

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**ISO/TR
16907**

Первое издание
2015-04-01

Станки. Коррекция геометрических погрешностей с помощью ЧПУ

Machine tools — Numerical compensation of geometric errors

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16907:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO/TR 16907:2015(R)

© ISO 2015

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16907:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2015

Воспроизводство терминов и определений, содержащихся в этом международном стандарте, разрешается в учебниках, инструкциях, технических изданиях и журналах исключительно в целях образования или реализации. Условиями такого воспроизведения предусматривается, что в термины и определения не вносятся никакие изменения. Такое воспроизведение не разрешается в словарях или подобных изданиях, предлагаемых для продажи. На данный международный стандарт следует ссылаться как на исходный документ.

С единственными исключениями, упомянутыми выше, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия офиса ISO по адресу, указанному ниже, или членов ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	v
Введение	vi
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	1
4 Возможные преимущества и ограничения коррекции с помощью ЧПУ	5
5 Кинематическое описание структуры станков	6
5.1 Компоновка и назначение станка	6
5.2 Кинематическая модель станка	7
6 Геометрические погрешности станка	7
6.1 Источники геометрических погрешностей	7
6.2 Геометрические погрешности линейных осей	8
6.3 Геометрические погрешности осей вращения	8
6.4 Погрешности положения и ориентации между координатами перемещения	9
6.5 Погрешности другого взаимного расположения оси и ее средней осевой линии	11
7 Определение геометрических погрешностей	11
7.1 Общие положения	11
7.2 Рекомендации по определению геометрических погрешностей	11
7.3 Выбор координатной системы станка	11
7.4 Перекрестный эффект отдельных погрешностей (суперпозиция)	11
7.4.1 Поведение жесткой системы	11
7.4.2 Поведение нежесткой системы	12
7.5 Непосредственное измерение геометрических погрешностей	14
7.6 Косвенное измерение геометрических погрешностей	15
8 Коррекция геометрических погрешностей	15
8.1 Общие положения	15
8.2 Виды геометрической коррекции	15
8.2.1 Общие положения	15
8.2.2 Коррекция погрешностей позиционирования линейных осей вдоль заданных траекторий, L-POS	16
8.2.3 Коррекция прямолинейности линейных осей вдоль заданных траекторий, L-STR	16
8.2.4 Коррекция отклонений от перпендикулярности между линейными осями по заданным траекториям, L-SQU	16
8.2.5 Коррекция погрешностей углового перемещения линейных осей в 3-D позиции функциональной точки в рабочем пространстве, L-ANG	16
8.2.6 Физическая коррекция погрешностей функциональной ориентации, FOR	17
8.2.7 Пространственная коррекция линейных осей, L-VOL	17
8.2.8 Пространственная коррекция линейных осей, включающая функциональную ориентацию, L-VOL+	17
8.2.9 Коррекция погрешностей позиционирования осей вращения, R-POS	17
8.2.10 Коррекция радиальных и осевых погрешностей осей вращения, R-RAX	18
8.2.11 Коррекция погрешностей положения и ориентации осей вращения, R-POR	18
8.2.12 Коррекция погрешностей наклона осей вращения в 3-D положении функциональной точки в рабочем пространстве, R-ANG	18
8.2.13 Пространственная коррекция погрешностей осей вращения, R-VOL	18
8.2.14 Пространственная коррекция погрешностей осей вращения, включающая функциональную ориентацию, R-VOL+	18
8.2.15 Коррекция линейных осей, учитывающая специфичную геометрию станка, L-SPEC	19
8.2.16 Коррекция осей вращения, учитывающая специфичную геометрию станка, R-SPEC	19

