

Министерство образования и науки Российской Федерации

Московский Государственный Технический Университет
имени Н.Э.Баумана

Кафедра Технологии обработки материалов

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА
ПО ПАРАМЕТРАМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
ТОЧНОСТИ

(на примере токарного станка)

Методические указания
к лабораторной работе по курсу
«Оценка остаточного ресурса»

Составил доцент, к.т.н. Самойлов В.Б.

Москва

2019

1. Краткие теоретические сведения

Каждый новый металлорежущий станок после его изготовления, а также уже действующее на предприятии оборудование, но после среднего или капитального ремонта перед началом процесса эксплуатации в обязательном порядке подвергаются так называемым приемочным испытаниям. Согласно общим техническим условиям этот комплекс работ должен включать:

- а) испытание станка на холостом ходу, проверку работы его механизмов и соответствия паспортным данным;
- б) испытание станка в работе под нагрузкой, а специальных станков и на производительность;
- в) проверку станка на геометрическую точность, шероховатость поверхности и точность обрабатываемой детали;
- г) исследование станка на жесткость;
- д) испытание на виброустойчивость при резании.

В целом испытания станка должны проводиться строго в указанной последовательности. Однако проверку станка на точность изделия и шероховатость обрабатываемой поверхности детали допускается производить до проверки геометрической точности.

В настоящей лабораторной работе осуществляется испытание станка только на геометрическую точность.

Точность станков регламентируется государственными стандартами. Для каждого типа металлообрабатывающего оборудования предусмотрена определенная совокупность проверок, которые отражают влияние его точности на точность обработки изделий.

Общие условия испытаний станков на точность, методы и средства ее измерения, а также классификацию станков по этому параметру устанавливает ГОСТ 8-82. Причем данный стандарт является составной частью каждого стандарта на нормы точности отдельных типов металлорежущих станков. Так, например, требования к точности токарных и токарно-винторезных станков общего назначения нормального – Н, повышенного – П и высокого – В классов точности на настоящий момент регламентирует ГОСТ 18097-93.

Под геометрической точностью любого станка, характеризующей качество его изготовления и сборки, в общем случае понимается:

а) соответствие реальных перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент, расчетным перемещениям (заложенным на стадии проектирования оборудования) по форме, траектории и пути;

б) степень приближения реальных поверхностей, базирующих заготовку и инструмент, к геометрически правильным (идеальным) поверхностям;

в) точность взаимного расположения базовых поверхностей станка друг относительно друга, а также направлений основных перемещений узлов, обуславливающих формообразование поверхностей деталей.

Как известно, если абстрагироваться от существования процесса резания, теоретически реальные поверхности обрабатываемых на станках деталей можно рассматривать как непрерывное множество последовательных геометрических положений движущейся производящей линии, называемой образующей, по другой производящей линии, называемой направляющей. Большинство разнообразных поверхностей деталей машин (плоскости, цилиндры, конусы и т.п.) может быть образовано при использовании в качестве производящих линий прямой, окружности, винтовой и ряда других линий. Эти линии воспроизводятся на станках комбинацией согласованных между собой вращательных и прямолинейных относительных перемещений инструмента и заготовки. Например, на универсальных токарно-винторезных станках можно обрабатывать наружные и внутренние, торцевые и винтовые поверхности деталей формы тел вращения. При этом образующая линия преимущественно в виде окружности воспроизводится вращением шпинделя с заготовкой, а направляющая прямая линия (как след вершины резца, сверла и т.д.) воспроизводится продольным или поперечным перемещением суппорта, выдвижением пиноли, перемещением задней бабки.

В общем случае детали ограничиваются несколькими поверхностями, которые должны иметь вполне конкретные форму и размеры, а

также занимать вполне определенные относительные взаимные положения.

Однако реальные траектории движения исполнительных органов станков вследствие погрешностей изготовления их элементов отличаются от геометрически правильных, что на практике приводит к возникновению погрешностей размеров, отклонений формы и расположения поверхностей изготовленных на этом оборудовании деталей.

Геометрические погрешности станков полностью или частично переносятся на обрабатываемые детали в виде систематических погрешностей последних.

Рассмотрим наиболее типовые примеры для обработки цилиндрических поверхностей.

Очевидно, что *отклонение от прямолинейности направляющих* вызывает нарушение траектории перемещения исполнительного органа станка. Непрямолинейность напрямую копируется на обрабатываемой поверхности деталей, что может привести в принципе к формированию любого фасонного профиля в продольном сечении. У токарных станков чаще всего наблюдается бочкообразность или корсетность (рис. 1).

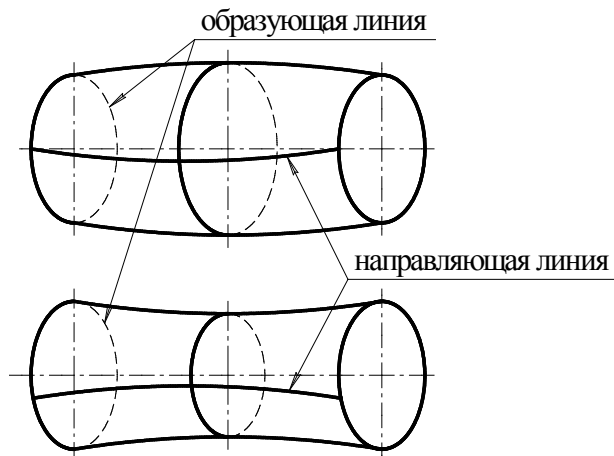


Рис. 1

Геометрическая точность направляющих прямолинейного движения оценивается разными приемами. Большая группа способов основана на измерении отклонения профиля направляющих от эталонной линии, которая задается лучом лазера, натянутой тонкой струной и т.п. При небольшой длине направляющих в качестве эталона прямой можно использовать цилиндрическую шлифованную оправку. Погрешность профиля можно также определить с помощью уровня и специального мостика. Фиксируя уклоны отдельных участков направляющих, строят их продольный профиль и находят величину отклонения от прямолинейности.

