

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 30.05.2023 № 11

О присуждении Щербакову Александру Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Выбор и обоснование параметров конструкции и свойств материалов рабочих органов дорожно-строительных машин» по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы принята к защите 23.03.2023 (протокол заседания №2) диссертационным советом 24.2.380.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14.02.2023 года № 231/нк.

Соискатель Щербаков Александр Павлович, «15» января 1986 года рождения.

В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности 270109.65 «Теплогазоснабжение и вентиляция» с присвоением квалификации «Инженер». В 2020 году соискатель окончил с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки 15.04.03

«Прикладная механика» по образовательной программе «Вычислительная механика технических систем» с присвоением квалификации «Магистр». В 2022 году соискатель окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки 15.06.01 «Машиностроение», по образовательной программе «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» (заочная форма обучения).

Работает старшим преподавателем на кафедре судебных экспертиз федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре наземных транспортно-технологических машин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Пушкарев Александр Евгеньевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра наземных транспортно-технологических машин, профессор.

Официальные оппоненты:

Манжула Константин Павлович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», институт машиностроения, материалов и транспорта, Высшая школа транспорта, профессор;

Ватулин Ян Семенович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей

сообщения Императора Александра I», кафедра «Наземные транспортно-технологические комплексы», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», город Тула, в своем положительном отзыве, подписанном Анцевым Виталием Юрьевичем (доктор технических наук, профессор, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, кафедра «Транспортно-технологические машины и процессы», и.о. заведующего) указала, что диссертационная работа Щербакова Александра Павловича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи повышения долговечности рабочего оборудования за счет обоснованного выбора материала деталей, формирования технологических воздействий на этапе изготовления и ремонта дорожно-строительных машин. Диссертация подготовлена в виде рукописи, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку (п. 10 Положения о присуждении ученых степеней). Текст представленной диссертации полностью идентичен тексту диссертации, размещенному в сети «Интернет» (п. 20 Положения о присуждении ученых степеней). Автореферат полностью отражает содержание диссертации, в нем изложены все необходимые элементы работы. Требования к форме и объему автореферата выполнены (пп. 25, 26 Положения о присуждении ученых степеней). На основании вышеизложенного считаем, что диссертация «Выбор и обоснование параметров конструкции и свойств материалов рабочих органов дорожно-строительных машин» в полной мере соответствует критериям ВАК Минобрнауки Российской Федерации, п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г.

№ 842, а ее автор, Щербаков Александр Павлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 34 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11.

Работы, опубликованные в ведущих научных рецензируемых изданиях, перечень которых размещён на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии:

1. Щербаков, А.П. Влияние структурных параметров конструкционных сталей на результаты оценки напряженно-деформированного состояния сварных металлоконструкций / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко, А. А. Абросимова, Е. В. Трунова, Е. А. Корнеева, В. Н. Горшков // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 6 (59). – С. 194-199 (авторский вклад 17%).

2. Щербаков, А.П. К выбору конструкционных сталей для изготовления сварных металлических конструкций строительных машин / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко, А. А. Абросимова, Е. В. Трунова // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6 (65). – С. 233-238. – DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-233-238 (авторский вклад 19%).

3. Щербаков, А.П. К вопросу проведения коррозионных испытаний конструкционных сталей с различной исходной микроструктурой / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко, А. А. Абросимова, Е. В. Трунова // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6 (71). – С. 142-148 (авторский вклад 19%).

4. Щербаков, А.П. К вопросу влияния исходного состояния сварных заготовок на структуру и свойства сварных соединений / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко, И. А. Иванов, А. А. Абросимова // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 4 (69). – С. 150-155. – DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-150-155 (авторский вклад 19%).

5. Щербаков, А.П. Влияние термической и термоциклической обработки на механические свойства конструкционных сталей / А. П.

Щербаков, В. Е. Гордиенко, А. А. Абросимова, О. В. Кузьмин, Е.В. Трунова // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 1 (66). – С. 128-133. – DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-128-133 (авторский вклад 16%).

