

Ученому секретарю совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 24.2.437.09, созданного на базе ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», доктору технических наук, доценту, Абызову Алексею Александровичу

ОТЗЫВ

официального оппонента Курасова Дмитрия Алексеевича на диссертационную работу Лебедева Сергея Юрьевича «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2 – «Машиноведение».

1. Актуальность диссертационных исследований по избранной теме

Совершенствование методов расчета прочностной надежности цилиндрических зубчатых передач является важной научной и практической задачей, т.к. показатели надежности позволяют еще на стадии проектирования передач количественно оценить вероятность их отказа и реализовать конструкторские и технологические мероприятия по предотвращению наиболее вероятного отказа при создании новых и модернизации существующих приводов машин и оборудования.

2. Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов

К новым научным результатам, полученным автором при выполнении диссертационной работы, относятся следующие:

- надежность поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач оценивается не только вероятностью безотказной работы по критериям контактной и изгибной выносливости шестерни и колеса, но и по критерию глубинной контактной выносливости как поверхностей зубьев шестерни, так и поверхностей зубьев колеса;

- функции плотности распределения действующих контактных и изгибных напряжений учитывают не только случайный характер передаваемого крутящего момента, но и случайный характер коэффициентов концентрации контактных и изгибных напряжений, связанный с перекосом в зацеплении, являющимся суммой технологического и силового перекосов;

- разработана методика расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости, использующая методы непараметрической статистики, а также учитывающая отличие параметров распределения твердости на различной глубине упрочненного слоя.

Результаты диссертации опубликованы в восьми печатных работах, три из них в журналах из перечня ВАК РФ, одна в издании, индексируемом в зарубежной базе цитирования, получено свидетельство о регистрации программы на ЭВМ. Основные результаты диссертации в течение 2021-2023 г.г. апробированы на различных национальных и международных конференциях

3. Практическая значимость

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в следующем:

- усовершенствованный подход к вероятностной оценке прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач позволяет определять причину возможного выхода из строя передачи по шести отказам (питтинг поверхности зубьев шестерни или поверхности зуба колеса, поломка зуба шестерни или зуба колеса, отслаивание упрочненного слоя поверхности зуба шестерни или поверхности зуба колеса), что дает возможность целенаправленно корректировать геометрические параметры передачи, ее конструкцию, технологию изготовления и требования к эксплуатации передачи на этапе ее проектирования;

- методика расчета вероятности безотказной работы по критерию глубинной контактной выносливости позволяет определять рациональные параметры упрочненного слоя, с целью достижения условия глубинной контактной равнопрочности зуба колеса и шестерни;

- разработанный на основе созданных методик расчета программный комплекс «Проверочный расчет цилиндрических передач» (свидетельство о государственной регистрации №2022660757) используется в учебном процессе Тюменского индустриального университета и апробирован на предприятии.

4. Оценка структуры, содержания диссертации и завершенности работы в целом

Диссертационная работа изложена на 157 страницах машинописного текста, включает 49 рисунков и 15 таблиц. Диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения, списка используемых источников (111 наименований, из них 41 зарубежный источник) и шести приложений.

Автореферат основные научные результаты, полученные в диссертации, отражает.

Введение содержит общую характеристику работы, актуальность, научную новизну и практическую значимость диссертационного исследования, достоверность и обоснованность полученных результатов, положения, выносимые на защиту, апробацию результатов работы, сведения о публикациях, структуре и объеме работы.

Глава 1 «Современное состояние методов расчета прочностной надежности зубчатых передач»; объем 12 стр.

В главе проанализированы критерии работоспособности зубчатых передач. Определены критерии, по которым оценивается надежность поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач: питтинг поверхности зуба шестерни или колеса (контактная выносливость), поломка зуба шестерни или колеса (изгибная выносливость), отслаивание упрочненного слоя поверхности зуба шестерни или колеса (глубинная контактная выносливость). Обосновано использование методов непараметрической оценки для решения проблемы определения функций плотности распределения действующих и допускаемых напряжений.

Глава 2 «Вероятность безотказной работы зубчатого колеса по критерию контактной выносливости»; объем 31 стр.

Во второй главе проанализированы расчетные формулы существующих стандартизированных методик расчета действующих и допускаемых контактных напряжений в зубчатом зацеплении цилиндрических эвольвентных передач. На основе выполненного анализа создана методика расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию контактной выносливости. В методику в отличие от существующих аналогов внесены ряд улучшений: 1) расчет выполняется отдельно по шестерни и колесу; 2) расчет ведется независимо от сложности функций распределения действующих и допускаемых контактных напряжений (использован математический аппарат непараметрической статистики); 3) силовой перекося в зацеплении при расчетах является переменной величиной, полученной по переменной величине передаваемого крутящего момента.

Глава 3 «Вероятность безотказной работы зубчатого колеса по критерию изгибной выносливости»; объем 24 стр.

В третьей главе проанализированы расчетные формулы существующих стандартизированных методик расчета действующих и допускаемых изгибных напряжений в зубчатом зацеплении цилиндрических эвольвентных передач. В результате анализа выявлено, что в стандартизированных

методиках отсутствуют формулы, позволяющие рассчитать предел изгибной выносливости при параметрах упрочненного слоя, отличающихся от рекомендаций стандартов. Кроме того, установлено, что результаты расчетов по различным методикам для одних те же передач существенно отличаются.

Для решения выявленных проблем была выполнена верификация расчетных методик по доступным экспериментальным данным, при этом предел изгибной выносливости для всех методик получен по формулам, учитывающим параметры упрочненного слоя. Верификация показала, что наиболее удовлетворительные результаты показывают методики ГОСТ 21354-87 и ANSI/AGMA 2101-D04.