Измерения отклонений профиля всеми перечисленными способами выполняют дискретно с шагом, предельные значения которого стандартизованы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Длина измеряемого участка L , мм	Допуск на плоскостность поверхности, мкм		
	До 20	20...50	50...100
	Наибольшая длина шага измерений t_{\max} , мм		
До 100 включительно	$L/4$	$L/2$	$L/2$
100...250	$L/6$	$L/4$	$L/2$
250...630	$L/8$	$L/6$	$L/4$
630...1000	$L/10$	$L/8$	$L/6$

В целях наглядности обычно профиль направляющих изображают в виде графической зависимости (рис. 2). При этом в соответствии с ГОСТ 22267-76 отклонения от прямолинейности Y_i' в любом положении исполнительного органа и погрешность формы направляющих Δ вычисляют по формулам вида

$$Y_i' = Y_i - \frac{Y_L - Y_0}{L} x_i - Y_0;$$

$$\Delta = \left| Y_{i\max}' \right| + \left| Y_{i\min}' \right|,$$

где Y_i – показания измерительного прибора в i -й точке с текущей координатой x_i , мкм; Y_0 и Y_L – показания прибора соответственно в начале и в конце перемещения, мкм; L – общая длина перемещения, мм.

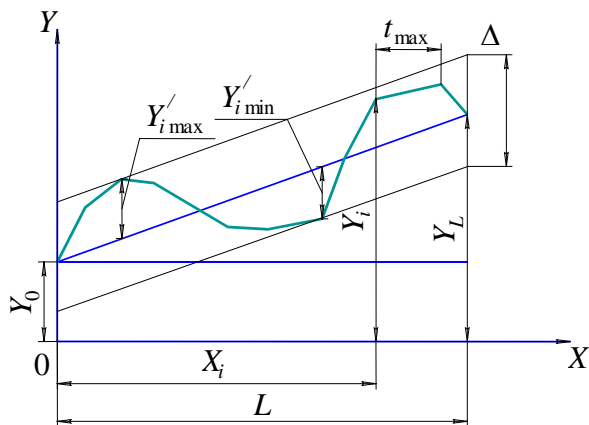


Рис. 2

Переменность положения оси вращения шпинделя в пространстве (биение), обусловленная погрешностью формы беговых дорожек шарикоподшипников и опорных шеек шпинделя, приводит к искажению траектории исполнительного движения. В станках токарной группы это вызывает погрешность формы обрабатываемых деталей в поперечном сечении: появление овальности и других видов огранки (рис. 3).

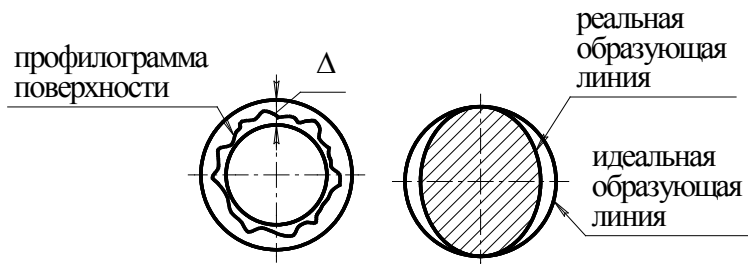


Рис. 3

Биение оси центрирующих шеек шпинделя при стабильном положении оси его вращения сопровождается радиальным смещением базовых и обработанных поверхностей деталей при сохранении цилиндричности формы (рис. 4). В этом случае при обработке заготовок за одну установку получаются годные детали. Если же процесс осуществляется с переустановками, то возможно появление брака.

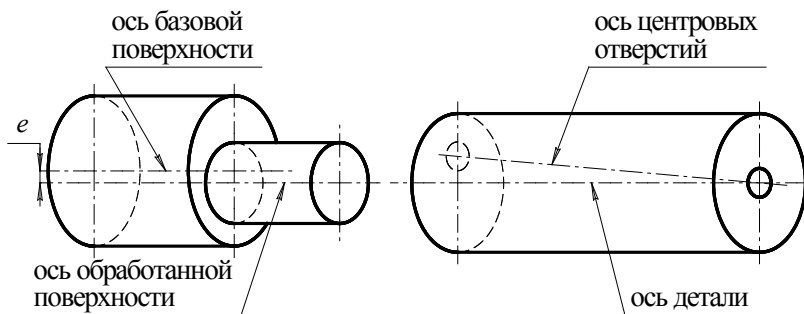


Рис. 4

Указанные погрешности станка выявляют при контроле радиального биения непосредственно центрирующих поверхностей шпинделя или устанавливаемых на них эталонных оправок. Эта проверка выполняется при помощи измерителя линейных перемещений с вращением шпинделя. Зафиксированные колебания можно разложить на гармоники, каждая из которых будет соответствовать вполне конкретному виду погрешностей станка. Так, например, наличие первой гармоники свидетельствует о биении центрирующих шеек шпинделя, вторая же гармоника является следствием овальности его опорных шеек и т.д. Однако на практике, как правило, ограничиваются определением максимальной величины биения и сравнением ее с допустимым значением.

Последняя группа геометрических погрешностей связана с **искажением относительного положения траекторий исполнительных движений станка в пространстве**. В частности, непараллельность направляющих продольного суппорта и оси шпинделя токарных станков в горизонтальной плоскости приводит к образованию на об-

работанной поверхности конусности, а в вертикальной плоскости – гиперboloида вращения (рис. 5).

