Тимофеев Вячеслав Иванович. Уравновешивание возвратно-поступательно движущихся выходных звеньев цикловых механизмов полиграфических машин : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.13.- Москва, 2001.- 214 с.: ил. РГБ ОД, 61 02-5/44-6

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ ПЕЧАТИ

На правах рукописи УДК 681.62+686.1.05

ТИМОФЕЕВ ВЯЧЕСЛАВ ИВАНОВИЧ

«Уравновешивание возвратно-поступательно

движущихся выходных звеньев цикловых механизмов

полиграфических машин»

Специальность: 05.02.13

Машины, агрегаты и процессы (полиграфического производства)

Диссертация на соискание

ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор

Москва 2001

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава 1. Обзор работ по теории и практике уравновешивания цикловых механизмов и машин и постановка задачи исследований . . 6

1.1. Виды уравновешивания механизмов по динамическому

признаку и точности 7

1.2. Общие положения теории и практики уравновешивания

механизмов и машин 8

1.3. Технические устройства уравновешивания механизмов 24

1.4. Выводы 31

1.5. Постановка задачи исследований 35

Глава 2. Разработка методов расчета уравновешивания упругим звеном инерционных сил возвратно-поступательно движущихся выходных звеньев цикловых механизмов 36

2.1. Полное уравновешивание силой упругости УУЗ инерционных сил УВЗ постоянной массы, возвратно-поступательно движущихся

по гармоническим законам . . . . ‘ 36

2.2. Разработка методов расчета приближенного уравновешивания

силой упругости УУЗ инерционных сил УВЗ, возвратно¬поступательно движущихся по негармоническим законам 38

2.2.1. Разработка расчетной схемы приближенного

уравновешивания инерционных сил 38

2.2.2. Силовая и энергетическая оптимизации параметров УУЗ при

постоянной массе УВЗ 44

2.2.2.1. Силовая оптимизация параметров УУЗ 44

2.2.2.2. Энергетическая оптимизация параметров УУЗ 49

2.2.3. Инварианты подобия 54

2.2.4. Уравновешивание цикловых механизмов

с возвратно-поступательно движущимися выходными звеньями переменной (скачкообразно безударно изменяющейся) массы ... 59

2.2.4.1. Силовая оптимизация параметров УУЗ при переменной

массе УВЗ 62

2.2.4.2. Энергетическая оптимизация параметров УУЗ

при переменной массе УВЗ 63

2.2.4.3. Программа проверки и уточнения расчетных

параметров УУЗ 65

2.2.4.4. Силовая оптимизация параметров УУЗ на всем периоде

движения на основании оптимизаций по отдельным направлениям движения УВЗ 70

- з - 2.2.4.4Л. Оптимизация по отдельным направлениям

движения УВЗ 70

2.2.4А2. Оптимизация на всем периоде обобщенной координаты . 72 2.2.4.4.3. Пример силовой оптимизации параметров УУЗ сразу на всем периоде обобщенной координаты и на основании оптимизаций по отдельным направлениям движения УВЗ

переменной массы 74

2.2.5. Оценка и сравнительный анализ силовой и энергетической оптимизаций параметров УУЗ 80

2.2.5.1. Оценка силовой и энергетической оптимизаций

параметров УУЗ 80

2.2.5.1.1. Энергетический баланс системы УВЗ — УУЗ — начальное

звено механизма 81

2.2.5.1.2. Определение работ, потребных на преодоление силы инерции УВЗ и компенсацию неполного

уравновешивания УВЗ 83

A. Определение крутящих моментов, потребных

на преодоление силы инерции ползуна (УВЗ) и компенсацию

неполного уравновешивания УВЗ 83

Б. Определение работ через крутящие моменты на валу начального звена механизма (на валу кривошипа) 85

B. Определение работ с использованием теоремы

об изменении кинетической энергии механической системы

на некотором перемещении 86

Г. Сравнение результатов расчета работ через крутящий момент на валу начального звена механизма и с применением теоремы об изменении кинетической энергии 87

2.2.5.1.3. Оценка эффективности ввода уравновешивающего

устройства 89

2.2.5.2. Сравнительный анализ силовой и энергетической

оптимизаций параметров У УЗ 91

2.2.5.3. Расчеты по уравновешиванию сил инерции талера

плоскопечатной машины ПС-6 (ПС-АЗ) 95

2.6. Выводы 101

Глава 3. Экспериментальные исследования уравновешивания инерционных сил возвратно-поступательно движущихся выходных звеньев цикловых механизмов с помощью упругого звена 102

3.1. Описание экспериментальной установки 103

3.1.1. Приводы уравновешиваемого кривошипно-ползунного

механизма 103

3.1.2. Система уравновешиваемое выходное звено —

уравновешивающее упругое звено 103

3.1.3. Измерительная и фиксирующая системы 107

3.1.3.1. Измерительная система 107

3.1.3.2. Фиксирующая система 110

3.2. Планирование экспериментов 112

3.3. Методика проведения экспериментов ..114

3.3.1. Тарирование элементов измерительной

и уравновешивающей систем 114

3.3.1.1. Тарирование силы инерции неуравновешенной ползушки, результирующей силы, действующей

на уравновешенную ползушку 114

3.3.1.2. Тарирование УУЗ (цилиндрической пружины

растяжения-сжатия) 117

3.3.1.3. Тарирование крутящего момента на валу якоря двигателя

постоянного тока 119

3.3.2. Подготовка экспериментальной установки к проведению экспериментов 123

3.4. Проведение экспериментов 126

3.4.1. Запись осциллограмм 126

3.4.2. Расшифровка осциллограмм 127

3.4.3. Эксперименты по уравновешиванию силы инерции ползуна центрального КПМ пружинами растяжения-сжатия

