

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.09,  
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 27.09.2023 № 5

О присуждении Лебедеву Сергею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» по специальности 2.5.2. Машиноведение принята к защите 28.06.2023 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.437.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета 24.2.437.09 №1169/нк от 12 октября 2022 г.

Соискатель Лебедев Сергей Юрьевич, 29.07.1995 года рождения, в 2018 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет» по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства». С 2018 по 2022 гг. обучался в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский

индустриальный университет» по направлению подготовки 15.06.01  
Машиностроение.

В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры «Прикладная механика» и по совместительству – старшим преподавателем кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет».

Научный руководитель – Сызранцев Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Официальные оппоненты:

1. Нахатакян Филарет Гургенович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» (ИМАШ РАН), г. Москва;
2. Курасов Дмитрий Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Фундаментальная математика и механика», ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень,  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, директором научного подразделения «Институт механики имени профессора Гольдфарба В.И.» Трубачевым Евгением Семеновичем, указала, что диссертационная работа Лебедева С.Ю., посвященная уточнению существующего подхода к вероятностной оценке надежности поверхностно

упрочненных колес цилиндрических передач, является актуальной, позволяющей получать конкурентоспособные решения уже на этапе проектирования. В отзыве сделан вывод, что диссертационная работа «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Лебедев Сергей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2 - «Машиноведение».

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ. Из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы (3 работы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ и 1 работа в журнале, индексируемом в международных реферативных базах Scopus и Web of Science). Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Проверочный расчет цилиндрических передач».

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад составляет 117 стр. (7,3 п.л.) В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Лебедев, С. Ю. Анализ методик расчета глубинной контактной выносливости / С. Ю. Лебедев // Омский научный вестник. – 2022. – № 2(182). – С. 43-47. – DOI 10.25206/1813-8225-2022-182-43-47. (5 с./ 5 с.).

2. Лебедев, С. Ю. Вероятность безотказной работы зубчатых цилиндрических передач: глубинная контактная выносливость / С. Ю. Лебедев, В. Н. Сызранцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 20-32. – DOI

10.14529/engin220202. (13 с./ 9 с.).

3. Лебедев, С. Ю. Оценка точности функций твердости упрочненного слоя рабочих поверхностей зубчатых передач / С. Ю. Лебедев, В. Н. Сызранцев, М. Н. Михайлова // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2022. – Т. 25, № 2. – С. 14-22. – DOI 10.22213/2413-1172-2022-2-14-22. (13 с./10 с.).

Публикации в научных изданиях, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science:

4. Babichev, D. T. Calculation of tooth profile radiuses of curvature into line of contact parameters / D. T. Babichev, S. Y. Lebedev, D. A. Babichev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 10th International Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, KOD 2018. Vol. 393. – Novi Sad: Institute of Physics Publishing, 2018. – DOI 10.1088/1757-899X/393/1/012051. (9 с./2 с.).

Публикации в прочих научных изданиях:

5. Лебедев, С. Ю. Анализ методик расчета зубчатых цилиндрических передач на глубинную контактную прочность / С. Ю. Лебедев // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 3. – С. 90-97. – DOI 10.31660/2782-232X-2021-3-90-97

6. Сызранцев, В. Н. Совершенствование методики расчета безотказной работы зубчатых цилиндрических передач по сопротивлению глубинным контактными напряжениям / В. Н. Сызранцев, С. Ю. Лебедев // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: материалы V Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск: ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 404-409.

7. Лебедев, С. Ю. К расчету вероятности безотказной работы зубчатых цилиндрических передач / С. Ю. Лебедев, В. Н. Сызранцев // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2022. – № 3. – С. 13-24. – DOI: 10.17804/2410-9908.2022.3.013-024.

8. Лебедев, С. Ю. Развитие методики проверочного расчета зубчатых цилиндрических передач / С. Ю. Лебедев, В. Н. Сызранцев // Научная территория: технологии и инновации: материалы Международной научно-практической конференции. Том II. – Тюмень: ТИУ, 2022. – С. 90-95.

Комплекс программ для ЭВМ:

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660757 Российская Федерация. Проверочный расчет цилиндрических передач: № 2022619410: заявл. 24.05.2022: опублик. 08.06.2022 / В. Н. Сызранцев, С. Ю. Лебедев, К. В. Сызранцева; заявитель ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Во всех отзывах отмечается актуальность темы диссертации и дается положительная оценка результатов работы.

