

Ученому секретарю диссертационного совета 24.2.437.09, созданного на базе ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», доктору технических наук, доценту, Абызову Алексею Александровичу

ОТЗЫВ

официального оппонента Нахатакяна Филарета Гургеновича 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».

Актуальность диссертационных исследований по избранной теме

Диссертационная работа Лебедева Сергея Юрьевича посвящена совершенствованию методов расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач, который является ключевым показателем надежности деталей машин современных технических систем.

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

Полученные автором научные положения и результаты, выносимые на защиту, являются его личными и оригинальными.

К результатам работы, обладающим научной новизной, относятся:

1. Вероятность безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач оценивается по контактной выносливости шестерни и колеса, по изгибной выносливости шестерни и колеса, по глубинной контактной выносливости шестерни и колеса, независимо от сложности законов распределения случайных величин действующих и допускаемых напряжений.

2. Учтено влияние переменного значения силового перекося в зацеплении на функции плотности распределения действующих контактных, изгибных и глубинных контактных напряжений при расчете коэффициента, учитывающего неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий.

3. Представлена методика, позволяющая рассчитать вероятность безотказной работы передачи по критерию глубинной контактной выносливости, позволяющая выполнять расчет при любых параметрах функций плотности распределения действующих и допускаемых глубинных напряжений, а также учитывающая изменения параметров распределения допускаемых глубинных напряжений по глубине упрочненного слоя.

Обоснованность и достоверность научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается корректностью применения системного подхода, согласованностью полученных расчетных данных и практических экспериментальных результатов, теоретической и

практической апробацией основных положений диссертационного исследования.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности комплексно проанализировать надежность поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по шести видам отказов (контактная усталость шестерни и колеса, изгибная усталость шестерни и колеса, глубинная контактная усталость шестерни и колеса) на стадии проектирования. Кроме того, расчет вероятности безотказной работы по глубинной контактной усталости позволяет подбирать оптимальные параметры упрочненного слоя зуба шестерни и зуба колеса при проектировании передачи.

На основе выполненных исследований реализовано программное обеспечение, защищенное свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660757 «Проверочный расчет цилиндрических передач». Полученные методики применены на предприятии для оценки прочностной надежности передач приводов машин.

Оценка структуры, содержания диссертации и завершенности работы в целом

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения, списка используемых источников (111 наименований) и шести приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 157 страниц, работа содержит 49 рисунков и 15 таблиц. Автореферат включает 22 страницы машинописного текста с рисунками, а также перечень основных научных публикаций по теме диссертационного исследования.

Во Введении сформулирована актуальность диссертационного исследования, цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, обоснована достоверность научных результатов исследования, представлена апробация и структура диссертации.

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

Глава содержит анализ типов отказов поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач. Обоснована необходимость вероятностной оценки надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по таким отказам, как питтинг, поломка зуба и отслаивание упрочненного слоя, учитывая, что расчет необходимо выполнять отдельно по шестерне и колесу. Помимо этого, обосновано применение метода Парзена-Розенблатта (непараметрическая статистика) для восстановления функций плотности распределения действующих и допускаемых напряжений, позволяющего исключить условность современных методик расчета прочностной надежности цилиндрических зубчатых передач, использующих

законы распределения случайных величин, разработанные в рамках параметрической статистики.

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

В главе рассмотрены существующие стандартизированные методики проверочного расчета эвольвентных цилиндрических передач по критерию контактной выносливости. Анализ расчетных формул стандартизированных методик позволил сформировать алгоритм расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию контактной выносливости. Преимуществами предложенного алгоритма являются: применение методов непараметрической статистики; расчет реализован как по шестерне, так и колесу; силовой перекося в зацеплении, влияющий на значение коэффициента, учитывающего неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий, задается переменным значением, функционально связанным с передаваемым в передаче переменным крутящим моментом.

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

Аналогично второй главе, в третьей главе проведен анализ стандартизированных методик проверочного расчета эвольвентных цилиндрических передач по критерию изгибной выносливости. Выявлено, что результаты расчетов для одной той же передачи по различным методикам могут существенно отличаться. Поэтому была выполнена верификация методик по доступным экспериментальным данным. При этом допускаемые изгибные напряжения получены по формулам, которые учитывают эффективную толщину упрочненного слоя. В итоге наиболее корректные результаты продемонстрировали методики ГОСТ 21354-87 и ANSI/AGMA 2101-D04. На основе формул ГОСТ 21354-87 сформирован алгоритм расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию изгибной выносливости. Предложенный алгоритм обладает теми же преимуществами, что и алгоритм, представленный во второй главе, но также в нем реализованы расчетные формулы, позволяющие получить предел изгибной выносливости зуба по параметрам упрочненного слоя, что делает методику пригодной для расчетов передач с параметрами упрочненного слоя отличных от рекомендаций известных стандартов проектирования передач.