Контроль данного вида погрешностей станка можно осуществить двумя способами. Во-первых, измерением относительного положения исполнительных узлов при их совместном согласованном перемещении. Подобным образом оценивается, например, параллельность направляющих суппорта и задней бабки токарных станков. Во-вторых, измерением положения перемещаемого исполнительного узла относительно контрольной оправки, при помощи которой находят положение оси вращения исполнительного органа другого узла. Обычно так выявляют, например, параллельность направляющих суппорта и оси шпинделя.

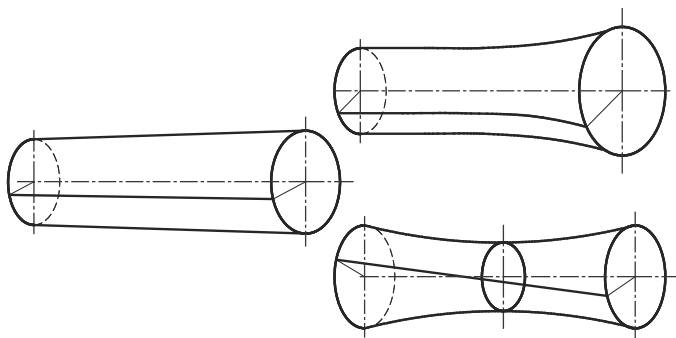


Рис. 5

Следует отметить, что в рассмотренных выше примерах показано влияние на точность обработки только отдельных геометрических погрешностей. На практике все перечисленные факторы действуют одновременно (комплексно). Поэтому реальные поверхности даже без учета погрешностей, обусловленных процессом резания, будут всегда существенно отличаться от идеальных.

2. Цель работы

Ознакомиться с существующими нормами точности металлообрабатывающего оборудования по ГОСТ 18097-93, методами выполнения проверок, наиболее распространенными контрольно-измерительными устройствами и установить остаточный ресурс по точности путем сравнения фактических замеров с заданными в НТД.

3. Оборудование и оснастка

За объект для экспериментальных исследований в лабораторной работе принят токарно-винторезный станок модели 16К20 нормального класса точности с основным размерным параметром 400 мм и наибольшей длиной обрабатываемого изделия 1000 мм.

В качестве контрольно-измерительной оснастки используются магнитные стойки с индикаторами часового типа ценой деления 0,001 мм, жесткие центра с конусом Морзе № 5 и 6 для передней и задней бабок соответственно, а также цилиндрические оправки: для установки в центрах ($L = 660$ мм) и с коническим хвостовиком для установки в шпинделе ($L = 300$ мм) показанные на рис.А.

Для автоматизации измерений и обработки данных может быть использована диагностическая измерительная система (ДИС) на платформе CompactDAQ/myDAQ/LabVIEW компании NI. В этом случае удобно применить системы типа 212 завода Калибр с индуктивными преобразователями перемещений, что позволит повысить точность измерений, ускорит вывод протоколов измерений и позволит избежать ошибок, связанные с человеческим фактором:



