроительных материалов». Какие эксплуатационные характеристики включает в себя термин «работоспособность» (к.т.н. **В.С. Бочков** и д.т.н. **М.Л. Хазин**);

6. В выводах нигде не раскрывается взаимосвязь разработанного критерия – качественного изменения интервала кристаллизации (перекристаллизации) ( $K_{\Delta}$ ) с работоспособностью машиностроительных материалов (к.т.н. **В.С. Бочков** и д.т.н. **М.Л. Хазин**);

7. В главе 4 автореферата автором многократно упоминается термин «субкритическая отпускная хрупкость». Какой температуре соответствует эта упомянутая хрупкость? (к.т.н. **Н.В. Мартюшев**, и д.т.н. **В.А. Клименков**);

8. По автореферату в части главы 4 имеется замечание - соискателем на основании экстремумов и изгибов на кривых температурных зависимостей физических свойств железа и сталей ниже критических точек декларируется превращение при  $\sim 650$ ,  $\sim 450$  и  $\sim 200$  °С. Однако, природа этого превращения в диссертационной работе не раскрыта (д.т.н. **М.Г. Шарапов**);

9. Кроме того, хотя при чтении автореферата вполне ясно, что такое представляет собой предлагаемый автором критерий  $K_{\Delta}$ , однако нигде по тексту не дано четкого определения научно-техническим языком этого понятия, как узкоспециализированного термина для представления, например, в материаловедческом глоссарии (д.т.н. **М.Г. Шарапов**);

10. На странице 17 автореферата есть фраза: «Дуралюмин состава конца эвтектической горизонтали ( $\sim 6$  % Cu) соответствует  $K_{\Delta}$ . Это объясняет, почему абсолютные максимумы  $\sigma_B$  и  $\sigma_{0,2}$  не отвечают минимумам пластичности, что свидетельствует о ее повышенных значениях». Следовало бы дать более четкую формулировку связи  $K_{\Delta}$  с аномалиями свойств дуралюминов (д.т.н. **Н.В. Немчинова**);

11. На стр. 202 диссертационной работы автором приведены данные рентгеноструктурного анализа образцов железа (0,008 %C), указано что погрешность эксперимента составляет 1,5 %, а на стр. 208 - 220 приведены данные рентгеноструктурного анализа железа совместно со сталями 20, 45, 12ХНВА, 38ХНЗМФА и ХВГ. Но данные о погрешности экспериментальных данных отсутствуют (д.т.н. **Н.В. Немчинова**);

12. В автореферате отсутствует информация о других публикациях, а работа прошла апробацию на достаточно большом количестве форумов различного уровня (д.т.н. **Н.В. Немчинова**);

13. На странице 16 автореферата приведено утверждение: «в сплавах Al с 10 % Mg и сплавах Mg с 8 % Al изгибам солидуса, т.е.  $K_{\Delta}$  отвечают одновременные максимумы  $\delta$  и  $\sigma_B$ . На странице 101 диссертации приводится диаграмма состояния сплавов системы Al – Mg с экстремумами механических свойств. И диаграмма Al – Mg, и свойства ( $\delta$  и  $\sigma_B$ ) приведены автором схематизировано. Следовало бы для более убедительного доказательства связи свойств с разработанным критерием ( $K_{\Delta}$ ), привести реальную (экспериментально построенную) диаграмму Al – Mg и экспериментально построенные графики зависимости механических свойств от состава (к.т.н. А.Л. Федоров).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

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

**разработана** новая научная идея, заключающаяся в использовании диаграмм состояния для прогнозирования физико-механических и технологических свойств промышленно используемых сплавов на основании впервые разработанного критерия  $K_{\Delta}$  и позволяющая представить новую научную концепцию закона Курнакова Н.С. (правила аддитивности);

**предложены** оригинальные суждения по заявленной концепции, заключающиеся в новом научном подходе к анализу диаграмм состояния, линии которых являются концентрационными зависимостями интервалов кристаллизации или перекристаллизации;

**доказана** перспективность использования новой идеи в науке и практике в обеспечении работоспособности традиционно применяемых в машиностроении материалов: сталей, силуминов, латуней, бронз, магналиев и других сплавов посредством использования разработанного критерия  $K_{\Delta}$ ;

**введены** новый термин  $K_{\Delta}$  (качественное изменение интервалов кристаллизации (перекристаллизации)) и уточненная версия закона Курнакова Н.С.

