ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Приборостроение, метрология и сертификация»

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

по дисциплине:

«ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ»

Студент:

Группа:

Шифр:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Отметка о зачёте: | | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | | |  |
| Руководитель: | (Фамилия, И., О.) | (подпись) | (дата) |

Орел 2022

**Цель расчетно-графической работы**: формирование практических навыков проведения анализа точности измерительных цепей с учетом погрешностей от несоответствия действительных значений внутренних параметров номинальным значениям.

**Задание**

При проектировании рычажно-зубчатого измерительного механизма необходимо определить параметры измерительной цепи, обеспечивающие минимальную погрешность приближения, а также рассчитать погрешность измерительного устройства при обеспечении характеристик точности отдельных параметров согласно данным таблицы 1, где *q* – длина рычага; *Z1(2)* – число зубьев колес в зубчатой паре; *Θшк*  – угол шкалы; *Zшк* – число делений шкалы; *С* – цена деления шкалы; *α* – погрешность начального положения рычага; *β* – перекос (отклонение от перпендикулярности) площадки толкателя; *ΔФ* – отклонение формы рабочей поверхности (отклонение от плоскостности) толкателя.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Исходные данные для  проектирования | | | | | | Характеристики точности параметров | | | | |
| Диапазон,  мм | *Z1/Z2* | *Θшк,*, *рад* | *Zшк* | *С, мм* | *Δум*ак,  *мм* | *ΔΘ*шк, *рад* | *Δq*,  *мм* | *α, рад* | *β, рад* | *ΔФ*,  *мм* |
| 13 | -0,5; 0,5 | 5 | 2π/3 | 100 | 0,01 | 0,01 | ±0,035 | ±0,0005 | -0,0175 | 0,0175 | ±0,001 |

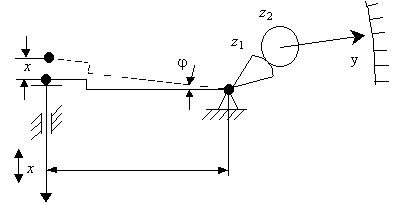
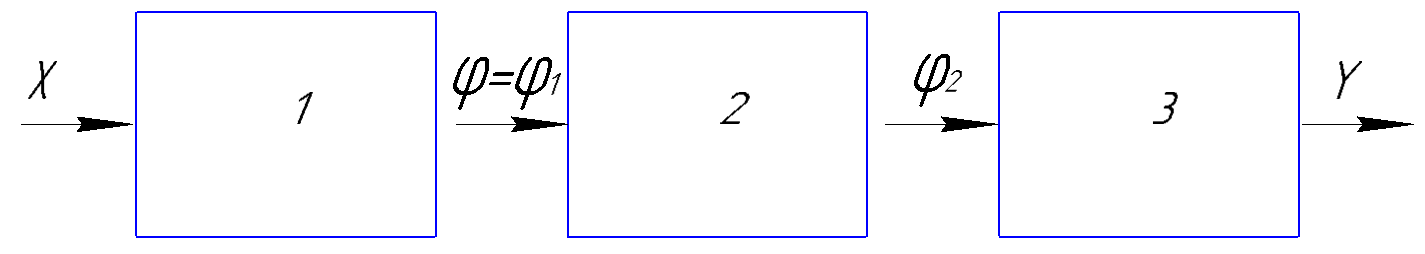


Рисунок 1 – Схема рычажно-зубчатого синусного механизма

**1 Составление математического описания и функциональной схемы**

1.2 Функциональная схема:



1 – реечная пара; 2 – зубчатое зацепление; 3 – пара указатель–шкала;  – угол поворота зубчатого колеса 1;  – угол поворота зубчатого колеса 2.

Рисунок 2 – Функциональная схема

1.2 Математическая модель:



где  – длина рычага.

Так как рычаг и зубчатое колесо 1 находятся на одной оси, то 

Зубчатое колесо 2 и зубчатое колесо 1 находятся в зацеплении, то 



Тогда система уравнений будет иметь вид:



Откуда:

**2 Определение выражения для погрешности приближения**

Нахождение погрешности

Заданная характеристика имеет вид: 

Тогда выражение для погрешности приближения можно представить в виде:



**3 Нахождение оптимального значения параметра q**

Определим значение внутреннего параметра q из условия равенства нулю значения погрешности приближения по максимальному значению входной величины.

