

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 13.11.2024 11:08:16
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1011abb75a947df1c4851fd956d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ ФРЕЗЕРНО-
ГО СТАНКА**

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое обес-
печение машиностроительных производств

УДК 621.(076.1)

Составители: Е.И.Яцун, А.А.Горохов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Малыхин В.В.*

Определение статической жесткости фрезерного станка: методические указания по выполнению лабораторной работы/Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун, А.А.Горохов. Курск, 2017. 20 с.: ил.4, табл. 3. Прилож. 1. Библиогр. 4: с. 19.

Содержат сведения по изучению методов испытаний на статическую жесткость фрезерного станка.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, дисциплина «Надежность и диагностика технологических систем».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ 20__ г. Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л. ____. Уч.-изд.л. _____. Тираж 100 экз. Заказ _____. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1 ВЫБОР УСЛОВИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОДГОТОВКА СТАНКА	7
1.1. Цели и задачи	8
1.2. Оборудование и приборы	9
1.3 Нагрузочные устройства	9
1.4 Измерительные приборы	10
1.5 Порядок проведения эксперимента	10
1.6 Обработка результатов измерений	15
1.7 Форма отчета	18
Контрольные вопросы	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19
ПРИЛОЖЕНИЕ. Примеры оформления графиков	20

ВВЕДЕНИЕ

Геометрическая и кинематическая точность станка является необходимым, но недостаточным условием для обеспечения требуемого качества обработки. Существующие нормы для проверки качества изготовления станков – нормы точности – не позволяют оценивать жесткость станка, так как при испытаниях, предусмотренных этими нормами, в станке не возбуждаются силы, которые могли бы заметно изменить взаиморасположение узлов станка, несущих инструмент и заготовку. В то же время производительность станков, точность размеров и формы, качество поверхностей деталей, обрабатываемых на станках, в значительной степени определяются жесткостью станка.

Проверка станков по нормам жесткости направлена на поддержание и повышение точности работы станка. Испытание станков по нормам жесткости является дополнительной количественной оценкой качества изготовления продукции станка, характеризующей точность станка под нагрузкой.

Влияние жесткости станка на точность механической обработки является исходным положением при разработке норм жесткости. Методика нормирования жесткости станка оговорена требованиями ГОСТ «Станки металлорежущие. Общие условия к стандартам на нормы жесткости».

Разработка норм жесткости на металлорежущие станки расчетным путем не представляется возможной, и поэтому единственно приемлемым является метод, основанный на обобщении статистических данных о фактической жесткости станков, выпускаемых серийно, и установлении зависимости жесткости от размера станка. Такой путь обеспечивает использование многолетнего опыта, накопленного в процессе проектирования, изготовления и эксплуатаций станков. Полученные таким образом нормы жесткости должны обеспечить общее повышение в стабилизацию качества выпускаемых станков.

Повышение жесткости технологической системы содействует уменьшению вибраций ее звеньев и, следовательно, позволяет повышать режимы резания, не снижая точности обработки.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, характеризует ее жесткость.

Жесткостью технологической системы называют отношение $j = P_y/u$. радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению u режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении:

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие податливости W , т. е. величины обратной жесткости:

$$W = 1/j.$$

Если исходить из определения жесткости всех звеньев технологической системы и ее элементарных связей, то общая формула для расчета жесткости системы будет иметь вид:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + \dots + W_n$$

или

$$1/j = 1/j_1 + 1/j_2 + 1/j_3 + \dots + 1/j_n.$$

Жесткость станка можно определить *статическим методом*, т. е. нагружением узлов неработающего станка, и *производственным методом* - путем испытания на жесткость работающего станка.

Статический метод заключается в постепенном нагружении узлов станка силами, соответствующими тем, которые возникают в процессе работы станка, с производством замеров деформаций. При производственном методе испытания на жесткость проводят в процессе обработки заготовки с разной глубиной резания и неизменными остальными параметрами режима резания. Обработку ведут на коротких участках, после чего измеряют высоту уступа на обработанной поверхности. Разница размеров уступов является следствием различного отжатия заготовки, обусловленного глубиной резания. Чем меньше отжатие детали, тем меньше погрешность, тем выше жесткость станка или жесткость технологической системы (деформацией заготовки при испытании пренебрегают).

Исследованиями установлено, что суммарная деформация в наибольшей степени зависит от деформаций в стыках узлов станка. А так как деформации в стыках во многом связаны с точностью формы и шероховатостью контактирующих поверхностей, то для объективной оценки изделия должна контролироваться жесткость каждого станка.