8.3	Роль температуры.....	19
8.4	Роль повторяемости.....	19
8.5	Роль наименьшего шага позиционирования станка.....	19
8.6	Роль массы обрабатываемой детали и инструмента.....	20
9	Представление данных о коррекции геометрических погрешностей.....	20
9.1	Общие положения.....	20
9.2	Представление отдельных погрешностей в справочных таблицах.....	21
9.2.1	Общие положения.....	21
9.2.2	Таблицы стандартных погрешностей или таблицы коррекции.....	21
9.2.3	Коррекция погрешности реверса.....	21
9.2.4	Обсуждения и предположения.....	22
9.3	Представление в виде сетки пространственных погрешностей.....	22
9.3.1	Общие положения.....	22
9.3.2	Таблицы стандартных сеток пространственных погрешностей и таблицы сеток пространственной коррекции.....	23
10	Применение коррекции геометрических погрешностей с помощью ЧПУ.....	25
10.1	Общие положения.....	25
10.2	Настройка скорректированного перемещения под структуру станка.....	26
10.3	Прямые измерения для формирования таблиц погрешностей или таблиц коррекций.....	26
10.4	Косвенные измерения для формирования таблиц погрешностей или сеток пространственных ошибок.....	27
10.5	Коррекция ранее скорректированных станков.....	27
11	Оценка коррекции геометрических погрешностей с помощью ЧПУ.....	27
11.1	Погрешность измерения и коррекция.....	27
11.2	Особенности работы скорректированных станков.....	28
11.3	Особенности испытания станков с учётом результатов корректировки погрешностей.....	28
11.4	Трассируемость коррекции.....	29
12	Документация по коррекции.....	29
Приложение А (информативное) Перечень сокращений, используемых для обозначения видов коррекции, в алфавитном порядке.....		30
Библиография.....		31

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Работа по подготовке международных стандартов обычно осуществляется через технические комитеты ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные государственные и негосударственные организации, взаимодействуя с ISO, также принимают участие в этой работе. ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Процедуры, применённые для разработки данного документа, а также процедуры, предназначенные для его последующего использования, описаны в Директивах ISO/IEC, Часть 1. В частности должны быть указаны другие критерии утверждения, необходимые для других типов документов ISO. Данный документ разработан в соответствии с правилами, приведенными в Директивах ISO/IEC, Часть 2 (см. www.iso.org/directives).

Следует обратить внимание на то, что некоторые элементы этого документа могут быть предметом патентных прав. ISO не должна нести ответственность за выявления каких-либо или всех таких патентных прав. Подробности любых патентных прав, выявленных в процессе разработки документа, будут представлены во Введении и/или в списке полученных ISO патентных деклараций (см. www.iso.org/patents).

Любое торговое наименование товара в данном документе является информацией, приведенной для удобства пользователей, и не является индоссаментом.

Для разъяснения специфических терминов и выражений ISO, относящихся к оценке соответствия, а также информации о соблюдении ISO правил ВТО в отношении Технических Барьеров в Торговле (ТБТ) см. следующую ссылку: Предисловие - Дополнительная информация.

Ответственным за данный документ техническим комитетом является ISO/TC 39, *Станки*, Подкомитет SC 2, *Условия испытаний металлорежущих станков*.

Введение

Настоящий технический отчет содержит информацию по коррекции геометрических погрешностей станков с помощью ЧПУ.

Коррекция геометрических погрешностей с помощью ЧПУ целесообразна для

- повышения точности деталей, обрабатываемых на станках;
- уменьшения стоимости производства станков и сборки и
- уменьшения стоимости технического обслуживания станка в течение его жизненного цикла путем добавления или замены механических (запасных) частей.

Информация, содержащаяся в настоящем техническом отчете, может быть полезной для производителей/поставщиков станков, пользователей, специалистов метрологической службы и производителей метрологических инструментов.

SCHWENKE и др. [12] содержит общую информацию о коррекции геометрических погрешностей с помощью ЧПУ.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16907:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015>

Станки. Коррекция геометрических погрешностей с помощью ЧПУ

1 Область применения

Настоящий технический отчет содержит информацию для понимания и применения коррекции геометрических погрешностей с помощью ЧПУ, включая:

- термины, связанные с коррекцией с помощью ЧПУ;
- представление выходных данных в виде функций погрешностей, возникающих при различных методах измерений;
- выявление и классификацию методов коррекции, применяемых в настоящее время различными системами ЧПУ;
- информацию для понимания и применения различных видов коррекции с помощью ЧПУ.

Настоящий технический отчет не содержит подробного описания методик измерения геометрических погрешностей, которые раскрываются в ISO 230 (все части) и стандартах оценки специфических характеристик станков, а также не предназначен для использования в качестве теоретического и практического руководства по существующим технологиям.