6. Щербаков, А.П. Оценка напряженно-деформированного состояния в зоне сварного соединения для рамы автопогрузчика / А. П. Щербаков, А. Е. Пушкарев, Н. Е. Манвелова // Известия МГТУ МАМИ. – 2020. – № 2 (44). – С. 93-101. – DOI 10.31992/2074-0530-2020-44-2-93-101 (авторский вклад 78%).

7. Щербаков, А.П. Влияние эксплуатационных особенностей строительных машин на выбор материала конструкций рабочих механизмов / А. П. Щербаков, В. И. Новиков, А. Е. Пушкарев, О. В. Кузьмин // Металлообработка. – 2020. – № 2 (116). – С. 24-30. – DOI 10.25960/mo.2020.2.24 (авторский вклад 34%).

8. Щербаков, А.П. Выбор материала и метода повышения износостойкости элементов строительных машин / А. П. Щербаков // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 4 (74). – С. 464-475. – DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-4-464-475 (авторский вклад 100%).

9. Щербаков, А.П. Экспериментальные исследования влияния термической обработки на свойства сварных соединений рабочих механизмов дорожно-строительных машин / А. П. Щербаков // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 6 (76). – С. 664-675. – DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-6-665-675 (авторский вклад 100%).

10. Щербаков, А.П. Анализ влияния термоциклической обработки сталей 09Г2С и 30MnB5 на прочностные характеристики рабочих органов дорожно-строительных машин / А. П. Щербаков, А. Е. Пушкарев, Т. В. Виноградова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – № 2 (78). – С. 180-190. – DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-2-180-190 (авторский вклад 74%).

11. Щербаков, А.П. Замена материала рабочего органа как путь повышения надежности дорожно-строительных машин / А. П. Щербаков,

А. Е. Пушкарев, С. Е. Максимов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – № 6 (82). – С. 646-661. – DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-6-646-661 (авторский вклад 78%).

Работы в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus и Web of Science):

12. Scherbakov, A. Passive fluxgate control of structural transformations in structural steels during thermal cycling / A. Scherbakov, D. Monastyreva, V. Smirnov // E3S Web of Conferences. – 2019. – Vol. 135. Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITESE-2019). – Article Number 03022. – DOI 10.1051/e3sconf/201913503022 (авторский вклад 80%).

13. Scherbakov, A. Technical condition of welded load-bearing metal structures of operated agricultural hoisting cranes / A. Scherbakov, A. Babanina, I. Kochetkov, P. Khoroshilov // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 175. XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020». – Article Number 11005. – DOI 10.1051/e3sconf/202017511005 (авторский вклад 80%).

14. Scherbakov, A. Mechanisms of construction machines and selection of steels for the manufacture of welded metal structures / A. Scherbakov, A. Babanina, E. Solovyeva, M. Aleksandrovskiy IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 1001. International Scientific and Practical Conference Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering (ERSME-2020) 20-22 October 2020, Rostov-on-Don, Russia. – Article Number 012012. – DOI 10.1088/1757-899X/1001/1/012012 (авторский вклад 57%).

15. Scherbakov, A. Materials and methods of experimental studies of welded metal structures of construction machines / A. Scherbakov, A. Babanina, E. Solovyeva, M. Aleksandrovskiy // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 130 LNCE. – P. 572-586. – DOI 10.1007/978-981-33-6208-6_57 (авторский вклад 79%).

16. Scherbakov, A. Passive probe-coil magnetic field test of stress-strain state for welded joints / A. Scherbakov, A. Babanina, A. Matusevich // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1259 AISC. – P. 312-323. – DOI 10.1007/978-3-030-57453-6_27 (авторский вклад 83%).

17. Scherbakov, A. Acting stresses in structural steels during elastoplastic deformation / A. Scherbakov, A. Babanina, K. Graboviy // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2021. – Vol. 1259 AISC. – P. 298-311. – DOI 10.1007/978-3-030-57453-6_26 (авторский вклад 91%).

18. Scherbakov, A. The Impact of External Influences on the Characteristics of Metals of Welded Structures of Construction Machines / A. Scherbakov, A. Babanina, V. Breskich, V. Klyovan // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2022. – Vol. 247. – P. 973-982. – DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_88 (авторский вклад 91%).