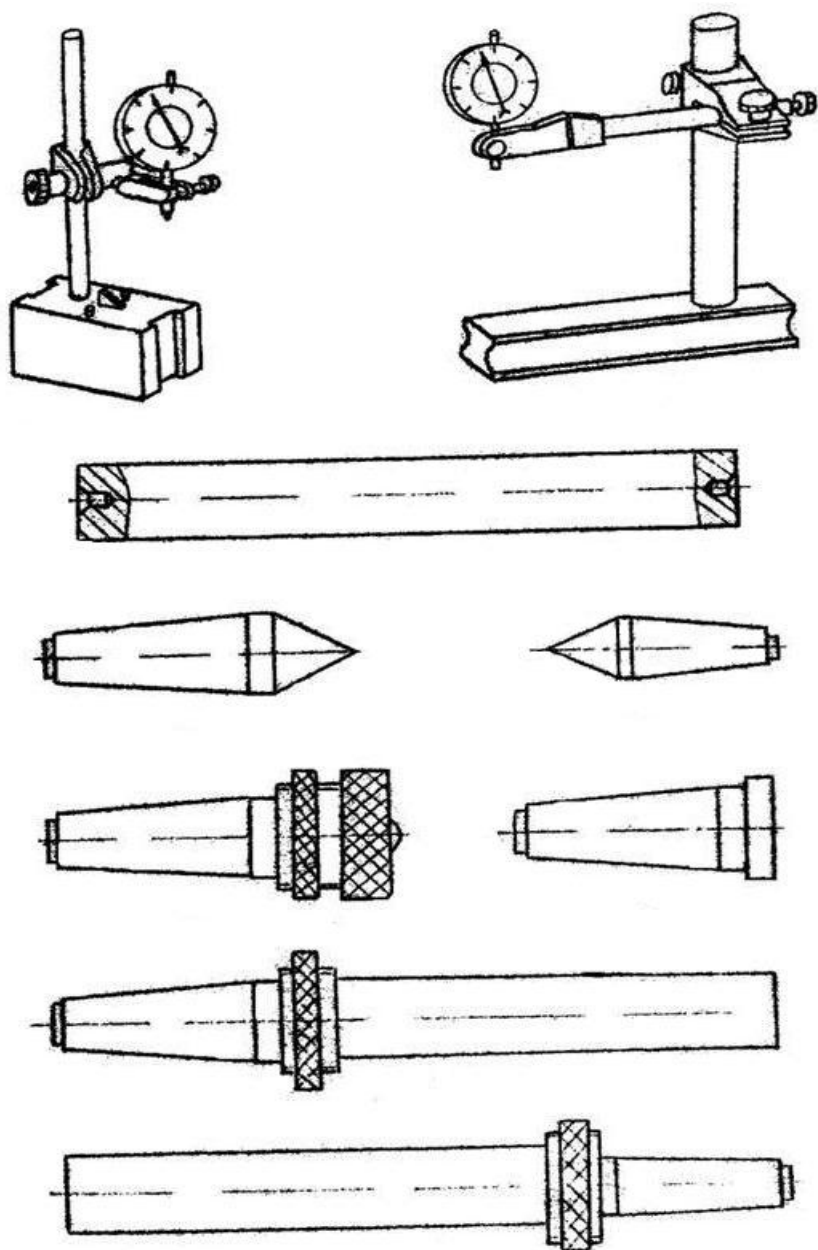


Рис.А

4. Порядок выполнения измерений

4.1. ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУППОРТА В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Общая схема измерений этого параметра в двух взаимно перпендикулярных плоскостях приведена на рис. 6. Методики снятия экспериментальных данных и определения отклонений от прямолинейности также идентичны.

Цилиндрическую оправку устанавливают в центрах передней и задней бабок. В резцедержателе суппорта укрепляют стойку с индикатором так, чтобы его измерительный наконечник касался с небольшим натягом боковой поверхности оправки и был направлен к её оси перпендикулярно образующей. Суппорт смещают к передней бабке в исходное положение *A*, лимб его продольного перемещения и индикатор выставляют на нулевые отметки. Затем суппорт перемещают дискретно на всю длину *L* контрольной оправки с некоторым шагом, снимая при этом показания индикатора. Для упрощения процесса вычислений количество интервалов измерений рекомендуется принимать равным 10. Результаты эксперимента заносят в бланк отчёта.

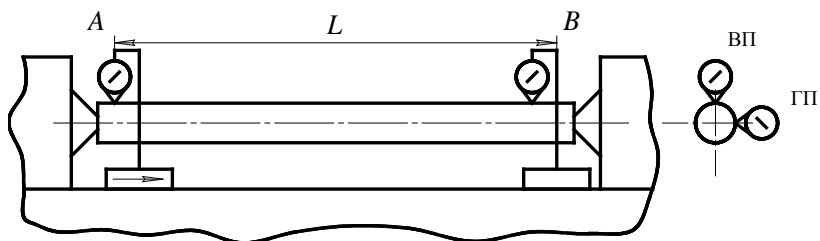


Рис. 6

По результатам проверки строят график формы направляющих (см. рис. 2), по приведенным выше формулам рассчитывают значения

Y_i^f для каждой точки контроля (учитывая, что в нашем случае $Y_0=0$) и Δ . Затем эту фактическую погрешность сравнивают с допустимой, величину которой находят по табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наибольшая длина перемещений, мм	Допуск на прямолинейность для станков класса точности, мкм		
	Н	П	В
До 160 включительно	6	4	3
160...250	8	5	4
250...400	10	6	5
400...630	12	8	6
630...1000	16	10	8

4.2. ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУППОРТА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

В отличие от предыдущего эксперимента наконечник индикатора устанавливают на верхнюю образующую оправки. Её находят по максимальному отклонению стрелки индикатора при поперечном перемещении салазок суппорта. Допустимые значения на прямолинейность перемещения суппорта в вертикальной плоскости даны в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Наибольшая длина перемещений, мм	Допуск на прямолинейность для станков класса точности, мкм		
	Н	П	В
До 160 включительно	10	6	4
160...250	12	8	5
250...400	16	10	6
400...630	20	12	8
630...1000	25	16	10

4.3. ОДНОВЫСОТНОСТЬ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ПЕРЕДНЕЙ БАБКИ И ОСИ ПИНОЛИ ЗАДНЕЙ БАБКИ ОТНОСИТЕЛЬНО НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНИНЫ

Контрольную оправку и стойку с измерительным прибором (рис. 7) устанавливают, как и в предыдущей проверке. Измерения производят у передней и задней бабок приблизительно на одинаковом удалении от центров в сечениях *A* и *B* продольным перемещением суппорта. Расстояние между точками контроля должно быть равно основному параметру станка. Для снижения влияния неточности изготовления оправки после первого опыта шпиндель поворачивают на 180° и повторяют измерения. Отклонения определяют как среднее арифметическое результатов двух опытов, каждый из которых получают алгебраическими вычитаниями показаний индикатора в его крайних положениях. Допуск на одновысотность указан в табл. 4.

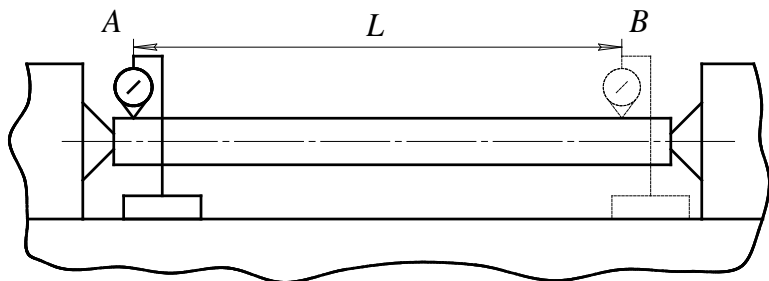


Рис. 7

Т а б л и ц а 4

Основной параметр станка, мм	Допуск на одновысотность для станков класса точности, мкм		
	Н	П	В
До 500 включительно	30	20	12

4.4. ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ И КАРЕТКИ СУППОРТА

Данный параметр также контролируют в двух плоскостях: в вертикальной и горизонтальной (рис. 8).