с параметрами, определяемыми видом оптимизации 128

3.4.3.1. Уравновешивание ползуна постоянной массы пружиной

с параметрами энергетической оптимизации 128

3.4.3.2. Уравновешивание ползуна переменной массы пружиной

с параметрами силовой оптимизации 132

3.5. Статистическая обработка результатов экспериментов 139

3.6. Сравнение результатов экспериментов с результатами

расчетов 140

3.7. Выводы 141

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ 141

ЛИТЕРАТУРА 143

ПРИЛОЖЕНИЯ 152

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Исследованы силовые и энергетические возможности прибли­женного (наиболее полного) уравновешивания сил инерции соверша­ющих возвратно-поступательное движение (по негармоническим зако­нам) выходных звеньев цикловых механизмов машин силой упругости простого по конструкции уравновешивающего устройства, основу ко­торого составляет упругое звено постоянной жесткости. При этом уравновешиваемое выходное звено может быть постоянной перемен­ной (скачкообразно безударно изменяющейся) массы.
2. Впервые выполнены силовая и энергетическая оптимизации, значений параметров УУЗ по методу наилучшего среднего сближения функций в смысле квадратичного уклонения по обобщенной коорди­нате начальных вращательных звеньев цикловых механизмов при рас­чете приближенного (наиболее полного) уравновешивания сил инер­ции совершающих с постоянной массой по негармоническим законам возвратно-поступательное движение выходные звеньев силой упруго­сти уравновешивающего звена с постоянными параметрами соответ­ственно силовой и энергетической оптимизаций.
3. Впервые выполнены аппроксимации по методу наилучшего сред­него сближения функций в смысле квадратичного уклонения по обоб­щенной координате начальных вращательных звеньев цикловых меха­низмов; а) разрывной функции уравновешиваемой силы инерции УВЗ переменной (скачкообразно безударно изменяющейся) массы непре­рывной функцией уравновешивающей силы упругости УУЗ; б) функ­

ции работы, потребной на преодоление силы инерции УВЗ перемен­ной (скачкообразно безударно изменяющейся) массы, функцией рабо­ты уравновешивающей силы упругости УУЗ при расчете уравновеши­вания сил инерции возвратно-поступательно движущихся выходных звеньев переменной массы силой упругости уравновешивающего звена с постоянными параметрами соответственно силовой и энергетиче­ской оптимизаций.

1. Впервые выведены в самом общем виде формулы силовой и энер­гетической оптимизаций значений параметров УУЭ при уравновешива­нии сил инерции УВЗ постоянной и переменной массы, движущихся возвратно-поступательно по любому негармоническому закону (с уче­том у ограничений), и на их основе составлены алгоритмы и программы расчетов параметров УУЗ на ЭВМ на алгоритмическом языке Бейсик.
2. Составлена программа проверки и уточнения на ЭВМ на алгорит­мическом языке Бейсик расчетных параметров упругого звена уравнове­шивающего устройства при уравновешивании сил инерции совершаю­щих по негармоническим законам возвратно-поступательное движение выходных звеньев цикловых механизмов. При этом масса уравновешива­емого звена переменная (скачкообразно безударно изменяющаяся).
3. Силовая и энергетическая оптимизации параметров упругого уравновешивающего звена не в полной мере взаимозаменяемы.

d) При энергетической оптимизации по сравнению с силовой наибольшее сближение аппроксимируемая и аппроксимирующая фун­кции имеют в зонах больших скоростей уравновешиваемого звена и больше они расходятся в зонах малых скоростей. Этим объясняются меньшие затраты работы на компенсацию приближенного (неполного) уравновешивания при энергетической оптимизации параметров упру­гого звена по сравнению с силовой.

1. При силовой оптимизации параметров упругого уравновешива­ющего звена уравновешенность сил инерции выходного звена неско­лько выше, чем при энергетической.
2. Разработанные методики и составленные по ним программы рас­четов на ЭВМ работ, потребных на преодоление начальным вращате­льным звеном силы инерции выходного звена и компенсацию его при­ближенного (неполного) уравновешивания, дают возможность еще на этапе проектирования простым сопоставлением значений этих работ оценить целесообразность введения исследованного уравновешиваю­щего устройства.
3. Разработанный пакет программ расчетов на ЭВМ дает возмож­ность рассчитать упругое уравновешивающее звено в виде пружины растяжения-сжатия.
4. Выполненные на специальной установке эксперименты подтвер­ждают достоверность теоретических и расчетных положений данной диссертации.
5. Дриближенное (наиболее полное) уравновешивание преоблада­ющих инерционных сил совершающих возвратно-поступательное дви­жение выходных звеньев с помощью упругого звена с параметрами, определяемыми по силовой или энергетической оптимизации, при определенных условиях может обеспечить значительную разгрузку ки­нематических пар привода выходных звеньев постоянной и перемен­ной массы от сил инерции УВЗ, значительно (в несколько раз) сокра­тить затраты энергии начальным вращательным звеном на преодоле­ние сил инерции УВЗ, что должно также способствовать повышению долговечности уравновешиваемых механизмов.
6. Простота конструкции исследованного уравновешивающего устройства наряду с вышеуказанными достоинствами приводит и к определенным недостаткам.

01) Оно может эффективно работать только при определенной скорости начального вращательного звена: для разных скоростей надо иметь упругие уравновешивающие звенья с соответствующими разны­ми параметрами.

5.) При малых пиках (по сравнению с пиками силы инерции) си­ла неполного уравновешивания имеет большую пульсацию, приводя­щую к большей частоте выборки зазоров в кинематических парах при­вода уравновешиваемого выходного звена, что может потребовать вве­дения мероприятий по устранению или уменьшению этих зазоров.