Центром внимания настоящего технического отчета являются геометрические погрешности станков, работающих в режиме холостого хода или квазистатическом режиме. Погрешности, возникающие в результате приложения динамических сил, наряду с другими ошибками, оказывающими влияние на качество готовой детали (напр., износ резца) не рассматриваются в данном техническом отчете.

Деформации вследствие изменения статической нагрузки путем перемещений по осям рассматриваются в 7.4.2.

2 Нормативные ссылки

Следующие документы, на которые полностью или частично приводятся ссылки в данном отчете, являются необходимым условием его применения. Для датированных ссылок применяется только датированное издание. Для плавающих ссылок применяется последнее издание ссылочного документа (включая любые поправки).

ISO 230-1: 2012 *Нормы и правила испытаний металлорежущих станков. Часть 1. Геометрическая точность станков, работающих на холостом ходу или при квазистационарных условиях нагружения*

ISO 841:2001 *Промышленные автоматизированные системы управления и интеграция. ЧПУ станков. Система координат и система обозначений перемещений*

3 Термины и определения

В настоящем документе применяются термины и определения, приведенные в стандартах ISO 841:2001, ISO 230-1:2012.

3.1

система координат станка

эталонная система координат станка

прямоугольная система координат с вращением по часовой стрелке, тремя основными координатными осями, обозначенными X, Y, Z и осями вращения вокруг каждой из этих координатных осей, обозначенными соответственно A, B и C

[ИСТОЧНИК: ISO 841:2001, 4.1, с изменениями]

Примечание 1 к статье: В Приложении А стандарта ISO 230-1:2012 содержится полезная информация о координатной системе станка, а также о погрешностях положения и ориентации.

3.2 функциональная точка
центральная точка режущего инструмента или точка, связанная с узлом станка, в которой режущий инструмент будет контактировать с обрабатываемой деталью с целью снятия материала

[ИСТОЧНИК: ISO 230-1:2012, 3.4.2]

3.3 функциональная ориентация
расположение компонента станка, несущего режущий инструмент, относительно компонента станка, несущего заготовку

3.4 перемещение без компенсации геометрических погрешностей
линейное или вращательное перемещение осей станка, вызванное запрограммированным перемещением и погрешностью перемещения вследствие несовершенств компонентов станка, погрешностями центрирования и/или погрешностями системы позиционирования

3.5 перемещение с компенсацией геометрических погрешностей
линейное перемещение или вращение осей станка, вызванное запрограммированным движением и применением (числовой) коррекции погрешностей перемещений

Примечание 1 к статье: Коррекция может применяться ко всем геометрическим погрешностям или только к некоторым. Рекомендуется указывать вид коррекции (см. 8.2).

Примечание 2 к статье: После коррекции геометрических погрешностей могут оставаться остаточные погрешности. См. 3.19.

3.6 структурный цикл
сборка компонентов, обеспечивающая относительное положение двух заданных объектов

[ИСТОЧНИК: ISO 230-7: —, 3.1.13]

Примечание 1 к статье: Типовой парой указанных объектов (для фрезерного станка) являются режущий инструмент и заготовка, в этом случае структурный цикл будет включать в себя вал, подшипники и корпус шпиндельной бабки, переднюю бабку станка, направляющие и станину станка, а также зажимные приспособления для инструмента и заготовки. Для больших станков частью структурного цикла может являться основание.

Примечание 2 к статье: При проведении измерений геометрических погрешностей структурный цикл также характерен компонентам измерительных инструментов, включая эталонные образцы (если таковые имеются).

3.7 объемная модель
геометрическая модель, описывающая погрешности функциональной точки и функциональной ориентации станка в рабочем объеме, вызванные отдельными перемещениями с отклонениями, а также погрешности по положению и ориентации осей станка, включая положения оси и другие переменные замкнутой структуры, такие как длина инструмента и коррекция на инструмент.

Примечание 1 к статье: Объемная модель может быть кинематической моделью или сеткой пространственных ошибок.