19. Scherbakov, A. Phased Passive Fluxgate Control of Structural Changes in Low-Carbon and Low-Alloy Steels of Construction Machines / A. Scherbakov, E. Kuzbagarova, A. Kuzbagarov, A. Babanina // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2022. – Vol. 247. – P. 143-157. – DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_15 (авторский вклад 84%).

20. Scherbakov, A. Destruction of Welded Metal Structures of Construction Machines Operated in Corrosive Environments / A. Scherbakov, A. Sklyarova, A. Pushkarev, A. Petrov // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. – 2022. – Vol. 247. – P. 557-573. – DOI 10.1007/978-981-16-3844-2_50 (авторский вклад 78%).

21. Scherbakov, A. The Influence of Deformation and Thermal Effects on the Structure and Properties of the Metal of Welded Structure Elements of Lifting Cranes / A. Scherbakov, E. Lukashuk, A. Pushkarev, T. Vinogradova // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. – 2022. – Vol. 247. – P. 539-555. – DOI 10.1007/978-981-16-3844-2_49 (авторский вклад 82%).

Монографии:

22. Щербаков, А.П. Пассивный феррозондовый контроль и расчет сварных металлоконструкций строительных машин с учетом кинетики коррозионных повреждений / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко, А. А. Абросимова, Е. В. Трунова. – СПб.: СПбГАСУ, 2018. – 170 с. – ISBN 978-5-9227-0915-6 (авторский вклад 29%).

23. Щербаков, А.П. Эффективность и надёжность процессов и технологий при эксплуатации наземных транспортно-технологических

машин: монография / А. П. Щербаков, А. А. Складорова, Е. В. Куракина. – СПб.: ООО «Издательский дом «Петрополис», 2020. – 188 с. – ISBN 978-5-9676-1191-9 (авторский вклад 73%).

Работы, опубликованные в других изданиях:

24. Щербаков, А.П. К оценке влияния воздействия коррозионной среды на надежность сварных металлоконструкций / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко, Е. В. Трунова, Е. А. Корнеева // Архитектура – строительство – транспорт: Материалы 73-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. – СПб.: СПбГАСУ, 2017. – С. 53–55 (авторский вклад 25%).

25. Щербаков, А.П. К вопросу проведения предварительной обработки сварных заготовок из конструкционных сталей перед сваркой / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко // Архитектура – строительство – транспорт: Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета. – СПб.: СПбГАСУ, 2018. – С. 9–11 (авторский вклад 83%).

26. Щербаков, А.П. Приспособление для точной и жесткой установки свариваемых заготовок / А. П. Щербаков, В. Е. Гордиенко // Актуальные проблемы безопасности дорожного движения: Материалы 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб.: СПбГАСУ, 2018. – С. 116–120 (авторский вклад 79%).

27. Щербаков, А.П. К разработке методики проведения коррозионных испытаний сталей в различном структурном состоянии для строительных машин / А. П. Щербаков, А. А. Абросимова // Актуальные проблемы современного строительства: сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых учёных. Ч. 2. – СПб.: СПбГАСУ, 2020. – С. 38–45 (авторский вклад 75%).

28. Щербаков, А.П. К выбору методов коррозионных испытаний изделий из конструкционных сталей с различной исходной структурой / А. П. Щербаков // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: сборник статей XVIII Международной научно-практической

конференции. – Пенза: Наука и Просвещение, 2020. – С. 13–16 (авторский вклад 100%).

29. Щербаков, А.П. Некоторые особенности проведения термической обработки металла до и после наплавки при ремонте деталей и изделий / А. П. Щербаков // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение, 2020. – С. 17–19 (авторский вклад 100%).

30. Щербаков, А.П. К методике повышения прочностных свойств металла в различных зонах сварных соединений металлоконструкций строительных машин / А. П. Щербаков // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2020. – С. 3042–3044 (авторский вклад 100%).

31. Щербаков, А.П. К выбору методов ускоренных коррозионных испытаний конструкционных сталей / А. П. Щербаков // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2020. – С. 3045–3051 (авторский вклад 100%).