Замечания, отмеченные в отзывах:

1) *ФГБУН Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» Уральского отделения Российской академии наук, Гурьев Е.С., кандидат технических наук, ученый секретарь.* Замечания:

1. В тоже время не вполне ясно для каких типов поверхностного-упрочнения можно применять разработанный комплекс? И какой перечень исходных данных необходим для выполнения расчетов?

2. Также не ясно из текста автореферата почему в примерах расчетов передач по классическому подходу (Рисунок 8 и 10) использованы именно эти значения силовых перекосов?

2) *ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Евграфов А.Н., кандидат технических наук, заведующий кафедрой теории машин и механизмов.* Замечания:

1. Наблюдается разногласие в наименовании действующих напряжений в описании методики расчета вероятности безотказной работы по критерию глубинной контактной выносливости. На рисунке 6 действующие напряжения именуют «эквивалентными», а в научной новизне (пункт 3) «глубинными

контактными».

2. В автореферате не указаны пункты паспорта специальности, которым соответствует выполненное диссертационное исследование.

3) *Белорусский национальный технический университет, Кане М.М., доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения».*

Замечания:

1. Не раскрыта методика и не даны результаты предложенного способа уточнения закона распределения действующих в передаче и допустимых сил и напряжений. Эта методика не упоминается в разделе «Результаты работы», хотя она является важным элементом всех усовершенствованных автором методик расчета вероятности безотказной работы зубчатых передач.

2. Подрисуночные подписи под рис. 3 и 4 некорректны. Очевидно, следует говорить об аппроксимации экспериментальных данных теоретическими зависимостями. Отсутствуют формулы этих и других зависимостей.

3. В названии работы следовало указать, что речь идет о зубчатых колесах, а не просто о колесах, а в разделе «Объект исследования» надо было раскрыть методы поверхностного упрочнения зубьев, которые рассмотрены в работе.

4) *ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения», Чирков С.Г., директор по конструкторской и исследовательской работе, главный конструктор; Лагутин С.А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий инженер-конструктор конструкторского отдела.*

Замечания:

1. На рисунке 6 в блоке 1 исходных данных отсутствует параметр «Срок службы», либо другой показатель, позволяющий учесть число циклов нагружения передачи.

2. На рисунках 7-11 не подписаны оси координат.

5) *ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Тимофеев Г.А., доктор*

*технических наук, профессор, профессор кафедры «Теория механизмов и машин», Черная Л.А., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теория механизмов и машин». Замечания:*

1. В автореферате указано, что гистограмма крутящего момента на входном валу привода ветрогенератора (Рисунок 1) соответствует бимодальной функции плотности распределения, но самая функция плотности на рисунке 1 не представлена.

2. В автореферате при описании результатов верификации усовершенствованного подхода также показаны результаты расчетов по классическим методикам. Однако, не указаны авторы классических методик.

*6) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Сысоев Н.И., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Горное дело»; Гринько А.А., кандидат технических наук, доцент кафедры «Горное дело». Замечания:*

1. В заключении автореферата нет ни одного из полученных количественных значений, характеризующих эффективность разработанной методики расчета зубчатых колес.

2. Название большинства рисунков автореферата некорректны, например, подрисуночные надписи рисунка 3 и 4 не соответствуют изображениям (графики, зависимости ...).

*7) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Анферов В.Н., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины». Замечания:*

1. Название работы «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» не согласуется с задачами исследования, поскольку речь идет о разработке методик расчета.

2. Не учитывается при выполнении расчетов влияние химического состава материала колес на формирование поверхностно-упрочненного слоя.

8) *ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Фот А.П., доктор технических наук, профессор, главный ученый секретарь – нач. отдела диссертационных советов.* Замечания:

1. Некоторые погрешности в терминологии и редакции отдельных фрагментов (например, автор пишет: «зуба передачи» - под рис. 2 на с. 11; «для цементованного ролика» - под рис.5 на с. 13; «глубинной контактной выносливости» - под рис. 6 на с. 14; «лимитирующим фактором работоспособности» - абзац 3 на с. 15; «переменное значение силового перекоса (Рисунок 8в), функционально связанное с передаваемым крутящим моментом, повышает вероятность безотказной работы колес более чем на 25%.» - абзац 1 на с. 17).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы. Выбранные оппоненты и ведущая организация являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2018 по 2023 гг., что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также об их осведомленности в современных тенденциях развития в области машиноведения и деталей машин.