Суммарную жесткость станка можно характеризовать смещением вершины режущего инструмента относительно жесткой обрабатываемой детали вследствие упругих перемещений элементов под действием сил трения. Однако знание суммарной жесткости не дает возможности решения и понимания всех вопросов эксплуатации и тем более конструирования станков. Поэтому в ряде случаев оказывается необходимым знание баланса упругих перемещений, то есть долей полной величины смещения инструмента относительно изделия, определяемых перемещения:

- 1) оценить влияние жесткости отдельных элементов конструкции на суммарную жесткость станка;
- 2) оценить жесткость конструкции отдельных узлов и качество их изготовления и сборки;
- 3) предотвратить появление конструкций с пониженной жесткостью системы за счет одного слабого элемента и с заведомо повышенными жесткостью и весом других элементов;
- 4) упругость и точность методы расчета станков на жесткость.

Для того, чтобы составить баланс упругих перемещений следует измерить перемещения элементов, образующих упругую систему станка, при статическом внутреннем нагружении, имитирующем к точке приложения силы (вершине инструмента).

Баланс упругих перемещений в станке может составляться с различной степенью детализации. Могут составляться следующие виды балансов:

- 1) укрупненный баланс, необходимый для общего представления о распределении упругих перемещений по узлам и установления основных направлений повышения жесткости;
- 2) детальный баланс упругих перемещений узла (обычно узла, имеющего наибольшее влияние на точность обработки), необходимый для усовершенствования по конструкции;
- 3) детальный баланс упругих перемещений станка (необходимый для коренной его модернизации, а также для обобщения данных по жесткости станков.

В настоящей работе содержатся общие методические указания по постановке и проведению исследования суммарной жесткости консольного горизонтально-фрезерного станка, так как для составления даже укрупненного баланса упругих перемещений отдельных узлов станка зачастую требуется большое количество индикаторов и угломеров, которое разместить на станке согласно измерительной схемы одновременно весьма сложно.

1 ВЫБОР УСЛОВИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОДГОТОВКА СТАНКА

Перед проведением испытаний станка на статическую жесткость проводится испытание на холостом ходу, которое заключается в следующем:

- проверка всех включений, переключений и передач органов управления для определения правильности их действия, взаимной блокировки, надежности фиксирования и отсутствия самопроизвольных смещений,
- проверка безотказности действий и точности работы автоматических устройств;
- проверка устройств для зажима изделия и инструмента: нет ли заеданий, ослабления зажимающих элементов при многократном включении, при перегрузке и т. п.;
- проверка исправности работы системы смазки после пуска масляных насосов и заполнения масленок: обеспечена ли подача смазки к механизмам станка в момент его пуска, поступает ли масло непрерывно и в достаточном количестве ко всем трущимся поверхностям, надежно ли функционирует система очистки масла, нет ли утечек в насосе, из-под фланцев, крышек, в маслопроводе и из других мест соединения;
- проверка работы системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости: поступает ли жидкость непрерывно и в достаточном количестве к требуемому месту (или местам), достаточна ли зона обслуживания рабочих участков, удобно ли регулировать подачу жидкости и направление струи, нет ли утечек в системе;
- проверка равномерности механических и гидравлических подач (не наблюдается ли скачкообразная подача каких-либо узлов станка);
- проверка работы электрооборудования: пуска, останова, реверсирования и торможения электродвигателей, плавности регулирования оборотов электродвигателей постоянного тока, действия защитных и аварийных блокировок, надежности работы конечных выключателей;
- проверка мощности, затрачиваемой электродвигателем на холостой ход станка;
- проверка наличия и надежности действия защитных устройств по технике безопасности и охране труда.

Станки, имеющие механизмы для осуществления быстрых (ускоренных) холостых ходов и медленных рабочих перемещений (быстрый ход — рабочая подача — реверсирование), должны быть проверены:

- а) на точность действия автоматических устройств при переключении с одного цикла на другой;
- б) на отсутствие задержек при переходе на новый цикл;

в) на плавность работы механизмов в моменты переходов.

Работа станка должна быть плавной, без толчков, без сильного шума, стуков или сотрясений, вызывающих вибрацию станка. Шум вхолостую работающего станка должен быть еле слышным на расстоянии 4-5 м. Измерение уровня шума производится шумомером (в децибелах) или фонометром (в фонах). Допустимый уровень шума в станках в районе рабочего места 70—80 децибелов.

