

# Research of the Accuracy Characteristics of a Laser Interferometer as a Measurement Transformer of a Cnc Turning Machine

*Alisher Mamadjanov*<sup>1</sup>

*Nozima Jurayeva*<sup>2</sup>

## Abstract

In this paper, an analysis of the main errors of the laser interferometer used on a CNC machine was conducted. The issue of minimizing the measurement temperature error is considered. The results of the study of the accuracy characteristics of the interferometer are also presented.

<sup>1,2</sup> *Tashkent state technical university, Tashkent, Uzbekistan*

## Введение

Для контроля линейных перемещений рабочих органов станков с ЧПУ в настоящее время широко применяются различные измерительные преобразователи (ИП), позволяющие создать замкнутую систему управления. В обеспечении высокой точности обработки деталей важную роль играет точность измерения перемещений, которая непосредственно зависит от точностных характеристик ИП.

Количественной мерой точности, как и любого ИП, является величина его погрешности, равная сумме статической и динамической составляющей, которые, в свою очередь, состоят из основных и дополнительных.

$$\Delta\chi = \Delta\chi_{ст} + \Delta\chi_{дин} \quad (1)$$

Основная статическая погрешность складывается из погрешности приближения, погрешности от изменения внутренних параметров ЛИ и действия внутренних дестабилизирующих факторов.

Погрешность приближения - это нестабильность выходного сигнала ЛИ и оценивается величиной 0,6 мкм. Погрешности от изменения внутренних параметров возникает вследствие выделения тепла лазером в объем прибора. Погрешность от действия внутренних дестабилизирующих факторов определяется нестабильностью излучения лазера в процессе измерения и оценивается величиной 0,3 мкм.

Дополнительная статическая погрешность добавляется к основной при отклонении условий работы от нормальных и определяется изменением климатических условий, некомпенсированной длиной, изменением линейных размеров интерферометра и объекта, непрямолинейностью движения отражателя.

Основная динамическая погрешность имеет место при нормальных условиях работы и выражается в динамических искажениях выходного сигнала, что приводит к появлению погрешности счета импульсов.

Дополнительная динамическая погрешность определяется электромагнитными и вибрационными воздействиями. Выполнение соответствующих требований позволяет для реального ИП свести динамическую погрешность к пренебрежимо малой величине.

### Методы

Основное влияние на точность измерения линейных перемещений оказывает погрешность, определяемая выделением тепла лазером в объеме ИП и изменением температуры окружающей среды. В связи с этим актуальными представляются исследования по определению нию величины этой погрешности с целью ее минимизации для исследования точностных характеристик ИП, поскольку даже в статическом режиме при нормальных условиях выделение тепла лазером приводит к ошибке счета вследствие дрейфа нуля прибора.

Наиболее пригоден для этой цели экспериментально-аналитический метод, позволяющий оценить температурную составляющую погрешности измерения при использовании высокоточных измерительных средств в том случае, когда она является доминирующей. Достоверность его применения обуславливается тем, что динамические свойства любой линейной системы полностью определяются ее реакцией на единичное ступенчатое воздействие, т. е. переходной функцией. В показано, что переходная функция как реакция на прямо-угольный температурный импульс может быть аппроксимирована с до статочной степенью точности двумя экспонентами, а температурная погрешность в этом случае определяется формулой

$$\Delta t(0_0, t) = 10_0 (\alpha_2 - \alpha_1 + \alpha_1 e^{-k_1 t} - \alpha_2 e^{-k_2 t}) \quad 2)$$

где,  $t$  - измеряемый размер:  $0_0$  - перепад температуры, воздействующий на прибор:  $k_1, \alpha_1$  - коэффициенты.

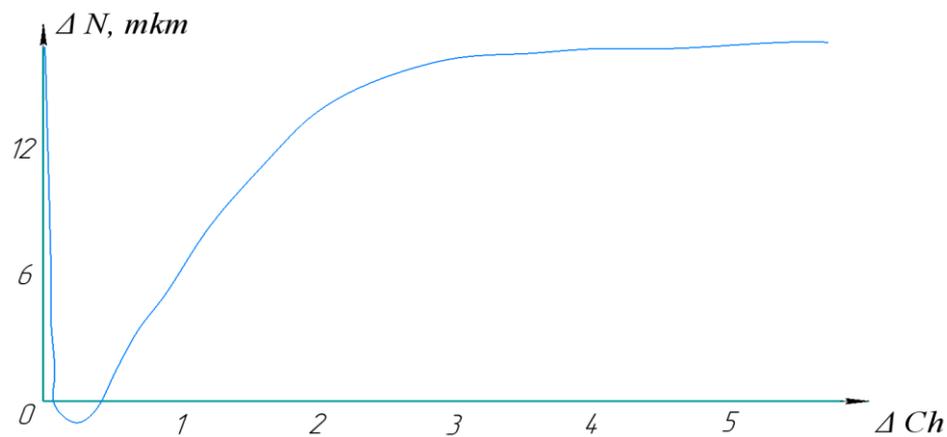
Для моделирования прямоугольного температурного импульса в среде, окружающей ИП, установленный на станке, была изготовлена специальная установка, представляющая теплоизолирующий колпак с вмонтированным в него тепловентилятором. После выдержки прибора под колпаком в течение времени, достаточного для того, чтобы прибор внутри принял необходимую температуру, тепловентилятор отключается и колпак удаляется. От момента перепада температуры и до того, как температура прибора вновь стабилизируется, снимают изменения показаний прибора во времени, т. е. его переходную функцию.