32. Щербаков, А.П. Влияние деформационного воздействия на магнитные свойства различных зон сварных соединений из конструкционной стали Ст3 / А. П. Щербаков // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 3052 – 3056 (авторский вклад 100%).

33. Щербаков, А.П. Рабочие механизмы строительных машин и способы технологического обеспечения прочности сварных соединений из высокопрочных сталей / А. П. Щербаков, А. Е. Пушкарев, Н. Е. Манвелова // Недвижимость: экономика, управление. – 2020. – № 1. – С. 63-68 (авторский вклад 68%).

Патент:

34. Щербаков, А.П. Концентрат смазочно-охлаждающей жидкости на основе отходов масложирового производства для магнитно-абразивной обработки металлов / А. П. Щербаков, Н. Н. Романюк, Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев, К. Л. Сергеев, С. А. Войнаш, В. А. Соколова, Е. Ю. Ремшев, К. Ю. Максимович // Пат. № 2769313, РФ, МПК С10М 165/00 (2006.01), С10М 173/02 (2006.01), С10М 129/40 (2006.01), С10М 125/14 (2006.01), С10М 133/08 (2006.01), С10М 159/08 (2006.01), С10N 40/20 (2006.01) заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» – №2021109196; заявл. 02.04.2021; опубл. 30.03.2022, Бюл. №10 – 8 с.: ил.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, заведующий кафедрой «Транспортно-технологические средства» инженерно-технического факультета, кандидат технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, доцент **Монгуш Сылдыс Чамбааевич**.

Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

2. ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород, директор Политехнического института, доктор технических наук по специальности 05.03.06 – Технологии и машины сварочного производства, доцент **Сапожков Сергей Борисович**; заместитель директора Инженерной школы диагностики и промышленной безопасности, кандидат технических наук по специальности 05.03.06 – Технологии и машины сварочного производства, доцент **Зернин Евгений Александрович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Из автореферата не ясно, почему именно сталь 30MnB5 выбрана в качестве заменителя, а не другие марки среднеуглеродистых и/или низколегированных сталей, являющихся аналогичными по химическому составу, структуре и механическим свойствам.

– Как известно, зона термического влияния состоит из участков неполного расплавления, перегрева, нормализации, неполной перекристаллизации и т.д., имеющих разные механические свойства. Поэтому приведение значений твердости только в трех точках, без сопоставления с участками ЗТВ, является малоинформативным. Оценка неравнопрочности сварного соединения является также затруднительной без приведения сведений о способе (технологии сварки) и применяемым сварочным материалам. Отсюда останется неясным, почему в сварном соединении стали 09Г2С возникает значительная неравнопрочность (опираясь на данные рис.8 на стр.17 автореферата) – двукратная разница в значениях микротвердости. При этом точки 4 и 12 находятся на равном удалении от центра шва, но в них определены абсолютно разные значения микротвердости. То же касается точек 1, 2, 3 и 15, 14, 13 соответственно (причем в этом случае измерения проводились в основном металле, который дополнительно не подвергался термическому воздействию при сварке). Также сведения о сварном соединении были бы более полными при наличии макро- и микроструктуры шва и участков ЗТВ.

– Для оценки экономической целесообразности замены стали 09Г2С сталью 30MnB5 были использованы только критерий отказов деталей при их эксплуатации. При этом не ясно, проводилось ли сопоставление себестоимости технологии сварки приведенных сталей, относящихся к разным группам свариваемости. Кроме того, немаловажным является учет стоимости самой стали. Последнее является существенным фактором в условиях изменений. В этом случае целесообразно было бы рассмотреть, как минимум, стоимость отдельных этапов жизненного цикла изделия.

3. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор Высшей школы транспорта, доктор технических наук по специальностям 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства, 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины, доцент **Добрецов Роман Юрьевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Весьма спорным представляется тезис «Чем больше информации о свойствах материалов будет предоставлено разработчику машин, тем более обоснованным будет выбор» (см. стр.3), поскольку метод расчета, используемой разработчиком, должен быть формализован и для использования будет требовать конкретного набора исходных данных.