Примечание 2 к статье: Другие модели, описывающие погрешности вследствие термического воздействия на станок и погрешности вследствие ограниченной жесткости, а также динамические модели можно объединить с объемной моделью.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16907:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9c7c52e7-8e54-4337-bc64-5cf4509a41b8/iso-tr-16907-2015>

3.8
объемная коррекция только функциональной точки
коррекция с помощью ЧПУ положения функциональной точки в рабочей зоне станка на основе объемной модели без компенсации функциональной ориентации

Примечание 1 к статье: Погрешности вследствие некомпенсированной ориентации инструмента компенсируются в функциональной точке.

3.9
объемная коррекция функциональной точки и функциональной ориентации
коррекция с помощью ЧПУ положения функциональной точки и функциональной ориентации в рабочей зоне станка на основе объемной модели

3.10
кинематическая модель погрешностей
математическая модель, описывающая структурный цикл станка в виде кинематической цепи, а также содержащиеся/предполагаемые погрешности

Примечание 1 к статье: Сложность кинематической модели и количество параметров могут быть различными.

3.11
кинематическая модель погрешностей твердого тела
кинематическая модель, основанная на предположении, что погрешности одной оси, рассмотренные в конкретной функциональной точке, не зависят от положения других осей, а также на них не оказывает влияние такая механическая нагрузка, как масса инструмента и/или масса заготовки

Примечание 1 к статье: Модель твердого тела может включать в себя влияние погрешностей вследствие упругих деформаций элементов (поведение квази-твердого тела); см. пример в пункте 7.4.2.

3.12
кинематическая коррекция твердого тела
коррекция погрешностей, основанная на кинематической модели погрешностей твердого тела

Примечание 1 к статье: Рекомендуется указывать, какие погрешности включены в используемую кинематическую модель погрешностей твердого тела.

3.13
таблица погрешностей
дискретное численное представление параметров геометрических погрешностей каждой линейной оси или оси вращения, а также погрешностей положения и ориентации относительно базовой линии для заданного набора линейных или угловых управляемых положений каждой оси

Примечание 1 к статье: Для линейных осей таблицы погрешностей обычно содержат погрешности прямолинейного перемещения (напр., погрешности позиционирования и отклонения от прямолинейности), а также угловые отклонения (напр., вращение, наклон, поворот).

Примечание 2 к статье: Для осей вращения таблицы погрешностей могут включать в себя прямолинейное перемещение с отклонениями (перемещение с отклонениями в осевом и радиальном направлениях) и угловое движение с отклонениями (движение наклона и угловое позиционирование с отклонениями).

Примечание 3 к статье: Погрешности месторасположения и ориентации между базовыми линиями (напр., отклонение от исходного положения и отклонение от перпендикулярности) могут быть включены в таблицы погрешностей.

3.14
таблица коррекции
дискретное численное представление значений коррекции геометрических погрешностей каждой линейной оси или оси вращения, а также погрешностей положения и ориентации относительно базовой линии для заданного набора линейных или угловых управляемых положений каждой оси

Примечание 1 к статье: Таблицы коррекции – это таблицы, обратные таблицам погрешностей.

3.15

пространственная сетка погрешностей

многомерная справочная таблица, содержащая числовое представление погрешностей прямолинейного перемещения, и/или погрешностей ориентации инструмента при фиксированном наборе выборки положений соответствующих линейных осей и осей вращения

Примечание 1 к статье: В таблицах погрешностей представлены геометрические погрешности каждой оси, в то время как пространственная сетка погрешностей представляет собой наложение геометрических погрешностей различных осей друг на друга в каждой дискретной точке (сетки).

Примечание 2 к статье: В пункте 9.3 содержится информация о представлении погрешностей в пространственной сетке погрешностей и пространственной сетке коррекций.

3.16

пространственная сетка коррекций

многомерная справочная таблица, содержащая числовое представление значений коррекции для погрешностей прямолинейного перемещения, и/или значений коррекции для погрешностей ориентации инструмента при фиксированном наборе выборки положений соответствующих линейных осей и осей вращения

Примечание 1 к статье: Пространственная сетка коррекции – это сетка, обратная пространственной сетке погрешностей.

