

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ МНОГОКООРДИНАТНЫХ МАШИН С ЧПУ

Введение

Точность машины (станка)

Основные факторы, влияющие на точность машины (станка)

Направления повышения точности машины (станка)

Направления, связанные с совершенствованием конструкции НС машины и технологии её изготовления

Направления, связанные с совершенствованием процесса управления машиной (методы коррекции)

Программная коррекция на основе априорной информации.

Предыскажение управляющей программы аналитическими методами

Коррекция по результатам калибровки станка, режущего инструмента и приспособления

Системы коррекции, основанные на принципе обратной связи (замкнутые системы)

Системы коррекции, основанные на принципе компенсации возмущающих воздействий (управление по возмущению)

Способы цифровой коррекции отклонений взаимного положения ИО многокоординатной машины с ЧПУ

ГЛАВА II. ПЕРВИЧНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ МЕХАНИЗМОВ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМИ И ВРАЩАТЕЛЬНЫМИ ПАРАМИ И ПРАВИЛО ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Введение

Основные понятия теории точности механизмов применительно к механизмам несущей системы машины

Первичные отклонения для механизма линейного перемещения салазок по программе (линейная координата)

Первичные отклонения для механизма «управляемый по программе поворотный стол»

Несущая система машины

Общие замечания по определению первичных отклонений звеньев, входящих в другие кинематические пары

ГЛАВА III. МОДЕЛЬ ОТКЛОНЕНИЯ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ МНОГОКООРДИНАТНОЙ МАШИНЫ

Введение

Модель образования интегрального отклонения для координатного станка

Декомпозиция НС станка на независимые подсистемы

Станина

Подсистема «Станина (1) > салазки (2)»

Подсистема «Салазки (2) > стойка (3)»

Подсистема «Стойка (3) > шпиндельная бабка (4)»

Подсистема «Станина (1) > корпус планшайбы (5)»

Подсистема «Корпус планшайбы (5) планшайба (6)»

Интегральное отклонение позиционирования S_a в механизме «станина - салазки - стойка - шпиндельная бабка»

Интегральное отклонение позиционирования S_z для подсистемы «станина - поворотный стол - планшайба»

Интегральное отклонение позиционирования для координатного станка (3линейные и 2 угловые координаты)

Имитационная модель образования интегрального отклонения для 5-ти координатного станка

Построение имитационной модели

Опробование имитационной модели на частных случаях формирования интегрального отклонения по первичным отклонениям для структуры станка мод. МС-300

Использование имитационной модели для анализа объёмной точности 5 координатного станка с поворотным глобусным столом мод. МС-300

Расчёт контрольных точек в рабочем пространстве координатного станка с глобусным поворотным столом

Методика проведения имитационного моделирования

Чувствительность критерия точности к изменению первичных отклонений (матрица чувствительности)

Синтез точности многокоординатной машины с ЧПУ с использованием имитационного моделирования

ГЛАВА IV. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРВИЧНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ МНОГОКООРДИНАТНЫХ МАШИН С ЧПУ

Введение

Основные понятия метрологии, необходимые для рассмотрения методов и средств измерения первичных отклонений звеньев механизмов

Измерение первичных отклонений

Измерение отклонений позиционирования вдоль линейных и угловых координат

Измерение отклонений позиционирования вдоль линейной координаты (E_{XX}, E_{YY}, E_{ZZ})

Измерение отклонений позиционирования по угловой координате (E_{BB}, E_{CC})

Измерение отклонений от прямолинейности перемещения (E_{YX}, E_{ZX}, E_{XY}, E_{ZY}, E_{XZ}, E_{YZ})

Измерение угловых отклонений подвижного узла при линейных и угловых перемещениях (E_{AX}, E_{BX}, E_{CX}, E_{AY}, E_{BY}, E_{CY}, E_{AZ}, E_{BZ}, E_{CZ}, E_{AB}, E_{CB}, E_{AC}, E_{BC})

Измерение осевого и радиального биения поворотных столов (E_{XB}, E_{YB}, E_{ZB}, E_{XC}, E_{YC}, E_{ZC})