– Рабочая гипотеза (см. стр.4) представляется чрезмерно суженной, т.к. не менее существенное влияние на механические свойства оказывает и равномерность размеров зерен, и равномерность структуры, и специфика распределения в кристалле дефектов (дислокаций и дисклинаций), и особенности перемещения этих дефектов в кристаллической решетке.

– Требуется пояснения, почему автор выносит на защиту результаты выполненных исследований, но не методику их выполнения (см. перечень положений, выносимых на защиту на стр.5).

– На стр.7 автореферата утверждается, что автором опубликовано 34 печатных работы по теме исследования, но в конце автореферата приводится список только 24 работ, причем отсутствуют работы, связанные с Всероссийскими конференциями, упоминаемыми на стр.7.

– Не уделено внимание вопросам обеспечения работоспособности изделия при низких температурах.

4. ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», заведующий кафедрой «Городское строительство, архитектура и дизайн», доктор технических наук, профессор **Головин Константин Александрович**.

Отзыв положительный, имеется замечание:

– Неясно почему выбраны только 2 марки сталей, в то время как зуб экскаватора может быть изготовлен из других марок сталей.

5. ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, кафедра «Транспортно-технологические системы в строительстве и горном деле», доктор технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, профессор **Шемякин Станислав Аркадьевич**.

Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

6. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», г. Омск, проректор по научной работе и цифровой трансформации, доктор технических наук по специальности 2.5.11 – Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, профессор **Корчагин Павел Александрович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Неясно, почему выбраны только две марки сталей, хотя ножи изготавливаются, например и из сталей 65Г, 35.

– Для подтверждения правомерности выводов, полученных в работе, целесообразно провести производственные испытания рабочих органов ДСМ, изготовленных из рекомендуемых автором сталей.

7. АО «Северо-Западный региональный центр концерна ВКО «Алмаз-Антей» – Обуховский завод», г. Санкт-Петербург, начальник расчетно-исследовательского центра, кандидат технических наук, доцент **Щеглов Дмитрий Константинович**; начальник сектора надежности и эффективности систем, профессор, доктор технических наук, профессор **Марченко Борис Иванович**; главный специалист расчетно-исследовательского центра, кандидат технических наук **Макавеев Александр Тимофеевич**; учетный секретарь НТС **Соколов Анатолий Алексеевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Рабочая гипотеза, приведенная в автореферате, является очевидной.

– Из автореферата непонятно в чем состоит научная задача, а также на разрешение какого противоречия в науке и/или практике направлена работа.

– Следует уточнить в чем состоит основной научный результат проведенного автором исследования и какие научные результаты выносятся автором на защиту.

8. ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», профессор кафедры «Основы проектирования машин и инженерная графика», доктор технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины, 05.12.13 – САПР, профессор **Дьяков Иван Федорович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате не просматривается изменение ресурса рабочего органа при разработке грунтов, как основной показатель эффективности использования термоциклового обработки металла.

– Не приведены используемое оборудование для термоциклового обработки сталей, измерения размера зерна материала и предела текучести при растяжении от числа циклов термоциклового обработки сталей.

9. Белорусский национальный технический университет, г. Минск, заведующий кафедрой «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса», доктор технических наук, иностранный член РААСН, профессор **Вавилов Антон Владимирович**; доцент кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса», кандидат технических наук, доцент **Гарост Митрофан Митрофанович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате не приведен выбор и обоснование конструкций рабочих органов ДСМ;

– При взаимодействии с грунтом режущая часть и рабочие поверхности рабочих органов землеройных машин подвергаются интенсивному абразивному изнашиванию. В связи с этим к рабочим органам предъявляют следующие основные требования: высокая прочность и надежность, необходимая износостойкость режущей части и рабочих поверхностей. В автореферате приведены расчетные исследования прочности зуба ковша экскаватора ЭКГ-5А из сталей 09Г2С и 30MnB5, но нет результатов исследований по влиянию термоциклической обработки на износостойкость.

– Не представлены результаты производственных испытаний рабочих органов ДСМ, изготовленных из стали 30MnB5.

10. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», заведующий кафедрой транспортно-технологических процессов и машин, кандидат военных наук по специальности 20.01.08 – тыл вооруженных сил, профессор **Афанасьев Александр Сергеевич**; доцент кафедры транспортно-технологических процессов и машин, кандидат технических наук по специальности 05.20.03 – эксплуатация, восстановление, ремонт

сельскохозяйственных машин и орудий, доцент **Федотов Виталий Николаевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- В п.1. Научная новизна (стр. 4) допущено противоречие – «закономерности уменьшения зерна и прочностных свойств».
- В таблице 1 не указано, какой параметр обозначен буквой R (стр.10).
- Не указаны объемы выборки стале, по которым рассчитывались регрессионные зависимости предел прочности и предел текучести, (стр.11, рис.2).
- На рис.3, 4, 5 текст и цифровое обозначение мелкий, не читаемые (стр.13, стр.14).
- Не ясно из текста автореферата, формула, по которой рассчитывалась вероятность не разрушения, предложена соискателем или заимствована (стр.18).
- В автореферате отсутствует алгоритм принятия решения о выборе стали 30MnB5 и не указан прибор, с помощью которого определяется размер зерна.

11. ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», «Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота», доцент кафедры «Организация перевозок», кандидат технических наук по специальности 05.08.05 – Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные) **Бураковская Марина Васильевна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Известно, что в сварных узлах прочность и долговечность чаще всего определяется процессами происходящими в околошовной зоне или сварном шве, которые зависят от микроструктуры и размера зерна. Возникает вопрос, как проводить циклическую термомеханическую обработку таких массивных сварных изделий как ковш грейдера.
- Автор следует более четко разграничить показатели прочности, надежности, долговечности, жесткости, так как каждый из них характеризуется своим набором оцениваемых характеристик.

12. ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, доцент кафедры организации перевозок, кандидат технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства **Койчев Владимир Сагидович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– На стр.3 автореферата автор указывает, что знание уровня механических и физических характеристик «нескольких материалов» звучит некорректно, так как «один или несколько» из неучтенных характеристик могут повлиять на эксплуатационную надежность изделия.

– На стр.4, в конце второго абзаца, сочетание «а именно» можно убрать, абзац завершить словом «задач:».

– В заключительной части не указаны акты внедрения в производство результатов исследований, что подтвердило бы их практическую значимость.

13. ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии строительства», доктор технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение, профессор **Емельянов Рюрик Тимофеевич**.

Отзыв положительный, имеется замечание:

– Не приведено описание метода измерения микротвердости в различных зонах сварного соединения (рис.8).

14. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», заведующий кафедрой автомобилей и сервиса, доктор технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства **Прядкин Владимир Ильич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В пункте 3 заключения автор констатирует, что КЭ-модель зуба ковша экскаватора позволила определить предельные нагрузки, при которых начинает зарождаться трещина, что отражено на рис.5. Однако, в работе не представлены следующие этапы моделирования по оценке влияния циклов

нагружений зуба на процесс формирования трещины, ее предельного значения и скола зуба.

– В пункте 3 заключения автор не указал температурный диапазон, при котором проводились исследования рабочего органа.

15. Белорусский национальный технический университет, г. Минск, заведующий кафедрой «Тракторы», доктор технических наук, профессор **Бойков Владимир Петрович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Без соответствующих обоснований не ясен подход к выбору сталей только двух марок: 09Г2С и 30МnВ5.

– Для того, чтобы четко определить критерии работоспособности конструкции целесообразно было бы провести расчетную схему нагруженности той или иной выбранной детали в реальном режиме работы машины и дать соответствующую нагрузочную характеристику, к примеру по той же прочности – изгибной, контактной и т.д.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается: их широкой известностью в научном и педагогическом сообществе, в предметной области работы, а также их способностью определить и оценить научную и практическую ценность данной диссертации, спецификой и актуальностью их основных опубликованных и общеизвестных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея повышения долговечности и надежности рабочих органов дорожно-строительных машин, основанная на выявленной закономерности между размером зерна и прочностными свойствами марок сталей 09Г2С и 30МnВ5, при проведении термоциклической обработки. Показано, что для стали 30МnВ5 процесс уменьшения среднего размера зерна продолжается вплоть до десятого цикла, тогда как для стали 09Г2С этот процесс стабилизируется уже на четвертом цикле. Кроме того, исследован комплекс физико-механических характеристик обеих марок стали: 09Г2С и 30МnВ5, описана связь между механическими