3.17

выборочная точка

<коррекция с помощью ЧПУ> дискретная точка, для которой числовое представление соответствующей геометрической погрешности(ей) содержится в таблице погрешностей, в таблице коррекции, в пространственной сетке погрешностей или в пространственной сетке коррекций

3.18

интерполированное значение погрешности

значение погрешности в точках, отличных от выборочных точек, возникающее в результате интерполяции числового представления погрешности(ей) в близлежащих пробных точках

3.19

остаточная величина геометрической погрешности станка

погрешность в положении функциональной точки и функциональной ориентации после применения коррекции геометрических погрешностей станка с помощью ЧПУ

Примечание 1 к статье: Остаточная величина геометрических погрешностей станка может быть определена для направлений X, Y, Z, а также ориентаций A, B, C.

3.20

наименьший шаг позиционирования

наименьшее перемещение, при котором позиционирование по оси станка может производиться через заданный интервал времени

Примечание 1 к статье: См. 8.5.

4 Возможные преимущества и ограничения коррекции с помощью ЧПУ

Возможные преимущества применения коррекции:

- a) С помощью коррекции сокращается влияние геометрических погрешностей станка на обработанную деталь, что приводит к улучшению качества деталей;

- b) С помощью перепроверки и последующей поднастройки - коррекции точность станка поддерживается на протяжении всего периода эксплуатации. Геометрические погрешности вследствие старения, износа, соударений подвижных узлов станка, перепозиционирования станка, температурных изменений окружающей среды или стабилизации основания компенсируются частично или полностью;
- c) При проведении измерений детали на станке можно сократить погрешность измерения с помощью коррекции. Однако должно быть обеспечено единство метрологических измерений (см. серию ISO 10360);
- d) Благодаря ослаблению требований геометрической точности, предъявляемых к направляющим, системам позиционирования и соосности элементов станка можно сократить общую стоимость его производства;

С другой стороны, существуют и ограничения применения коррекции с помощью ЧПУ:

- a) Долговременная стабильность станка не улучшается;
- b) Термоупругие деформации могут оставаться существенным источником изменений в геометрии;
- c) Повторяемость позиционирования при перемещении рабочего органа остается пределом достижимой точности;
- d) Если применяется коррекция на основе модели, то необходима гарантия того, что применяемая модель станка достаточно приближена к характеристикам настоящего станка;
- e) Действующая коррекция может влиять на положение вспомогательных осей в процессе резания, в то время как в станках без коррекции их положение было бы неизменным. Это может вызвать дополнительные погрешности, особенно если оси имеют значительный зазор, ограниченный минимальный шаг перемещения или характеристики точности позиционирования, которые изменяются в зависимости от направления движения;
- f) В идеале для коррекции ориентации инструмента (TOR, L-VOL+, R-VOL+) требуются три взаимно перпендикулярные оси вращения, которые имеются лишь у немногих станков. На типовом пяти координатном станке находятся дискретные кинематические полюса в любом месте, где одна ось вращения расположена соосно с одной из осей инструмента. Работа станка вблизи этих полюсов при действующей коррекции ориентации инструмента может привести к ускоренному перемещению, которое предъявляет особые требования к динамической жесткости и управлению станком, а также может привести, например, к низкому качеству поверхности детали. А также эти перемещения могут увеличивать потребление энергии приводами и термоупругие деформации элементов конструкции станка. Поэтому коррекция ориентации инструмента должна проводиться с особой осторожностью и применяться только в тех случаях, когда близости этих кинематических полюсов можно избежать с помощью выбора процесса обработки или другими средствами.
- g) Требования геометрической точности к элементам станка и сборке также могут влиять на жесткость и долговечность станка. Например, увеличенные допуски на направляющие могут снизить жесткость или отклонение шпинделя от заданного положения может увеличить износ режущего инструмента.

Понимание преимуществ и ограничений коррекции с помощью ЧПУ поможет производителям и пользователям применять коррекцию с наибольшей эффективностью.

5 Кинематическое описание структуры станков

5.1 Компоновка и назначение станка

Геометрическое представление станка дает общее представление о структуре станка и обозначении его координат перемещения (см. Рисунок 1).