В результате, на основе формул, представленных в ГОСТ 21354-87, разработана методика расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию изгибной выносливости. В методику, в отличие от существующих аналогов, внесены следующие уточнения: 1) предел изгибной выносливости зуба шестерни колеса рассчитывается через параметры упрочненного слоя; 2) силовой перекося в зацеплении при расчетах, также, как и при расчете контактных напряжений, является переменной величиной; 3) функции плотности распределения действующих и допускаемых изгибных напряжений восстанавливаются методами непараметрической статистики.

Глава 4 «Вероятность безотказной работы цилиндрических зубчатых передач по критерию глубинной контактной выносливости»; объем 27 стр.

В этой главе соискателем выполнена разработка методики расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости. На первом этапе разработки методики были определены основные процедуры расчета действующих и допускаемых глубинных контактных напряжений и выполнена их верификация по экспериментальным данным отказов цементованных и нитроцементованных роликов. Результаты верификации показали, что наиболее корректные результаты демонстрируют процедуры расчета, основанные на использовании критерия ДангВана и критерия Лебедева-Писаренко.

Далее автором по экспериментальным данным были определены уравнения, наиболее точно описывающие изменения твердости по глубине упрочненных слоев.

В итоге был разработан алгоритм методики расчета вероятности безотказной работы по критерию глубинной контактной выносливости, базирующийся на расчетных формулах методики В.И. Короткина и его учеников (критерий Лебедева-Писаренко). Алгоритм позволяет рассчитать

вероятность безотказной работы на любой глубине от поверхности. В качестве итогового результата принимается минимальное значение вероятности безотказной работы по всей глубине. Алгоритм также содержит блок, восстанавливающий функции плотности распределения методами непараметрической статистики, и выполняет расчет как для поверхности зуба шестерни, так и поверхности зуба колеса.

Глава 5 «Верификация усовершенствованного подхода к расчету вероятности безотказной работы цилиндрических передач»; объем 31 стр.

В данной главе выполнена верификация разработанных методик расчета вероятности безотказной по различным критериям, объединенным в общий программный комплекс «Проверочный расчет цилиндрических передач» (свидетельство о государственной регистрации №2022660757). Основная идея верификации заключалась в том, что при правильной работе программного комплекса результаты расчетов покажут наиболее вероятным тот отказ передачи, который наблюдается на практике. Для проверки всех разработанных методик были подобраны три передачи с поверхностно-упрочненными колесами, у каждой из которых наблюдался один из отказов: питтинг, усталостная поломка зуба и отслаивание упрочненного слоя поверхности зуба.

Выполненная верификация программного комплекса подтвердила корректность результатов расчетов по разработанным методикам. Также было продемонстрировано как искажает результаты расчетов некорректное задание силового перекоса в зацеплении.

Заключение содержит основные выводы и результаты, которые не расходятся с целями, задачами и научной новизной выполненного исследования.

5. Соответствие направления и темы диссертационных исследований пунктам паспорта научной специальности

Диссертация Лебедева Сергея Юрьевича «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» соответствует паспорту специальности 2.5.2 – «Машиноведение», при этом работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

1) пункт 2: «Теория и методы проектирования машин и механизмов, систем приводов, узлов и деталей машин»;

2) пункт 4: «Повышение точности и достоверности расчетов объектов машиностроения, разработка нормативной базы проектирования, испытания и изготовления объектов машиностроения».

6. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

1. В исходных данных в приложении А отсутствует параметр, обозначающий число рассчитываемых точек по глубине зуба, в которых выполняется расчет вероятности безотказной работы по критерию глубинной контактной выносливости.

2. В автореферате в подписи к Рисунку 10в опечатка.

3. В главе 4 отсутствует какая-либо количественная оценка погрешности результатов расчетов действующих и допускаемых глубинных контактных напряжений по различным методикам относительно экспериментальных данных.

4. Чем обоснован расчет главных напряжений в расчетной точке с координатой $y=0$ в разработанной методике расчета вероятности безотказной работы по критерию глубинной контактной выносливости?

Отмеченные замечания в целом не снижают общую высокую оценку качества выполненной диссертационной работы.

7. Соответствие содержания диссертации и автореферата

Содержание диссертации ее названию соответствует. Диссертация написана технически грамотным языком, достаточно хорошо иллюстрирована, оформлена в соответствие с требованиями ВАК РФ. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Лебедева Сергея Юрьевича «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» является законченной научно-квалификационной работой, в которой результаты представлены последовательно и логично. Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно и на высоком уровне, в ней изложены новые научно обоснованные технические решения по совершенствованию методов расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач, имеющие существенное значение для создания приводов современных энергонасыщенных машин. Защищаемые соискателем научные положения отличаются научной новизной и практической значимостью; достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Задачи, поставленные в работе, решены в полном объеме. Текст автореферата соответствует структуре и содержанию диссертации. Полученные научные результаты опубликованы в ведущих научных журналах и апробированы на конференциях различного уровня.

Диссертационная работа Лебедева Сергея Юрьевича «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» соответствует критериям п.п. 9-11, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Лебедев Сергей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2 – «Машиноведение».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры
«Фундаментальная математика
и механика» ФГАОУ ВО
«Тюменский государственный университет»

Курасов Д.А.

Адрес организации:

625003, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6, каб. 215;

Сайт: <http://www.utmn.ru/imkn>

Тел.: +7 (3452) 59-77-38 (добавочный 15218)

E-mail: d.a.kurasov@utmn.ru

Заместитель начальника управления
по работе с персоналом - начальник отдела
рекрутинга и развития персонала



Машинова Н.В.

06.09.2013