

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 531.133.2 : 62-233.3,9

Буй Ши Лонг

Исследование контактного взаимодействия упруго деформируемого
гибкого звена со шкивом

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-36 80 08 «Инженерная геометрия и компьютерная графика»

Научный руководитель
Вышинский Николай Владимирович
профессор кафедры ИКГ
профессор; кандидат технических наук

Минск 2022

ВВЕДЕНИЕ

Механизмы с гибкими звеньями применяются для передачи движения между двумя удаленными валами без преобразования вида движения или с преобразованием вращательного движения в поступательное. В механизмах в качестве гибких звеньев применяются ремни, шнуры, стальные ленты, цепи, зубчатые ремни и т.п. В зависимости от вида и конструкции применяемого гибкого звена различают передачи ленточные, клиноременные, цепные и др. По способу соединения гибкого звена с ведущим и ведомым звеньями различают три вида передач: с фрикционным сцеплением, непосредственным соединением и с зацеплением. Передачи каждой из этих трех групп имеют свои преимущества и недостатки.

Наиболее широко в технике представлены ременные передачи с фрикционным сцеплением. Достоинствами передач механизмов с фрикционным сцеплением являются: плавность и бесшумность работы; простота конструкции и эксплуатации; возможность передачи мощности на большие расстояния (до 15 м); и т.д. [1]. Помимо этих достоинств, передачи с фрикционным сцеплением имеют и некоторые недостатки, такие как: значительные габариты, высокие нагрузки на валы и опоры (подшипники) из-за натяжения ремня, невысокие износостойкость и выносливость ремней, и особенно трудно рассчитать точное значение передаточного числа из-за упругого скольжения [2].

Таким образом, практическая задача в вопросе проектирование механизмов с гибкими звеньями состоит в том, чтобы исследовать контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом и исходя из этого дать математические зависимости для расчета и объяснения явления упругого скольжения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации:

Исследование контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом является актуальностью задачей в вопросе проектирование механизмов с гибкими звеньями.

Степень разработанности проблемы

В механизмах с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением действительное значение передаточного отношения отличается от расчетного. Это отличие обусловлено присутствием в механизмах с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением явления упругого скольжения. Упругое скольжение возникает в зоне контактирования со шкивом гибкого звена и обусловлено его упругой деформацией. Теоретическое исследование контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом будет способствовать внесению в теорию упругого скольжения дополнительной информации.

Цель и задачи исследования:

Получить математические зависимости, описывающие контактное взаимодействие упруго деформируемого гибкого звена со шкивом.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- на основе анализа литературных источников рассмотреть теорию упругого скольжения в механизмах с гибким звеном;
- на основе полученных математических зависимостей для контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена и шкива предложить объяснение явления упругого скольжение в механизмах с гибкими звеном.

Объект исследования: Механизмы с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением.

Предмет исследования: Контактное взаимодействие упруго деформируемого гибкого звена со шкивом.

Научная новизна диссертации заключается в получении математических зависимостей для контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого

звена и шкива. На этом основании объяснить явление упругого скольжения в механизмах с гибкими звеном.

Магистерская диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиата». Процент оригинальности составил 81,86%. Заимствования, самоцитирования и цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке литературы».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Упругое скольжение в механизмах с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением всегда происходит в течение всего рабочего процесса.

2. Упругое скольжение происходит не на всей дуге обхвата, а лишь на ее части – дуге скольжения α_c , два участка которой располагаются с обеих сторон зоны контакта гибкого звена со шкивом, а дуга покоя α_0 расположена в центре зоны контакта между гибким звеном и шкивом.

3. Длина дуги скольжения не зависит от предварительного натяжения T_0 , а определяется только величиной половины угла охвата α_1 и значением коэффициента трения μ для материалов гибкого звена и шкива. Она обратно пропорциональна значению коэффициента трения μ для материалов гибкого звена и шкива.

4. Компьютерная анимационная модель, имитирующая работу гибкого механизма с фрикционным сцеплением в среде ANSYS и показывающая распределение натяжения гибкого звена в процессе работы.

Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 58-й научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР 2022;

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации представлены в статье в периодическом научном журнале.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четыре главы с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе рассматриваются схемы механизмов с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением гибкого звена со шкивом и достоинства и недостатки таких механизмов.

Во второй главе представлена теория упругого скольжения в механизмах с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением.

В третьей главе проведено теоретическое исследование контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом.

В четвертой главе проведено формирование компьютерной анимационной модели контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом.

Общий объем диссертации составляет 73 страница включая 44 иллюстрации, 2 таблицы, библиографический список из 34 наименований, список собственных публикаций соискателя из 1 наименования и 2 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены достоинства и недостатки механизма с фрикционной муфтой, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **первой главе** представлен обзор механизмов с гибкими звеньями, их классификация по различным критериям, основанным на предполагаемом использовании каждого типа.

Во **второй главе** анализируется принцип работы, силы, действующие на гибкое звено и напряжения, которым подвергается гибкое звено в процессе работы. В этой главе теория упругого скольжения касается зоны контакта между шкивами и гибким звеном и условий, при которых механизм не проскальзывает полностью (буксование).