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

**доказаны** положения о возможности прогнозирования физико-механических свойств машиностроительных сплавов по виду их диаграмм состояния с использованием разработанного критерия ( $K_{\Delta}$ );

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использован** комплекс современных базовых методов исследования, в том числе методик обработки экспериментальных данных, которые позволили получить обладающие новизной результаты;

**изложены** научные идеи, показывающие необходимость разработки единого для промышленно используемых сплавов критерия  $K_{\Delta}$  и фактор структурной наследственности, которые необходимо учитывать в ходе кристаллизации сплава из жидкого состояния;

**раскрыты** существенные противоречия теории: несоответствия свойств металлических сплавов их диаграммами состояния в соответствии с законом Курнакова Н.С.;

**изучены** факторы повышения комплекса эксплуатационных свойств машиностроительных материалов;

**проведена модернизация** существующих алгоритмов анализа диаграмм состояния сплавов, линии которых рассматриваются как концентрационные зависимости качественных изменений интервалов кристаллизации (перекристаллизации), обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

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

**разработаны и внедрены новые** режимы упрочняющей термической обработки штамповой стали 5Х2СМФ и среднелегированной конструкционной стали 36Х2Н2МФА, позволяющие повысить комплекс механических свойств. Эффективность разработанных режимов подтверждена актами производственных испытаний. Сталь 5Х2СМФ успешно эксплуатировалась на заводах ГАЗ и КАМАЗ. Эффективность применения разработанного режима термической обработки для стали 36Х2Н2МФА подтверждена актом об использовании (внедрении) Центрального научно-исследовательского института материалов (ФГУП ЦНИИМ). На основании проведенных исследований получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ;

**определены** пределы и перспективы практического использования разработанной теории оценки свойств по виду диаграмм состояния на основании разработанного критерия  $K_{\Delta}$  для прогнозирования свойств машиностроительных сплавов в ходе их изготовления и дальнейшей эксплуатации;

**создана** система практических рекомендаций по использованию разработанного критерия для выбора оптимальных химических составов машиностроительных сплавов, позволяющих повысить их работоспособность;



**представлены** рекомендации по дальнейшему совершенствованию машиностроительных материалов в различных условиях эксплуатации на основании разработанного критерия  $K_{\Delta}$ .

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровки, показана воспроизводимость результатов с учетом статистической обработки результатов исследования;

**теория** построена на известных, проверяемых данных и фактах, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе практики и обобщении передового опыта применения диаграмм состояния двойных сплавов для прогнозирования комплекса свойств машиностроительных материалов;

**использованы** сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** современные методики сбора, обработки, анализа исходной информации в контексте поставленных и решенных в диссертационной работе задач.

**Личный вклад соискателя состоит в:** постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной литературы; инициативе и проведении теоретических и экспериментальных исследований, участие соискателя в получении исходных и научных данных, полученных в ходе проведения экспериментов, обработке и трактовке полученных результатов, подготовке публикаций, отражающих основные положения и результаты диссертационной работы. Все этапы экспериментальной работы проведены лично соискателем или при его активном участии.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

Соискатель Шахназаров К.Ю. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел убедительные аргументы в защиту высказанных положений.

На заседании 08.09.2022 г. диссертационный совет принял решение присудить **Шахназарову Карэну Юрьевичу** ученую степень доктора технических наук по специальности 05.19.09 – Материаловедение

(машиностроение) за решение научной проблемы формирования комплексной системы оценки свойств двойных сплавов с учетом аномалий проявления физико-механических и технологических свойств.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Максаров  
Вячеслав Викторович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Звонарев  
Иван Евгеньевич

08.09.2022 г.