

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.09,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 23.06.2021 № 16

О присуждении Санникову Александру Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование метода оценки распределения нагрузки в многопарных спироидных передачах путём учёта упруго-пластического характера контакта» по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин принята к защите 21.04.2021 г., протокол № 9, диссертационным советом Д 212.298.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, проспект В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета Д 212.298.09 № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Санников Александр Михайлович, 1987 года рождения, в 2012 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации по направлению «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

В период с 01.10.2012 по 30.09.2015 был прикреплен к аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», Министерство науки и высшего образования

Российской Федерации по направлению 05.02.18 – Теория механизмов и машин.

Работает в ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; с ноября 2017 г. по июнь 2020 г. – ассистент кафедры «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств»; с октября 2020 г. и по настоящее время – старший преподаватель кафедры «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств».

Диссертация выполнена в научном подразделении «Институт механики имени профессора Гольдфарба В. И.» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Трубачев Евгений Семенович, доктор технических наук, профессор, директор научного подразделения «Институт механики имени профессора Гольдфарба В. И.», профессор кафедры «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова».

Официальные оппоненты:

1) Волков Андрей Эрикович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов ФГБОУ ВО "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН" г. Москва;

2) Курасов Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Механика машин и основы конструирования» ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», г. Курган.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, в своем положительном отзыве, подписанном Сызранцевым Владимиром Николаевичем, доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки РФ, заведующим кафедрой «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности», указала, что рассмотренная диссертационная работа Санникова А.М. является научной-квалификационной работой, в которой представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин. Результаты исследования,

отраженные в диссертации, обеспечивают решение актуальной проблемы обеспечения необходимого уровня несущей способности спироидных передач на этапе их проектирования. Диссертационная работа соответствует критериям, установленных пп. 9-11, 13-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор Санников Александр Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых изданиях опубликовано 3 работы, в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus, опубликована 1 работа.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации в рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки России:

1. Санников А. М. Валидация модели упругопластического контакта спироидных передач // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – № 4. – С. 23–33, doi: 10.18698/0536-1044-2020-4-23-33.

2. Санников А. М. Расчет напряженно-деформированного состояния спироидной передачи при действии пиковой нагрузки // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 24-30.

3. Кузнецов А. С., Санников А. М. Метод расчета упруго-пластически тяжело нагруженной низкоскоростной спироидной передачи // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20. – № 2. – С. 60-64. (авторская доля 2,5 стр. из 5).

Публикации в научных журналах и сборниках, индексируемых в базе данных Scopus:

4. Trubachev E., Kuznetsov A., Sannikov A. Model of loaded contact in multi-pair gears // Mechanisms and Machine Science (book series). – 2018. – Springer, Cham. – Т. 51. – Pp. 45-72. DOI: 10.1007/978-3-319-60399-5_3. (авторская доля 14 стр. из 28).

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Замечания, отмеченные в отзывах:

1. **ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»** д-р техн. наук, профессор, профессор факультета систем управления и робототехники Тимофеев Б. П. **Замечание:** к недостаткам работы можно отнести то, что автор обошёл стороной вопрос влияния локализации контакта и пластических деформаций зубьев в местах концентрации нагрузки на кинематическую погрешность и мертвый ход передачи.

2. **ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»**, д-р техн. наук, профессор, главный ученый секретарь Фот А. П. **Замечания:**

1) автор говорит о целой «линейке» спроектированных новых редукторов, не раскрывая данных об экспериментальных проверках указанных редукторов. К сожалению, в автореферате не приведены ни обоснования объёма выборки объектов испытаний для физических экспериментов, ни результаты статической обработки последних;

2) в изложении достаточно сложного материала автореферата в тексте встречаются отдельные опечатки либо несогласованности. Например, в четвертом предложении абзаца 1 на с.3 нужно было использовать слово «Разработаны...» (но не «Разработанные...»), уточнить знаки препинания.

3. **ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**, заведующий кафедрой «Детали машин и подъемно-транспортные устройства» д-р техн. наук, профессор Матлин М. М. **Замечания** отсутствуют.

4. **ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения»** к.т.н, с.н.с Лагутин С. А. **Замечания:**

1) автор принял допущение, что тела взаимодействующих зубьев изотропны, для предварительных расчетов такой подход допустим, но для более точного анализа стоит учитывать возможность упрочнения материалов и наличие упрочненного слоя;

2) в изложении достаточно сложного материала автореферата в тексте встречаются отдельные опечатки либо несогласованности.

5. **ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины» Анферов В. Н.

Замечания:

1) в автореферате отсутствуют сведения о твердости активных поверхностей звеньев спироидных передач для исследования сочетания пар «сталь-сталь», что затрудняет практическое использование результатов;

2) насколько применимы полученные результаты для традиционного сочетания материалов спироидной передачи «сталь-бронза»?