характеристиками сталей и размером их зёрен при проведении механических испытаний (сжатие, изгиб и растяжение). Полученные сведения позволяют оценить важные параметры: предел выносливости, износостойкость и коэффициент интенсивности напряжений для обоснованного выбора материала при проектировании деталей дорожно-строительных машин;

предложена оригинальная научная гипотеза о возможности повышения долговечности при эксплуатации дорожно-строительных машин за счет применения материалов с повышенными физико-механическими свойствами, сформированными термоциклической обработкой, приводящей к уменьшению размера зерна материала, что в итоге позволяет обоснованно выполнять выбор материала при изготовлении и ремонте деталей рабочих органов дорожно-строительных машин;

доказана перспективность новой научной идеи, которая позволяет учитывать возможность применения термоциклической обработки для измельчения зерна исследуемых материалов – сталей 09Г2С и 30MnB5 при изготовлении и ремонте деталей рабочих органов дорожно-строительных машин;

введены новые обоснованные рекомендации по целесообразности применения термоциклической обработки для стали 30MnB5 с целью повышения ее физико-механических свойств и дальнейшего применения в конструкциях деталей рабочих органов дорожно-строительных машин, в том числе, вместо стали 09Г2С;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие дополнительный вклад в обоснование возможности повышения долговечности деталей рабочих органов дорожно-строительных машин за счет расширения области применения сталей 09Г2С и 30MnB5, подвергнутых термоциклической обработке, повышающей их физико-механические свойства при уменьшении размеров зерен в зависимости от количества термоциклов обработки;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс апробированных разрушающих и неразрушающих методов: квазистатических механических испытаний, циклических испытаний материалов, термической и термоциклической обработки,

металлографического анализа, измерения микротвердости и твердости сварных соединений; комплекс базовых методов: численное моделирование деформирования зуба ковша экскаватора, численных методов расчета, теоретические подходы по обеспечению прочности, надежности и долговечности деталей дорожно-строительных машин, методы математической статистики;

изложены положения о том, что обработка сталей при помощи термоциклирования приводит к уменьшению размеров зерна, что влияет на изменение физико-механических характеристик сталей 09Г2С и 30MnB5. Также изложено положение о возможности повышения долговечности рабочих органов дорожно-строительных машин за счет замены материала высоконагруженных, подверженных интенсивному износу деталей, основанное на результатах экспериментальных исследованиях и расчетах физико-механических характеристики деталей;

раскрыты преимущества использования термоциклической обработки для получения дисперсных структур, обладающих в соответствии с уравнением Холла-Петча повышенными прочностными свойствами;

изучено влияние различных технологических факторов (температура нагрев, количество циклов термоциклической обработки) на уменьшения размера зерна и изменение физико-механических свойств деталей дорожно-строительных машин из сталей 09Г2С и 30MnB5;

проведена модернизация существующей математической модели с целью оценки влияния термоциклической обработки и пластичности на напряженно-деформированное состояние деталей, а также оценки чувствительности зуба ковша к наличию концентраторов напряжений при разных количествах термоциклов. Расчеты с использованием программных комплексов ANSYS и COMSOL Multiphysics® показали, что влияние пластичности исследуемых сталей сказывается на уровне $\sigma_{\text{экв}}$. Так, при расчетах компонентов НДС зуба в упруго-пластической постановке, получается, что уровень максимальных эквивалентных напряжений практически в два раза ниже уровня, полученного при расчетах в упругой постановке. Наличие пластических деформаций сказывается на появлении

изгиба незакрепленной части зуба ковша экскаватора ЭКГ-5А; при этом для стали 30MnB5 уровень пластических деформаций (общих перемещений) оказывается ниже соответствующих показателей стали 09Г2С. Показано, что зуб из стали 30MnB5 по сравнению со сталью 09Г2С менее чувствителен к наличию в нем трещин.