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

В главе впервые выполнена разработка методики расчета вероятности безотказной работы поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач по критерию глубинной контактной выносливости. Для достижения

данного результата были проанализированы существующие методики расчета действующих и допускаемых глубинных напряжений, а также выполнена их верификация. Кроме того, по экспериментальным данным были отобраны наиболее точные уравнения, определяющие значение твердости по глубине упрочненного слоя (цементация и нитроцементация). В итоге была разработана методика расчета вероятности безотказной работы, базирующиеся на расчетных формулах прочностного расчета методики Короткина В.И. и его учеников.

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

Цель пятой главы подтвердить работоспособность усовершенствованных методик расчета вероятности безотказной работы цилиндрических передач с поверхностно упрочненными зубьями по различным критериям, сформированным в предыдущих трех главах. Для достижения поставленной цели были подобраны три передачи, в которых согласно данным научной литературы при эксплуатации наблюдался один из трех отказов: питтинг, поломка зуба и отслаивание упрочненного слоя. При этом расчет по комплексному подходу, объединяющему все три полученные методики, должен показать наиболее вероятным тот отказ, что наблюдается в действительности, и не выявить отказов, которых не происходит в рассчитываемой передаче (исключение ошибок 1-го и 2-го рода).

Выполненные расчеты по созданным методикам подтвердили работоспособность усовершенствованного подхода. Также было продемонстрировано, как значительно влияет переменное значение силового перекоса в зацеплении на результаты расчетов вероятности безотказной работы относительно расчетов при его постоянном значении, либо при его отсутствии.

Заключение

В заключении сформулированы главные выводы и результаты, которые соответствуют поставленной цели, задачам и научной новизне выполненного диссертационного исследования.

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».

Вопросы и замечания по содержанию диссертации

1. В работе недостаточно рассмотрены труды, посвященные вопросам расчета контактных напряжений в условиях перекоса в зацеплении зубчатых цилиндрических передач и путей снижения его влияния на нагрузочную способность зуба. В частности, отсутствуют ссылки на фундаментальные исследования в этой области.

2. В разработанных методиках не указано, есть ли возможность учитывать при расчетах переменных характер скорости вращения передачи, т.к. многие приводы машин оснащены электродвигателями с регулируемой скоростью вращения в широком диапазоне.

3. Методики расчета не позволяют учесть профильную и продольную модификацию зубьев передачи.

4. В главе 5 в расчетах передач не указано, - как получены выборки силового перекоса в зацеплении для каждой рассчитываемой передачи.

Однако указанные замечания не затрагивают принципиальных положений диссертации, достоверность выводов и научной новизны, не являются определяющими в общей положительной оценке работы.

Соответствие содержания диссертации и автореферата

Название диссертации соответствует её содержанию. Оформление работы соответствует требованиям ВАК РФ. Автореферат основное содержание диссертации отражает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

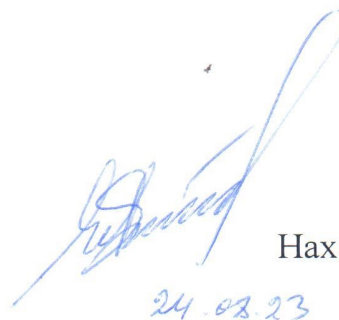
Диссертация Лебедева Сергея Юрьевича «Совершенствование методов расчета прочностной надежности поверхностно-упрочненных колес цилиндрических передач» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно и на высоком уровне. В работе изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития науки и промышленности страны. 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. В научных трудах по теме диссертации в полной мере отражены суть и содержание проведенных исследований.

Диссертация 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 достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2 – «Машиноведение».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник
ФГБУН «Институт машиноведения
им. А.А. Благонравова Российской
академии наук» (ИМАШ РАН)



Нахатакян Ф.Г.

24.08.23

Адрес организации:

101000, Москва, Малый Харитоньевский переулок, д.4.

Сайт: <http://imash.ru/>

Тел.: 8 (495) 628 8730

E-mail: filnahat7@mail.ru

Подпись Ф.Г. Нахатакяна заверяю.

Заверяю подлинность подписи кандидата наук Ф.Г. Нахатакяна