Суппорт и заднюю бабку устанавливают в крайнее правое положение на направляющих станины. Пиноль задвигают в бабку на 0,8 хода и зажимают. Индикатор устанавливают на суппорте так, чтобы его измерительный наконечник касался поверхности пиноли и был направлен к её оси перпендикулярно вертикальной (или горизонтальной) образующей. Затем каретку суппорта и заднюю бабку перемещают одновременно (при неизменном расстоянии между ними) на всю длину хода бабки с остановками для снятия замеров не более чем через 0,3 общей длины хода. Заднюю бабку при каждой остановке жестко закрепляют.

Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в исходном и последующих положениях бабки. Допустимые отклонения на параллельность перемещения приведены в табл. 5.

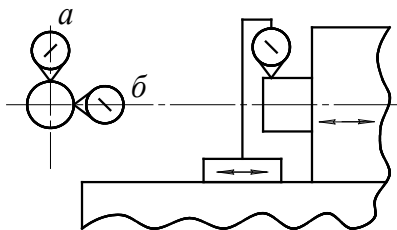


Рис. 8

Т а б л и ц а 5

Длина хода, мм	Допуск для станков класса точности, мкм	
	Н	П
	основной параметр станка ≤ 800 мм	
До 1500	30	20

4.5. РАДИАЛЬНОЕ БИЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЦЕНТРИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ШПИНДЕЛЯ ПЕРЕДНЕЙ БАБКИ

В отверстие шпинделя вставляют контрольную оправку с коническим хвостовиком (рис. 9). Измерительный наконечник неподвижно закрепленного на суппорте индикатора должен касаться поверхности оправки в направлении к её оси перпендикулярно образующей.

Биение определяют у торца шпинделя и на некотором расстоянии L . При осуществлении проверки шпиндель медленно вращают вручную в рабочем направлении. Для каждого измерения необходимо выполнить не менее двух оборотов.

Отклонение рассчитывают как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждом положении. Рекомендуемое расстояние между сечениями контроля и допуск на биение указаны в табл. 6.

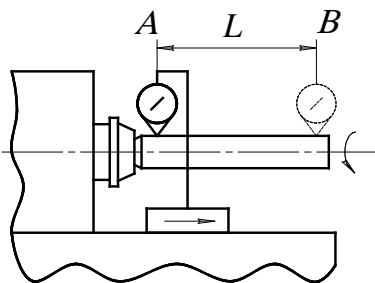


Рис. 9

Т а б л и ц а 6

Основной параметр станка, мм	L , мм	Сечение	Допуск для станков класса точности, мкм		
			Н	П	В
До 400 включительно	–	A	8	5	5
	200	B	16	10	8

4.6. ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ ТРАЕКТОРИИ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУППОРТА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ ШПИНДЕЛЯ ПЕРЕДНЕЙ БАБКИ

Этот параметр определяют в двух плоскостях: в вертикальной и горизонтальной (рис. 10). В каждой из плоскостей проверку производят в двух сечениях, отстоящих друг от друга на расстоянии L . Результат измерений определяют как алгебраическую разность показаний индикатора в этих сечениях. Затем опыт повторяют с поворотом шпинделя на 180° . Отклонение от параллельности в каждой плоскости вычисляют как среднее арифметическое результатов двух опытов. Рекомендуемое расстояние между сечениями контроля и допуск на параллельность траектории приведены в табл. 7.

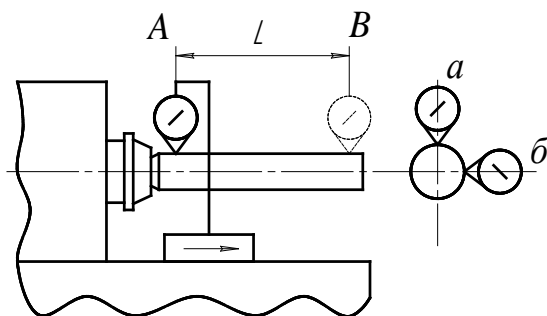


Рис. 10

Т а б л и ц а 7

Основной параметр станка, мм	L , мм	Сечение	Допуск для станков класса точности, мкм		
			Н	П	В
До 250 включительно	150	A	12	10	8
		B	6	5	3
250...400	200	A	16	10	8
		B	8	5	4

4.7. ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕРХНИХ САЛАЗОК СУППОРТА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ ШПИНДЕЛЯ ПЕРЕДНЕЙ БАБКИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Проверку выполняют также при помощи оправки с коническим хвостовиком, базирующейся в отверстии шпинделя. Индикатор закрепляют (рис. 11) на верхних салазках суппорта. Измерения выполняют в двух сечениях, для чего салазки смещают вдоль оправки из начального положения на полную величину хода, но не более чем на 150 мм.

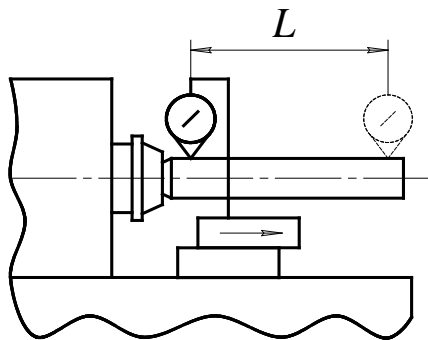


Рис. 11

Результатом эксперимента является наибольшая алгебраическая разность показаний индикатора в указанных сечениях. Затем опыт повторяют с поворотом шпинделя на 180° . Отклонение от параллельности вычисляют как среднее арифметическое результатов двух опытов.

Допуск на параллельность траектории выбирают по табл. 8.