6. ЗАО «Инженерно-технологический центр «Привод»» д-р техн. наук, доцент, главный инженер Мозжечков В. А. **Замечание:** в качестве недостатков работы следует отметить отсутствие учета влияния температуры на упруго-пластические свойства материалов и геометрию контакта поверхностей зуба колеса и витков червяка.

7. Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Хисамутдинов Р. М., к.т.н., доцент, заведующий лабораторией Рябов Е. А. **Замечания:**

1) в автореферате не отражено влияние смазочных средств и температурных параметров среды работы на условия контакта и его нагружение;

2) не рассмотрено влияние возможных покрытий и модификации поверхностного слоя на изменение упруго-пластических свойств зуба.

8. ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой строительных и общепрофессиональных дисциплин Меретуков З. А. **Замечание:** в работе более четко, детально и информативно хотелось бы видеть результаты по оценке влияния на степень концентрации нагрузки изучаемых факторов и их сочетания.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы и соответствует требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 30.07.2014) «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод и реализующий его алгоритм распределения нагрузки в спироидной передаче с учётом многопарного и упруго-пластического характера контакта;

предложены геометрическая модель макронеровностей – огранки боковых поверхностей зубьев, а также приёмы ускорения сходимости алгоритма распределения нагрузки в спироидной передаче с учётом многопарного и

упруго-пластического характера контакта, повышающие его эффективность за счет сокращения количества итераций в среднем в 1,5 раза;

доказаны: положительное влияние пластического деформирования боковых поверхностей зубьев на распределение нагрузки в спироидном зацеплении; возможность определения расчётным путём рационального уровня локализации контакта, обеспечивающего уменьшение концентрации нагрузки в зацеплении и повышение нагрузочной способности спироидной передаче.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана целесообразность учета пластической деформации боковых поверхностей зубьев передачи при расчёте распределения нагрузки в многопарной, тяжело нагруженной, низкоскоростной спироидной передаче;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплексный подход с применением методов теории зубчатых зацеплений, известных соотношений теории прочности и сопротивления материалов, методов численного и натурального моделирования нагруженного контакта;

изложена методика расчета распределения нагрузки в низкоскоростных спироидных передачах с учетом многопарного и упруго-пластического характера контакта, а также наличия микро- и макронеровностей боковых поверхностей зубьев;

изучены зависимости между погрешностями изготовления и монтажа, степенью локализации контакта и деформациями элементов конструкции, а также нагруженностью многопарных низкоскоростных спироидных передач;

проведена модернизация существующего метода расчёта распределения нагрузки в низкоскоростных спироидных передачах для учета многопарного и упруго-пластического характера контакта с наличием на боковой поверхности зубьев макро- (огранки) и микронеровностей (шероховатости).

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен модуль компьютерной программы САПР «SPDIAL+», основанный на предложенном алгоритме для: анализа распределения нагрузки в низкоскоростных спироидных передачах с учетом многопарного и упруго-пластического характера контакта; решения практических задач при проектировании новых изделий в ООО «МИП «МЕХАНИК»; внедрения в учебный процесс ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»;

определены погрешности изготовления, оказывающие наибольшее негативное влияние на степень концентрации нагрузки в зацеплении для низкоскоростных тяжело нагруженных спироидных передач;

созданы новые и модернизированы существующие линейки спироидных редукторов для трубопроводной арматуры, приводимый в движение от маховика или электропривода;

представлены рекомендации о необходимости рационального выбора уровня локализации контакта при оценке контактной нагруженности зубьев спироидной передачи на этапе ее проектирования;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы современные средства измерений, современное технологическое оборудование, соответствующее национальным стандартам методики испытаний;

теоретические методы анализа распределения нагрузки в нагруженных, низкоскоростных спироидных передачах с учетом многопарного и упруго-пластического характера контакта обосновываются применением известных численных методов теории зубчатых зацеплений и сопротивления материалов, характеризуются качественным и количественным совпадением полученных результатов с теоретическими и экспериментальными результатами;

идея базируется на анализе современных тенденций в разработке, испытании и эксплуатации спироидных и червячных редукторов для управления трубопроводной арматурой, который показал, что контактное пластическое деформирование зубьев в лучших образцах этой техники не только возможно, но и неизбежно при пиковых нагрузочных моментах;

использованы методы: теории зубчатых зацеплений, теории прочности и сопротивления материалов; математического и компьютерного моделирования, объектно-ориентированного программирования, экспериментальной оценки параметров деформированного состояния зоны контакта;

установлено удовлетворительное соответствие авторских результатов расчетных и экспериментальных исследований с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации для анализа параметров деформированного состояния зоны контакта; современные программные среды и языки программирования для разработки прикладной компьютерной программы, реализующей

