

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Уральское отделение  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
Научно-инженерный центр  
«Надежность и ресурс больших систем и  
машин»

(НИЦ «НиР БСМ» УрО РАН)

ул. Студенческая, 54-А,  
г. Екатеринбург, 620049  
Тел/факс: (343) 374-16-82  
E-mail: [sec@wekt.ru](mailto:sec@wekt.ru)

Ученому секретарю диссертационного  
совета Д 212.298.09 при ФГАОУ ВО  
«Южно-Уральский государственный  
университет (НИУ)»  
д.т.н., профессору Е.А. Лазареву  
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

04.06.2018 № 16379-2171/75

На № \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сызранцевой К. В. по теме  
«Совершенствование методологии оценки нагруженности и надежности  
деталей машин на основе учета особенностей их эксплуатационного  
деформирования», представленной на соискание ученой степени доктора  
технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы  
приводов и детали машин

При эксплуатации машин их детали часто подвергаются воздействию случайных нагрузок, поэтому чрезвычайно важным является своевременное выявление мест (узлов) опасной концентрации напряжений и оценка их прочностной надежности.

В настоящее время исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей машин проводится на основе численных методов. Существующие вероятностные методы расчета деталей позволяют учесть случайные вариации характеристик напряжений (действующих и допускаемых) и рассчитать вероятность отказа или вероятность безотказной работы (ВБР) при условии нормального закона распределения для напряжений. В то же время, в ряде известных работ подчеркивается существенная зависимость результатов расчета ВБР от фактических законов распределения характеристик механических свойств материала и нагрузок.

Решение инженерных задач чаще всего осуществляется с помощью численных методов, в том числе, программ, использующих метод конечных элементов (МКЭ). Однако, при случайном характере внешних нагрузок МКЭ не позволяет выявлять места концентрации напряжений в деталях определять функции их распределения, необходимые для расчета надежности деталей.

Для оценки риска возникновения отказов потенциально опасных изделий используются вероятностные методы, с учетом предельных (допускаемых) напряжений и нормального закона распределения. При этом, как отмечается в литературе, ВБР существенно зависит от законов распределения характеристик

механических свойств материала и нагрузок, для которых традиционно принимается нормальный или логнормальный закон распределения. Так что, учет фактических законов распределения нагрузок может значительно повлиять на результаты расчета ВБР изделий.

Целью данной работы является совершенствование методов оценки нагруженности, надежности и долговечности различного рода деталей общепромышленного применения, с учетом реальных законов распределения случайных величин внешних эксплуатационных нагрузок, напряжений (действующих и допускаемых) и числа циклов до разрушения. При этом используются данные прочностного расчета деталей на основе численных методов теории упругости, а также оценки распределения деформаций по поверхности деталей, зафиксированные в процессе эксплуатации с помощью датчиков деформаций интегрального типа (ДДИТ).

Исследования проводятся на базе ряда дисциплин – теории вероятности, математической (параметрической и непараметрической) статистики, планирования эксперимента, теорий упругости и усталости металлов, методов граничных и конечных элементов, теории зубчатых зацеплений и др.

Научную новизну представляют:

- разработанный автором подход к оценке ВБР для деталей промышленного применения, с учетом фактических законов распределения внешних нагрузок и вариаций механических характеристик материала;
- предложенный способ обработки цифровых снимков реакции ДДИТ, повышающий точность ее оценки, а также новые математические модели для ДДИТ;
- расчетно-экспериментальный метод прогнозирования долговечности деталей в эксплуатационных условиях при случайном нагружении.

Практическая ценность работы заключается, в первую очередь, в создании программ оценки прочностной надежности деталей общепромышленного применения (величин ВБР в зависимости от режимов нагружения и предельных величин внешних нагрузок в случае изменения режима эксплуатации), а также оценки надежности изделий сложной геометрической формы при воздействии нескольких случайных нагрузок.

Подчеркивается, что реализация предложенных методик позволяет улучшить статистическую обработку данных испытаний образцов методом линейного регрессионного анализа. При этом, усовершенствованная методика применения ДДПЧ способствует уточнению величины эквивалентных напряжений (числа циклов нагружения), а предложенный метод оценки долговечностей деталей дает возможность определять их остаточный срок службы.

Доказана достоверность разработанных методик и показано многочисленное применение результатов исследований, как в актуальных практических задачах, так и в учебном процессе.

Представленная работа успешно апробирована на многих международных и всероссийских симпозиумах и конференциях, а основные ее результаты опубликованы в статьях и монографиях.