Т а б л и ц а 8

Длина перемещений, мм	Допуск для станков класса точности, мкм		
	Н	П	В
До 100 включительно	20	12	10
100...160	25	16	12

4.8. ЭКВИДИСТАНТНОСТЬ ТРАЕКТОРИЙ ПИНОЛИ ЗАДНЕЙ БАБКИ И СУППОРТА

Данный параметр контролируют в двух плоскостях: в вертикальной и горизонтальной. Заднюю бабку с полностью вдвинутой и зажатой пинолью устанавливают на таком удалении от передней бабки, при котором расстояние от торца шпинделя до торца пиноли будет превышать основной параметр станка, и жестко закрепляют на станине (рис. 12). Индикатор устанавливают на суппорте так, чтобы его измерительный наконечник касался поверхности пиноли и был направлен к её оси перпендикулярно вертикальной (горизонтальной) образующей. После снятия показаний пиноль освобождают, выдвигают на длину L и вновь фиксируют. Суппорт смещают в продольном направлении в сторону передней бабки до тех пор, пока измерительный наконечник индикатора не займёт своё исходное положение на образующей пиноли. Отклонение в каждой из плоскостей определяют как наибольшую величину алгебраической разности показаний индикатора в двух указанных положениях пиноли и суппорта.

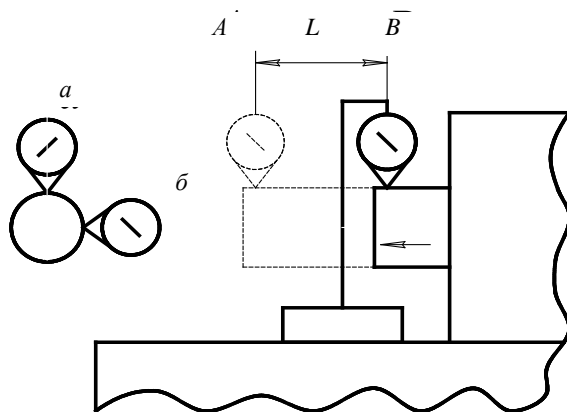


Рис. 12

Ход пиноли и допуск на эквидистантность траекторий даны в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Основной параметр станка, мм	L , мм	Сечение	Допуск для станков класса точности, мкм		
			Н	П	В
До 250 включительно	30	<i>A</i>	6	6	6
		<i>B</i>	5	4	3
250...400	50	<i>A</i>	10	10	10
		<i>B</i>	8	5	4

5. Порядок выполнения и оформления работ

1. Ознакомиться с теоретической частью работы, станком и контрольно-измерительными устройствами. Изучить методы и порядок выполнения проверок.

2. Провести испытание станка на точность по требуемой совокупности параметров, результаты измерений занести в бланк отчета.

3. Сравнить полученные отклонения с допустимыми значениями по ГОСТ 18097-93 и проанализировать результаты испытаний.

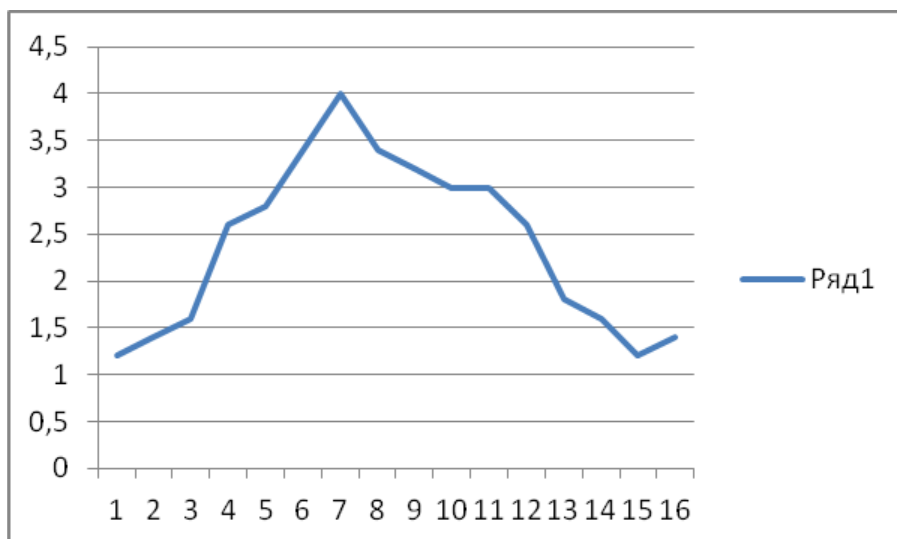
4. Сделать заключение о техническом состоянии станка и остаточном ресурсе путем сравнения норм для нового станка и данного.

5. Предложить практические рекомендации по повышению ресурса станка по параметру геометрической точности путем его модернизации или реновации.

6. Пример оформления работ

Протокол измерений					
Дата:					
Оборудование:					

Номер проверки:						
Отсчеты, мкм	Проход 1	Проход 2	Проход 3	Проход 4	Проход 5	Среднее
0	0	1	2	1	2	1,2
1	1	1	2	1	2	1,4
2	1	2	2	1	2	1,6
3	2	3	3	2	3	2,6
4	3	3	3	2	3	2,8
5	4	3	4	3	3	3,4
6	4	4	5	3	4	4
7	3	4	3	3	4	3,4
8	3	5	2	2	4	3,2
9	3	4	3	2	3	3
10	2	4	4	2	3	3
11	2	3	3	2	3	2,6
12	2	2	2	1	2	1,8
13	1	2	2	1	2	1,6
14	1	1	1	1	2	1,2
15	1	2	2	1	1	1,4



7. Контрольные вопросы

1. Дать определение геометрической и кинематической точности станков.
2. Какая погрешность возникает при обточке валика в центрах, если оси передней и задней бабок не совпадают в горизонтальной или в вертикальной плоскости? В каком случае, при прочих одинаковых условиях, эта погрешность будет больше? (пояснить эскизом).
3. Какой формы получится торцовая поверхность, если поперечный суппорт перемещается не перпендикулярно оси шпинделя?
4. При каких отклонениях геометрической точности станка на валике, обрабатываемом в центрах, образуется бочкообразность и седлообразность (вогнутость)?
5. Опишите физические процессы, приводящие к износу направляющих.