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

**предложен** подход к расчету вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач, учитывающий возможность отказа передачи, эксплуатация которой осуществляется при случайном законе распределения крутящего момента, не только вследствие потери контактной и изгибной прочности, но и вследствие потери глубинной контактной прочности;



**доказана** необходимость учета случайного характера угла перекоса в зацеплении, вызванного деформацией элементов передачи (силового перекоса), при расчете коэффициентов концентрации контактных и изгибных напряжений;

**разработана** методика расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости. Методика позволяет выполнять расчет при любом законе распределения контактных напряжений в зацеплении и определять фактические функции плотности распределения действующих и допускаемых глубинных контактных напряжений по глубине упрочненного слоя зуба;

**выполнена** верификация результатов расчетов усовершенствованного подхода к расчету вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач по доступным из научно-технической литературы данным отказов передач, подтвердившая достоверность результатов расчетов по разработанным методикам.

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

**доказано**, что на результаты расчетов вероятности безотказной работы влияет закон изменения силового перекоса в зацеплении, который используется при определении коэффициентов концентрации контактных и изгибных напряжений;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** фундаментальные положения теоретической механики, теории зубчатых зацеплений, математический аппарат непараметрической статистики, а также отечественные и зарубежные результаты экспериментов и данные по эксплуатации цилиндрических передач с поверхностно-упрочненными зубьями колес;

**изложен** алгоритм методики расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости;

**проведен** сравнительный анализ стандартизированных методик

проверочного расчета эвольвентных цилиндрических передач согласно ГОСТ 21354, ISO 6336, ANSI/ AGMA 2101-D04.

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

**разработан** и верифицирован программный комплекс «Проверочный расчет цилиндрических передач», а также реализован в учебном процессе кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» Тюменского индустриального университета;

**использован** на предприятии на этапе проектирования передач предлагаемый подход к расчету вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач, позволивший определять вероятности выхода передачи из строя по шести критериям;

**разработана** методика расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости, позволяющая при цементации и нитроцементации определить параметры упрочненных слоев зубьев шестерни и колеса, которые создают условие равнопрочности по глубинной контактной выносливости между зубьями передачи.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теоретические методы** оценки вероятности безотказной работы цилиндрических передач с поверхностно-упрочненными зубьями колес обосновываются применением известных методов непараметрической статистики и методов расчета напряженно-деформируемого состояния зубьев колес, а также характеризуются качественным и количественным совпадением полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными;

**идея базируется** на анализе различных отказов поверхностно-упрочненных зубьев шестерни и колеса цилиндрических передач в различных условиях их нагружения, обобщении передового опыта теоретических и экспериментальных исследований зубчатых цилиндрических передач;

**использованы** результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные отечественными и зарубежными авторами, а также данные эксплуатации зубчатых цилиндрических передач приводов различных машин для сравнения с результатами соискателя;

**установлено** качественное и количественное совпадение полученных соискателем результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными других исследователей, что подтверждает адекватность разработанных расчётных методик и алгоритмов;

**использованы** методики обработки экспериментальной информации современными методами непараметрической статистики при проведении расчетных исследований.

**Личный вклад соискателя состоит в:** анализе существующих стандартизированных методик расчета действующих и допускаемых контактных и изгибных напряжений эвольвентных зубчатых цилиндрических передач; доработке методики расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критериям контактной и изгибной выносливости зубьев; анализе методик расчета действующих и допускаемых глубинных контактных напряжений; разработке методики расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости; создании и верификации программного обеспечения на основе усовершенствованного подхода к вероятностной оценке прочностной надежности поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач.

Основные результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором, или при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В выводах не представлены конкретные числовые данные, характеризующие степень повышения точности результатов расчетов, по предложенному подходу.

2. Не было учтено влияние смазочного материала при расчете контактных напряжений в зацеплении зубьев передачи.

Соискатель Лебедев С.Ю. обоснованно ответил на замечания и задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 27.09.2023 г. диссертационный совет принял решение за разработку методик расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных зубьев колес цилиндрических передач по критериям контактной, изгибной и глубинной контактной выносливости, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны – присудить Лебедеву С. Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета



Задорожная Елена Анатольевна

Ученый секретарь

диссертационного совета

Абызов Алексей Александрович

27.09.2023 г.