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

разработаны и внедрены в практическую деятельность рекомендации по выбору материалов и их свойств при проектировании деталей рабочих органов дорожно-строительных машин как пути повышения надежности, долговечности в ООО «СПбГАСУ-Дорсервис», ООО «Марка», АО «Северо-Западный региональный центр концерна ВКО „Алмаз-Антей”» — Обуховский завод», ООО «Завод дорожных машин», АО «ГК „Северавтодор”», АО «Московский машиностроительный завод „Авангард”», ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения». Результаты используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет, ФГБОУ ВО Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет;

определены перспективы практического использования предложенных технических решений и разработок, направленных на повышение надежности и долговечности рабочего оборудования дорожно-строительных машин при изготовлении и ремонте;

создана система практических рекомендаций по замене стали рабочих органов дорожно-строительных машин;

представлены рекомендации для более высокого уровня организации деятельности по планированию ремонта и технического обслуживания рабочего оборудования дорожно-строительных машин, на основании сравнительного анализа комплекса физико-механических характеристик сделано заключение о возможности замены стали 09Г2С на 30MnB5.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования в лабораторных условиях и при проведении испытаний в условиях дорожного строительства;

теория построена на известных, проверяемых данных по надежности, долговечности рабочего оборудования дорожно-строительных машин, согласуется с результатами экспериментов по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики эксплуатации дорожно-строительных машин и обобщении передового опыта повышения надежности, долговечности рабочего оборудования;

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее для надежности, долговечности рабочего оборудования дорожно-строительных машин;

установлено, что результаты, полученные автором, являются новыми, качественно и количественно не противоречат данным известных ученых и специалистов, представленным в открытых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора (единиц) наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в: включенном участии на всех этапах процесса, непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и проведении научных экспериментов, личном участии в апробации результатов исследования, в обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных лично автором, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Охарактеризуйте, пожалуйста, процесс измельчения зерна, который происходит у вас при термообработке.

2. Если у вас расходный материал будет работать дольше, а ковш сам в конечном итоге будет работать меньше, то неизвестно, что выгоднее?

3. Что такое эквивалентное напряжение в вашем понимании?

Соискатель Щербаков А.П. ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Процесс зернообразования, увеличения или уменьшения размеров зерна, определяется характером фазовых превращений в стали при проведении термоциклической обработки. При нагреве зерно не растет, если что-то сдерживает его собирательную рекристаллизацию, то есть, если сохраняются какие-то дисперсные частицы типа нитридов и окислов алюминия, карбонитридов титана, ниобия и т.п.). Перегрев увеличивает скорость зарождения зерен аустенита (аустенитное превращение). Скорость роста зародышей в основном зависит от температуры. Отношение скорости зарождения к скорости роста увеличивается с ростом температуры превращения или скорости нагрева. Соответственно, уменьшается размер начального зерна, то есть среднего размера зерна к моменту исчезновения исходной фазы (например, для аустенитного превращения такой фазой является перлит).

2. Конечно, если материал зубов ковша экскаватора сделан из более износостойкого материала чем сам ковш, то срок эксплуатации ковша экскаватора будет значительно меньше срока эксплуатации зубов этого же ковша, что с экономической точки зрения является нецелесообразным. В данном случае речь идет о том, что и ковш экскаватора, и зубы для этого ковша должны быть сделаны из одного и того же материала, т.е. из стали 30MnB5, которая к тому же дешевле чем сталь 09Г2С.

3. В моем понимании эквивалентное напряжение — это напряжение, под действием которого материал в условиях простого растяжения-сжатия оказывается в равноопасном состоянии с рассматриваемым сложным напряженным состоянием.

На заседании 30.05.2023 диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи выбора и обоснования параметров конструкции и

свойств материалов рабочих органов дорожно-строительных машин, основанной на выявленных взаимосвязей между размером зерна и прочностными свойствами сталей при проведении термоциклической обработки, с целью повышения надежности и долговечности рабочих органов дорожно-строительных машин присудить Щербакову А.П. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Терентьев Алексей Вячеславович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Куракина Елена Владимировна

30.05.2023