8. Литература.

1. ГОСТ 8-82Е Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность.
2. ГОСТ 22267-76 Станки металлорежущие. Схемы и способы измерения геометрических параметров.
3. ИСО 1708-79 Условия испытания токарных станков общего назначения. Проверка точности.
4. ГОСТ 8.051-81 ГСИ Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.
5. ГОСТ 12.4.113-82 ССБТ Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности.
6. ГОСТ 18097 – 93. Станки токарные и токарно-винторезные (нормы точности и жесткости)
7. РД 50-98-86 Методические указания Выбор универсальных средств измерения линейных размеров до 500 мм (По применению ГОСТ 8.051-81)
8. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров
9. Ренишоу Системы для проверки точности и калибровки станков и координатно-измерительных машин

9. Приложения

Приложение 1.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ИЗМЕРЕНИЯ

Погрешность средств измерения, включающая погрешность показывающего измерительного прибора и отклонение формы и относительного положения рабочих поверхностей, применяемых при измерении поверочных линеек и угольников, контрольных оправок, шаров и т.п., должна соответствовать пределам допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051-81 и погрешности метода измерения.

Допускается с целью исключения результатов измерения отклонения форм и относительного положения рабочих поверхностей, применяемых при измерении поверочных линеек и угольников, контрольных оправок и т.п., производить их переустановку с поворотом на 180° . Поверочные линейки поворачивают вокруг оси, параллельно их рабочим поверхностям. При этом определение значений отклонений производят следующим образом.

В случае использования поверочной линейки применяют формулу (1)

$$\delta = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \quad (1)$$

где δ - отклонение от заданной формы;

Δ_1 – показания показывающего измерительного прибора;

Δ_2 – показания показывающего измерительного прибора после поворота линейки на 180° по той же рабочей поверхности.

Правило знаков. Увеличения расстояния между проверяемой поверхностью и рабочей поверхностью (+); уменьшение – (-).

В случае использования поверочного угольника применяют формулу (2).

$$\delta = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2} \quad (2)$$

где δ - отклонение от заданной формы или положения;

Δ_1 – показания показывающего измерительного прибора;

Δ_2 – показания показывающего измерительного прибора после поворота угольника на 180° .

Правило знаков. Перемещение измерительного наконечника показывающего измерительного прибора:

«из тела» поверочного угольника (+);

«в тело» поверочного угольника (-).

В случае использования контрольной оправки применяют формулу (3)

$$\delta = \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \quad (3)$$

где δ - отклонение;

Δ_1 – показания показывающего измерительного прибора;

Δ_2 – показания показывающего измерительного прибора после поворота оправки на 180° .

Погрешность измерения измерительными средствами не должна превышать 20% от допуска измеряемой величины при испытании станков классов Н и П, 25% - для станков классов В и А и 30% - для станков класса С.

Контрольные оправки должны иметь твёрдость поверхностей более HRC 52 при шероховатости контрольной части не более Ra 0,32. Контрольные линейки устанавливаются в горизонтальной плоскости на две плоскопараллельные концевые меры длины одинаковой высоты. При длине контрольной линейки более 500мм опоры располагаются на расстоянии 2/9 её длины от концов.

Приложение 2.

Технические характеристики индикаторов часового типа с ценой деления
0,01 мм.
(по ГОСТ 577-68)

Основные показатели	Диапазон измерения, мм.					
	0-2		0-5		0-10	
	Классы точности					
	0	1	0	1	0	1
Пределы допускаемой погрешности в мкм в диапазоне: 0,1 мм на любом участке шкалы	4	6	4	6	4	6
1 мм на любом участке шкалы	8	10	8	10	8	10
всего интервала измерения	10	12	12	16	15	20
Погрешность обратного хода, в мкм	2	3	2	3	2	3
Вариации показаний, в мкм	3	3	3	3	3	3
Наибольшее измерительное усилие, сН	150					
Колебание измерительного усилия при прямом или обратном ходе, сН	40		60		60	
Колебания измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня, сН	50					

Примечания:

1. Индикаторы выпускаются следующих типов: ИЧ – с перемещением измерительного стержня параллельно шкале с диапазоном измерения 0 – 2, 0 – 5, 0 – 10; ИТ – с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале с диапазоном измерения 0 – 2 мм.

2. К индикаторам выпускаются принадлежности: прямой и угловой рычаги, струбины и державки для закрепления на оправках или рабочих органах станка.

Основные ГОСТы по точности металлорежущих станков.

