**Куц Михаил Сергеевич Методы определения динамической жесткости конструкций с резьбовыми соединениями**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Куц Михаил Сергеевич

Введение

Глава 1. Анализ проблематики учета характеристик резьбовых соединений при моделировании вибрационного поведения конструкций

1.1 Обоснование необходимости моделирования поведения конструкций

с резьбовыми соединениями

1.1.1 Проблема точности машин

1.1.2 Обзор прецизионных технологических машин

1.1.3 Анализ факторов, влияющих на точность технологических машин

1.1.4 Подходы повышения точности технологических машин

1.2 Существующие подходы к определению динамической жесткости конструкций машин

1.2.1 Структурный подход

1.2.2 Подход на основе метода конечных элементов

1.3 Влияние соединений на динамическую жесткость конструкций

1.3.1 Актуальность проблемы

1.3.2 Классификация соединений машин

1.3.3 Обзор существующих моделей жесткости неподвижных соединений деталей машин и методик расчета

1.3.4 Демпфирование колебаний в соединениях деталей машин

1.4 Выводы и постановка целей и задач исследования

Глава 2. Определение осредненной характеристики деформирования контактного слоя разъемных соединений путем компьютерного моделирования

2.1 Модель взаимодействия профиля контактирующей поверхности

2.1.1 Обоснование выбранной модели шероховатой поверхности

2.1.2 Формирование поверхности с заданными параметрами шероховатости

2.2 Разработка конечно-элементной модели контактного взаимодействия

2.2.1 Описание плоской задачи МКЭ

2.2.2 Обнаружение области контактирования и наложение граничных условий

2.2.3 Обнаружение контактной зоны

2.2.4 Наложение многоточечных связей

2.2.5 Алгоритм определения характеристики деформирования контактного слоя

2.3 Определение характеристики деформирования контактного слоя путем моделирования

2.4 Выводы по главе

Глава 3. Разработка уточненного метода определения динамической жесткости конструкций, учитывающего характеристики контактной зоны резьбовых соединений

3.1 Теоретическое исследование контактных колебаний резьбовых соединений

3.1.1 Постановка задачи. Модель нелинейного упругого контактирования шероховатых поверхностей

3.1.2 Расчет и анализ свободных гармонических колебаний консервативной системы

3.1.3 Анализ диссипативных сил в случае неконсервативной системы

3.2 Разработка динамической модели контактного слоя на основе метода конечных элементов

3.2.1 Вывод зависимостей контактного изопараметрического элемента

3.2.2 Выбор численной процедуры

3.3 Выводы по главе

Глава 4. Экспериментальное исследование динамической жесткости конструкций с резьбовыми соединениями

4.1 Экспериментальное исследование вибраций конструкции с резьбовыми соединениями

4.1.1 Описание экспериментальной установки и методы исследования

4.1.2 Результаты эксперимента и обсуждение

4.2 Исследование влияния усилия затяжки и шероховатости поверхности

на динамическую жесткость резьбовых соединений

4.2.1 Описание экспериментальной установки и методики исследования

4.2.2 Результаты экспериментов

4.3 Исследование контактной жесткости и демпфирования заполненных резьбовых соединений

4.3.1 Описание установки и методов исследования

4.3.2 Результаты эксперимента

4.4 Выводы по главе

Глава 5. Формулировка общего алгоритма моделирования вибрационного поведения конструкций, его верификация и практическое преминение

5.1 Алгоритм моделирования динамики конструкций с резьбовыми соединениями

5.2 Определение распределения давления в контактном слое резьбового соединения

5.2.1 Постановка задачи

5.2.2 Описание метода

5.2.3 Описание численного эксперимента и результаты моделирования

5.2.4 Обсуждение результатов

5.3 Экспериментальное подтверждение практической реализации алгоритма моделирования вибрационного поведения конструкций с резьбовыми соединениями

5.3.1 Описание установки и методов исследования

5.3.2 Результаты эксперимента и проверка сходимости предложенной модели

5.4 Определение силы затяжки болтов из условия равенства запаса по нераскрытию стыка и усталостной прочности

5.4.1 Описание предлагаемого метода

5.4.2 Пример расчета

Общие выводы. Заключение

Список литературы

Приложение А

А.1 Текст программы «ContStiffCalc.py» на языке python для определения

упругой характеристики шероховатого контактного слоя

А.2 Текст программы «ContactOscillations.py» на языке python для расчета

колебаний модельной системы

А.3 Текст программы «ExplnitCalc.py» на языке python для определения распределения давления и контактной жесткости в резьбовом

соединении

А.4 Текст программы «PressureCone.py» на языке python для определения

распределения давления в окрестности одновинтового соединения

Приложение Б

Приложение В