Измерение отклонений от перпендикулярности движений подвижного узла, участвующего в двух взаимно перпендикулярных перемещениях

Измерение отклонений пересечения осей В и С

Измерение отклонений от перпендикулярности осей В и С) и отклонений от перпендикулярности оси В к пл. X₀ Z₀

Выводы

ГЛАВА V. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ИНТЕГРАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ МНОГОКООРДИНАТНОЙ МАШИНЫ С ЧПУ

«Объёмная» точность станка

Методы и средства оценки «объёмной» точности станка

Оценка объёмной точности станка измерением отклонений воспроизведения эталонной траектории

Приборы, реализующие способ измерения с применением калиброванного механизма

Приборы со степенью подвижности 1

Приборы со степенью подвижности 2

Приборы со степенью подвижности 3

Приборы, реализующие способ измерения с применением образцовой детали (artifact)

Способ оценки объёмной точности станка, основанный на измерении «следа» действительной траектории на обработанной поверхности

Выводы

ГЛАВА VI. ВЛИЯНИЕ КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ФАКТОРОВ (ВЕСА И ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДВИЖНЫХ УЗЛОВ) НА ТОЧНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ИО МНОГОКООРДИНАТНОЙ МАШИНЫ

Этапы создания многокоординатной машины и виды экспериментальных исследований статических и динамических свойств её несущей системы

Квазистатический режим испытаний геометрической точности многокоординатной машины с ЧПУ (состояние 2)

Влияние статической жесткости узлов машины на первичные отклонения механизмов
Изменение точности позиционирования станка «Гексамех-1» при изменении жесткости его несущей системы

Связь «отклонений от прямолинейности в пл. Y_Z » при движении стойки по координате Y с деформациями каретки при перемещении стойки для станка мод. МС-300

Исследование отклонений от перпендикулярности движения шпиндельной бабки в пл. Y_Z в функции перемещения вдоль оси Z

Исследование отклонений от перпендикулярности движения шпиндельной бабки в пл. X_Z в функции перемещения вдоль оси Z

Выводы по результатам исследования влияния веса подвижных узлов на отклонения от прямолинейности и перпендикулярности движения

Влияние температурных деформаций узлов станка на первичные отклонения механизмов несущей системы станка

Влияние температурных деформаций на точность позиционирования по линейным координатам

Точность позиционирования по координате X

Точность позиционирования по координате Y

Точность позиционирования по координате Z

Влияние температурных деформаций на точность позиционирования по угловым координатам

Точность позиционирования планшайбы (координата C)

Точность позиционирования корпуса планшайбы (координата B)

ГЛАВА VII. ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ (СИЛ ИНЕРЦИИ) НА ТОЧНОСТЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИО МНОГОКООРДИНАТНОЙ МАШИНЫ

Динамический режим испытаний на холостом ходу (состояние 3)

Динамическая модель несущей системы много координатной машины с ЧПУ

Поведение несущей системы в невозмущённом состоянии (режим а)

Реакция несущей системы на силовое ступенчатое воздействие со стороны рабочего процесса (режим в)

Реакция несущей системы на кинематическое «ступенчатое» воздействие через управляющую программу (режим г), «ступенчатое перемещение 10 мм» вдоль оси с различной подачей)

Точность воспроизведения заданных типовых траекторий (режим д)

Влияние сил резания на точность воспроизведения заданной траектории (режим е)

Методика измерения статической жесткости

Результаты исследования статической жесткости станка мод. МС-300

Методика определения динамической податливости несущей системы многокоординатной машины с ЧПУ

Элементы калибровки и диагностики многокоординатной машины при сборке

Алгоритм калибровки

Установление норм на проведение коррекции

Методика диагностики

Примеры проведения диагностики при нарушении норм на проведение коррекции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1. Текст программы psd0.m

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2. Текст программы psd43.m

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3. Координаты контрольных точек для анализа объёмной точности

ПРИЛОЖЕНИЕ № 4. Первичные отклонения

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5. Матрица чувствительности при нулевых значения первичных отклонений (идеальная машина)

ПРИЛОЖЕНИЕ № 6. Матрица чувствительности при действительных (измеренных) первичных отклонениях (действительная машина)