<u>ГОСТ 11576-83</u>	Станки отделочно-расточные горизонтальные с подвижным столом. Нормы точности
<u>ГОСТ 11654-90</u>	Станки круглошлифовальные. Основные параметры и размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 13086-77</u>	Станки зубошлифовальные с червячным кругом для цилиндрических колес. Нормы точности
<u>ГОСТ 13133-77</u>	Станки зубошлифовальные с профильным кругом для цилиндрических колес. Нормы точности
<u>ГОСТ 13135-90</u>	Станки плоскошлифовальные с прямоугольным столом. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 13142-90</u>	Станки зубошлифовальные для конических колес. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 13150-77</u>	Станки зубошлифовальные горизонтальные для цилиндрических колес. Нормы точности
<u>ГОСТ 13281-93</u>	Станки зубошвинговальные. Основные размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 13510-93</u>	Станки круглошлифовальные бесцентровые. Основные параметры и размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 14-88</u>	Станки плоскошлифовальные с круглым столом и горизонтальным шпинделем. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 1584-87</u>	Станки универсально-заточные. Нормы точности
<u>ГОСТ 16015-91</u>	Полуавтоматы протяжные горизонтальные. Основные параметры и размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 16025-91</u>	Полуавтоматы протяжные вертикальные. Основные параметры и размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 16460-90</u>	Столы делительные поворотные агрегатных станков. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 16929-90</u>	Станки для заточки плоских ножей с прямолинейной режущей кромкой. Нормы точности
<u>ГОСТ 17-70</u>	Станки токарно-револьверные. Нормы точности
<u>ГОСТ 17734-88</u>	Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 1797-78</u>	Станки резьбофрезерные. Нормы точности
<u>ГОСТ 18065-91</u>	Станки зубофрезерные горизонтальные для цилиндрических колес. Основные параметры и размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 18097-93</u>	Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 18098-94</u>	Станки координатно-расточные и координатно-шлифовальные. Нормы точности
<u>ГОСТ 18100-80</u>	Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные прутковые. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 18101-85</u>	Станки продольно-фрезерные. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 19166-73</u>	Станки зубозакругляющие. Нормы точности

<u>ГОСТ 20404-88</u>	Станки для заточки круглых пил. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 20551-93</u>	Станки электроэрозионные вырезные. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 2110-93</u>	Станки расточные горизонтальные с крестовым столом. Нормы точности
<u>ГОСТ 22267-76</u>	Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров
<u>ГОСТ 25-90</u>	Станки внутришлифовальные. Основные параметры и размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 25443-82</u>	Станки металлорежущие. Образцы-изделия для проверки точности обработки. Общие технические требования
<u>ГОСТ 25889.1-83</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки круглости образца-изделия
<u>ГОСТ 25889.2-83</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки параллельности двух плоских поверхностей образца-изделия
<u>ГОСТ 25889.3-83</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки перпендикулярности двух плоских поверхностей образца-изделия
<u>ГОСТ 25889.4-86</u>	Станки металлорежущие. Метод проверки постоянства диаметров образца-изделия
<u>ГОСТ 26-75</u>	Станки долбежные. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 26016-83</u>	Станки фрезерные широкоуниверсальные инструментальные. Нормы точности
<u>ГОСТ 26189-84</u>	Станки металлорежущие. Метод комплексной проверки параллельности и прямолинейности двух плоских поверхностей образца-изделия
<u>ГОСТ 26190-84</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки постоянства размеров цилиндрических образцов-изделий в пределах одной партии
<u>ГОСТ 26542-85</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки торцового биения поверхностей образца-изделия
<u>ГОСТ 27-88</u>	Станки плоскошлифовальные с круглым выдвижным столом и вертикальным шпинделем. Основные размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 273-90</u>	Станки плоскошлифовальные с крестовым столом и горизонтальным шпинделем. Основные размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 27843-88</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки точности позиционирования
<u>ГОСТ 27855-88</u>	Металлорежущие станки. Шпиндели внутришлифовальные. Нормы точности
<u>ГОСТ 30051-93</u>	Станки шлищешлифовальные. Основные размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 30098-93</u>	Станки электроэрозионные копировально-прошивочные. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 30512-97</u>	Станки вальцешлифовальные. Нормы точности
<u>ГОСТ 30527-97</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки точности обработки образца-изделия

<u>ГОСТ 30544-97</u>	Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории
<u>ГОСТ 30741-2001</u>	Станки металлообрабатывающие. Показатели эффективности энергоиспользования. Номенклатура. Методы их выбора и назначения
<u>ГОСТ 30848-2003</u>	Диагностирование машин по рабочим характеристикам. Общие положения
<u>ГОСТ 35-85</u>	Станки продольно-строгальные. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 370-93</u>	Станки вертикально-сверлильные. Основные размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 4.93-86</u>	Система показателей качества продукции. Станки металлообрабатывающие. Номенклатура показателей
<u>ГОСТ 43-85</u>	Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 44-93</u>	Станки токарно-карусельные. Основные параметры и размеры. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 5.1879-73</u>	Станок полуавтоматический центрировочный модели ЦС-50. Требования к качеству аттестованной продукции
<u>ГОСТ 5642-88</u>	Станки шлицефрезерные. Нормы точности
<u>ГОСТ 594-82</u>	Станки отделочно-расточные вертикальные. Нормы точности
<u>ГОСТ 599-93</u>	Станки заточные для спиральных сверл. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 627-93</u>	Станки заточные для резцов. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 6566-88</u>	Полуавтоматы и автоматы отрезные круглопильные. Основные размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 658-89</u>	Станки зубодолбежные вертикальные для цилиндрических колес. Основные параметры и размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 659-89</u>	Станки зубофрезерные вертикальные для цилиндрических колес. Основные параметры и размеры. Нормы точности
<u>ГОСТ 6818-77</u>	Станки зубошлифовальные для цилиндрических колес. Основные размеры
<u>ГОСТ 6819-84</u>	Полуавтоматы токарные многошпиндельные горизонтальные патронные. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 6820-75</u>	Станки токарные многошпиндельные вертикальные патронные полуавтоматические. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 6945-84</u>	Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые. Основные параметры и размеры
<u>ГОСТ 6946-84</u>	Полуавтоматы токарные многошпиндельные горизонтальные патронные. Основные параметры и размеры
<u>ГОСТ 7640-76</u>	Станки зубошлифовальные с коническим кругом для цилиндрических колес. Нормы точности
<u>ГОСТ 8-82</u>	Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность
<u>ГОСТ 8716-81</u>	Станки резьбошлифовальные. Нормы точности и жесткости
<u>ГОСТ 8831-79</u>	Станки токарно-продольные. Автоматы. Нормы точности