Тогда уравнение будет иметь вид:



Проверим правильность нахождения длины рычага:

**4 Анализ точности измерительного устройства**

Детерминированные скалярные первичные погрешности заданы для: *β* – перекос (отклонения от перпендикулярности) площадки толкателя.

Случайные скалярные первичные погрешности заданы для:

*α* – погрешность начального положения рычага,**– погрешность угла шкалы, **– погрешность длины рычага, **– погрешность отклонение формы рабочей поверхности (отклонение от плоскостности) толкателя.

Анализ первичных погрешностей показывает, что все они заданы как детерминированные и скалярные.

Определим частную погрешность для *β*

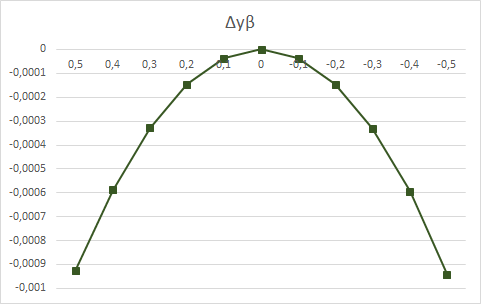


Рисунок 1 – Частотная погрешность отклонения от перпендикулярности *β*

Определим частную погрешность для Δуq

Определим частную погрешность для ΔуФ

Определим частную погрешность для Δуα

Определим частную погрешность для 

**4.1 Расчет погрешности от несоответствия параметров методом максимума-минимума**

Для максимального значения погрешности в качестве первичных погрешностей берем наибольшие предельные отклонения для параметров, у которых коэффициенты влияния положительны и наименьшие предельные отклонения для параметров с отрицательными коэффициентами влияния. Для нахождения минимального значения наоборот.

Определим коэффициент влияния.



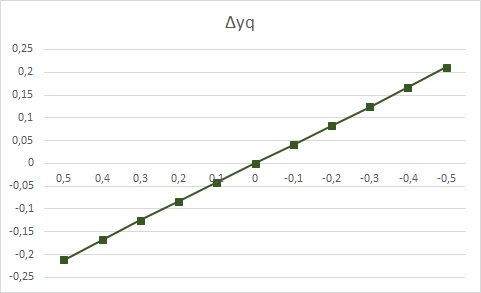


Рисунок 2 – Коэффициент влияния от длины рычага q



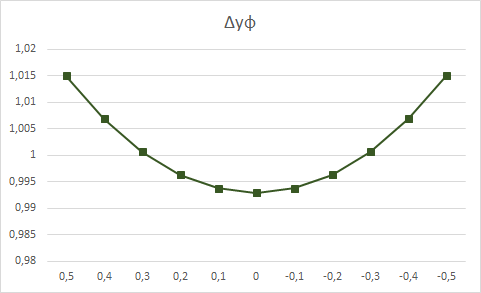


Рисунок 3 – Коэффициент влияния от отклонения от формы раб. поверхности



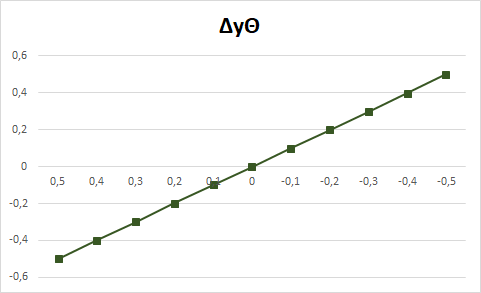


Рисунок 4 – Коэффициент влияния от угла шкалы 



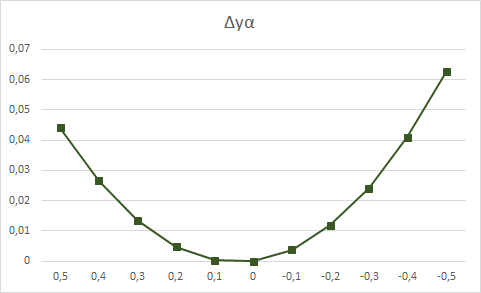


Рисунок 5 – Коэффициент влияния от начального положения рыча α=+0,035

Суммарная погрешность:





на отрезке х [–0,5;0]

– максимальная: при q = +0,0005, Θшк = +0,035, ΔФ = +0,001, α =-0,0175

– минимальная: при q = -0,0005, Θшк = -0,035, ΔФ = -0,001

на отрезке х [0;+0,5]

– максимальная: при q = -0,0005, Θшк = -0,035, ΔФ = +0,001

– минимальная: при q = +0,0005, Θшк = +0,035, ΔФ = -0,001, α =-0,0175

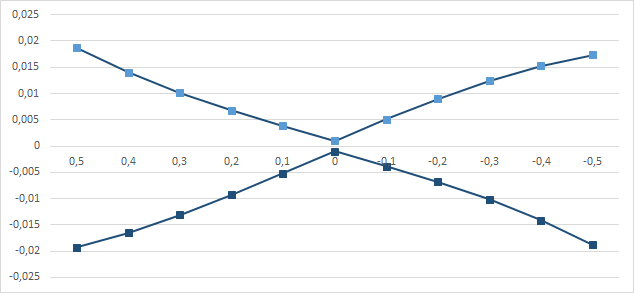


Рисунок 6 – График суммарной погрешности

4**.2 Расчет погрешности от несоответствия параметров номинальным значениям методом ситуационного моделирования.**

Проведем расчет параметров первичных погрешностей – аналогов математического ожидания и среднего квадратичного отклонения:

;



где – координата середины поля допуска на размер,

– половины длины поля допуска на размер,

K = 2 – коэффициент, аналог квантиля распределения.

Проведем расчет характеристик частных погрешностей

Расчет суммарной погрешности:



**

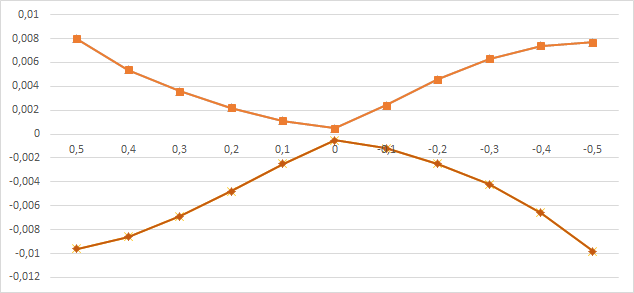


Рисунок 7 – График суммарной погрешности

**5 Сравнение методов расчета погрешностей измерительного устройства**

Построим в одной системе координат графики суммарных погрешностей, полученных по методу максимума-минимума, а также   
по методу ситуационного моделирования.

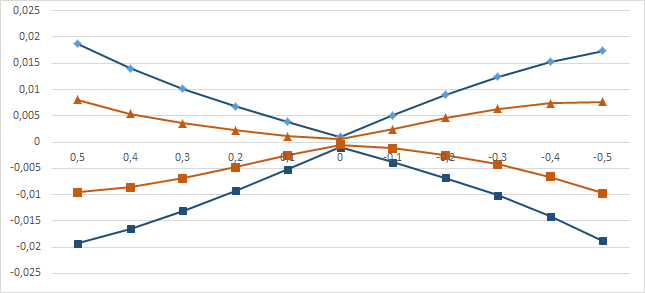


Рисунок 8 – Сравнение суммарных погрешностей, полученных методом максимума–минимума и методом ситуационного моделирования

На графике видно, что диапазон погрешности, полученный по методу максимума-минимума [-0,02;+0,02] больше рассчитанного по методу ситуационного моделирования [-0,01;+0,01]. Диапазон погрешности, полученный по методу ситуационного моделирования наиболее близок к реальным погрешностям любого такого измерительного устройства, поскольку расчет включает в себя расчет аналогов математического ожидания и среднего квадратичного отклонения. Погрешность любого данного прибора будет находиться в диапазоне погрешностей, полученного по методу максимума-минимума, с вероятностью Р=1.

Погрешность, рассчитанная по методу максимума-минимума, превышает максимально допустимую погрешность Δумакс 0,01 мм, по методу ситуационного моделирования не превышает максимально допустимую.