В **третьей главе** с помощью математических преобразований анализируются силы, действующие на упруго деформируемое гибкое звено с неподвижным шкивом, получим выражение для усилия натяжения гибкого звена в зоне охвата шкива и выражение для дуги скольжения в зоне охвата гибкого звена с неподвижным шкивом. Из этих выражений в сочетании с построением графика в среде *MatLab* мы можем сделать следующие выводы:

1. Упругое скольжение всегда происходит в течение всего рабочего процесса механизма с гибкими звеньями с фрикционными сцеплением.

2. Упругое скольжение происходит не на всей дуге охвата, а лишь на ее части - дуге скольжения α_c , два участка которой располагаются с обеих сторон зоны контакта гибкого звена со шкивом а дуга покоя α_0 расположена в центре зоны контакта между гибким звеном и шкивом.

3. Длина дуги скольжения не зависит от усилия натяжения, а определяется только величиной половины угла охвата α_1 и значением коэффициента трения μ для материалов гибкого звена и шкива. Она обратно пропорциональна значению коэффициента трения μ для материалов гибкого звена и шкива.

Результаты исследования контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена с неподвижным шкивом применительно к подвижному шкиву были применены для объяснения явления упругого скольжения в механизмах с гибкими звеном.

В **четвертой главе** строится компьютерная анимационная модель, имитирующая работу гибкого звена механизма с гибким звеном с фрикционным сцеплением в среде *ANSYS*, показало более наглядное представление о распределении натяжения гибкого звена и явлении скольжения, возникающиеся

при различных условиях. Полученные результаты аналогичны теории контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Классификация механизмов с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением основана на следующих критериях:

Первый критерий – по расположению и направлению вращения шкива. По этому критерию передача будет делиться на плоские открытые (положительное передаточное отношение); плоские перекрестные (отрицательное передаточное отношение) и пространственные полуперекрестные. Второй критерий

Второй критерий – по форме сечения ремня. Существуют такие типы ремней, как плоский ремень, клиновой ремень, ремень круглого сечения, многоручьевой ремень. Выбор ремней по этому критерию будет зависеть от многих факторов, таких как расстояние передачи, скорость, сопротивление и т. д.

Третий критерий – по материалу ремня. Материалы, используемые для ремней, должны быть прочными, гибкими и долговечными и должен иметь высокий коэффициент трения. Наиболее распространенные материалы, используемые для изготовления ремней: натуральная кожа, ткань, резина, балата и т.д. Каждый из этих материалов будет выбран в соответствии с различными типами машин.

Четвертый критерий – по размеру шкивов, размер ведущего шкива и ведомого шкива будет определять передаточное число механизма.

Однако в механизмах с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением действительное значение передаточного отношения отличается от расчетного. Это отличие обусловлено присутствием в механизмах с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением явления упругого скольжения. Упругое скольжение возникает в зоне контактирования со шкивом гибкого звена и обусловлено его упругой деформацией. Упругое скольжение приводит к снижению скорости и, следовательно, к потере части мощности, а также вызывает электризацию, нагревание и изнашивание ремня, сокращая его долговечность.

В рамках этой магистерской диссертации проведено теоретическое исследование контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена с неподвижным шкивом. Получено выражение для усилия натяжения гибкого звена в зоне охвата шкива и выражение для длины дуги скольжения. Из этих выражений в сочетании с построением графика в среде *MatLab* мы можем сделать следующие выводы:

1. Упругое скольжение всегда происходит в течение всего рабочего процесса механизма с гибкими звеньями с фрикционным сцеплением.

2. Упругое скольжение происходит не на всей дуге обхвата, а лишь на ее части - дуге скольжения α_c , два участка которой располагаются с обеих сторон зоны контакта гибкого звена со шкивом, а дуга покоя α_0 расположена в центре зоны контакта между гибким звеном и шкивом.

3. Длина дуги скольжения не зависит от предварительного натяжения T_0 , а определяется только величиной половины угла обхвата α_1 и значением коэффициента трения μ для материалов гибкого звена и шкива. Она обратно пропорциональна значению коэффициента трения μ для материалов гибкого звена и шкива.

Результаты исследования контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена с неподвижным шкивом применительно к подвижному шкиву были применены для объяснения явления упругого скольжения в механизмах с гибкими звеньями.

Кроме того, построена компьютерно-анимационная модель, имитирующая работу гибкого механизма с фрикционным сцеплением в среде *ANSYS*. Эта модель более наглядно показывает распределение натяжения гибкого звена и явление скольжения, возникающего при различных условиях.

Теоретическое исследование контактного взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом будет способствовать внесению в теорию упругого скольжения дополнительной информации.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Буй, Ш.Л. Теоретические исследования взаимодействия упруго деформируемого гибкого звена со шкивом / Ш.Л. Буй // Инженерная и компьютерная графика : сборник тезисов докладов 58-ой научной конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 22 апреля 2022 г. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 824–826.