### Результаты и Обсуждения

Экспериментальная переходная функция (рис.1) аппроксимирована на ЭВМ выражением вида (2) и имеет следующий вид:

$$\Delta N(0_0, t) = 17,4 + 8,86e^{-0,11t} - 26,26e^{-0,0235t}, \quad 3)$$

Где  $\Delta N(0_0, t)$  - изменение показаний интерферометра, мкм.



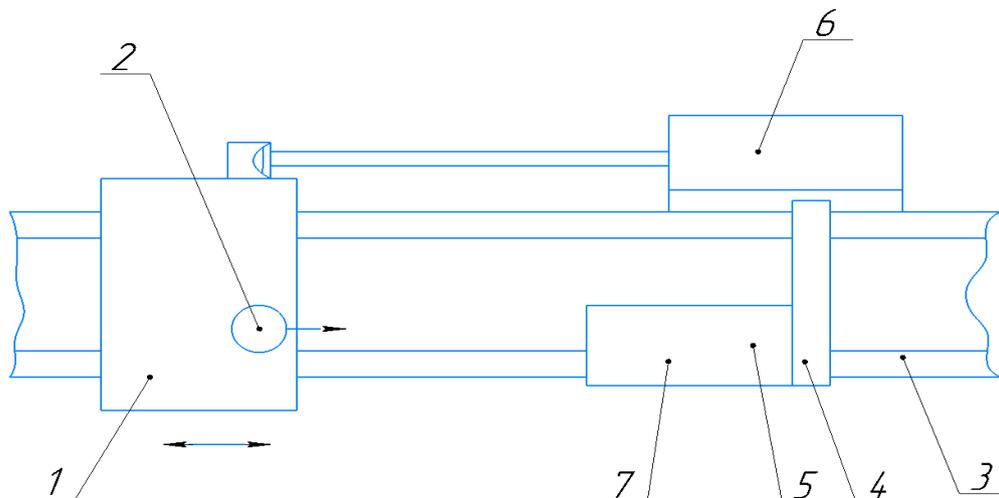
**Рис.1.** Экспериментальная переходная функция интерферометра от воздействия температурного импульса

Оценка максимальной температурной погрешности в соответствии с (2) дает  $\Delta l(0_0) = 1,7$  мкм/град. Необходимо отметить, что определенная экспериментально-аналитическим методом температурная погрешность совпадает по порядку величины с погрешностью, которая была рассчитана для ИП аналитически и составила 2,9 мкм/град.

При проведении исследований в производственных условиях на станке 1Е61МТ с программным управлением было установлено, что наименее подвержена влиянию температурных возмущений станина станка. Поскольку интерферометр установлен на станине, а лазер отделен от оптической части прибора теплоизолирующим экраном, температурная погрешность уменьшается, что позволяет обеспечить точность измерений в 1 мкм.

Исследование точностных характеристик ИП с минимизированной температурной погрешностью проводилось по концевым мерам 5 - го разряда на станке модели 16504П, оснащенный системой ЧПУ.

Условия проведения эксперимента: колебания температуры  $\pm 0,2^\circ \text{C}$ , давление и влажность - нормальные, внешние источники колебаний отсутствовали. Влияние колебаний суппорта станка (амплитуда порядка источника колебаний 0,5 мкм) при отсутствии резания минимизировалось усреднением результатов по времени в электронном блоке ЛИ.



**Рис.2.** Схема исследования точностных характеристик интерферометра по концевым мерам длины.

Измерение концевых мер длины осуществлялось следующим образом (рис. 2). На суппорте 1 закреплялся измеритель перемещений 2 (ИМП-2), а на направляющих 3- упор 4, осуществлялось базирование опорной концевой меры 5 по упору и направляющей станка и ее закрепление. Перемещением суппорта вправо до касания измерителем поверхности опорной концевой меры в нулевое положение устанавливался измеритель и счетчик интерферометра 6. После этого осуществлялся отвод суппорта влево и базирование измеряемой концевой меры 7 по опорной концевой мере и направляющей станка. Перемещением суппорта вправо до касания измерителем поверхности измеряемой концевой меры устанавливался в нуль измеритель и по счетчику интерферометра проводился отсчет величины перемещения, соответствующий длине измеряемой концевой меры. При этом наблюдалось отклонение среднего значения от номинальной длины измеряемой концевой меры на 3-4 мкм, т. е. погрешность была больше, чем действительная погрешность прибора. Однако, учитывая высокую воспроизводимость измерений, это можно объяснить непрямолинейностью направляющих и несоблюдением при измерениях на станке принципа Аббе.

### **Выводы**

При изменении температуры ИП на  $0,5^{\circ}\text{C}$  или если длительность процесса единичного измерения значительно меньше длительности тепловых переходных процессов в окружающей среде и самом станке, влиянием температурной погрешности можно пренебречь. Минимизация температурной погрешности и соблюдение принципа Аббе обеспечивает на длине 100 ММ точность измерения 1 мкм.

### **Литература**

1. Шарапов В.М. Полищук Е.С. Кошевой Н.Д. Ишанин Г.Г. Минаев И.Г. Совлуков А.С. Датчики. 59-130 стр. Москва. 2012
2. Нурмиев И.И., Сафин М.А., Применение и роль искусственного интеллекта в автоматизации технологических процессов, 270-280 ст Белгород, 2023
3. Куликова Н.А. Автоматизация и роботизация машиностроения: задачи подготовки специалистов. Проблемы современного образования, 2021 78-95
4. Нурмиев И.И., Сафин М.А., Применение и роль искусственного интеллекта в автоматизации технологических процессов, Белгород -2023 54-80ст
5. СТО 70238424.27.140.010-2010. Автоматизированные системы управления технологическими процессами ГЭС И ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования. – Введ. 2010-09-30. – М.: НП ИНВЭЛ, 2010. – 60 с.