Для общего определения жесткости станка исследования целесообразно проводить на станках новых или отремонтированных, соответствующих существующим техническим условиям и находящимся в состоянии готовности к нормальной работе. Установка станков при исследованиях должна быть технологичной их установке при эксплуатации. Перед началом проведения исследования должна быть произведена проверка:

- 1) зажима элементов, неподвижных при работе (хобота, консоли и т.д.);
- 2) регулировки подвижных соединений (планок и клиньев стола, хобота и т.д.)
- 3) затяжки затянутых стыков (хобот-станина).

Расположение узлов исследуемого станка (хобота, стола), ориентация в пространстве статической силы, имитирующей силу резания, и выбор ее величины обуславливаются следующими соображениями:

- 1) условия исследования должны соответствовать условиям типичного для станка случая обработки;
- 2) величины упругих перемещений всех элементов станка должны быть достаточно, большими, позволяющими использовать для измерения измерительные приборы нормальной точности.

Исходя из этого, максимальную величину статической силы резания. Направление силы в пространстве должно быть таким, чтобы углы наклона силы к осям координат примерно соответствовали углам, определяемым соотношениями между составляющими при резании, и были существенно больше углов трения, так как влияние сил трения на величины перемещений элементов при статическом нагружении может быть весьма существенным. Однако влияние сил трения на распределение величины суммарного перемещения между отдельными элементами системы относительно невелико и здесь не рассматривается.

1.1. Цели и задачи

1) Изучить методику и существующие способы определения статической жесткости станков различных типов и типоразмеров.

- 2) Определить величину статической жесткости консольного горизонтально-фрезерного станка мод. 6Н81Г.
- 3) Ознакомиться с нормами статической жесткости станков различных типов и типоразмеров.
- 4) Составить отчет о проведенной работе.

1.2. Оборудование и приборы

- 1) Консольный горизонтально-фрезерный станок мод. 6Н81Г.
- 2) Образцовый переносной динамометр системы Н.Г.Токаря типа ДОС-0,5.
- 3) Индикаторные головки с ценой деления 0,01 и 0,002 мм.
- 4) Индикаторные стойки.
- 5) Квадрант для измерения углов поворота.
- 6) Масштабная линейка.

Статической характеристикой жесткости является податливость технологической системы (станок – приспособление – инструмент – деталь), определяемая отношением:

$$K = \frac{Y}{P}, \text{ мм/кГ} \quad (1)$$

где P - прилагаемая сила, кГ;

Y - величина деформации, мм.

Величина, обратная податливости, называется жесткостью системы, т.е.

$$j = \frac{P}{Y}, \text{ кГ/мм} \quad (2)$$

1.3 Нагрузочные устройства

Нагрузочное устройство должно обеспечить возможность создания в станке внутренней силы требуемой величины и направления в такой точке, в которой можно считать действующей силу резания.

Основными частями любого выгрузочного устройства являются домкрат, при помощи которого осуществляется нагружение, и предварительно протарированный динамометр. Величина действующей силы указывается индикатором динамометра.

В качестве домкрата можно использовать механизмы станков, как например, при исследовании сверлильных и фрезерных станков.

Динамометр должен встраиваться так, чтобы в его показания не входили потери на трение в нагрузочном устройстве.

1.4 Измерительные приборы

Для измерения линейных перемещений элементов исследуемого станка, а также угловых перемещений в горизонтальной плоскости, определяемых по разности линейных перемещений на заданной длине, используются индикаторы с ценой деления 0,01 и 0,002 мм. Для непосредственного измерения контактирующих элементов используются индикаторы с ценой деления 0,002 мм.

Измерения угловых перемещений в вертикальной и горизонтальной плоскостях рекомендуется производить при помощи уровней с ценой деления 0,02 мм/м.

Индикаторы крепятся на стойках, устанавливаемых на общей базе. Базу целесообразно выбирать так, чтобы основания индикаторных стоек при нагружении исследуемого станка не смещались.

Для измерения взаимных перемещений контактирующих элементов индикаторные стойки устанавливаются непосредственно на один из элементов как можно ближе к краям стыка.

1.5 Порядок проведения эксперимента

- 1) Установить подвижные узлы станка (хобот, консоль, стол, серьга) в положения соответствующие схеме, приведенной на рис. 1.
- 2) Проверить и закрепить подвижные узлы станка (измерительная справка, хобот, серьга, продольное и поперечное перемещение стола).
- 3) По разработанной схеме (рис. 1) установить необходимые приборы (динамометр, индикаторные головки, квадрант для измерения угловых смещений стола).
- 4) После установки максимально возможного количества приборов станок 2-3 раза нагружается силой максимальной величины и без записи показаний разгружается. Баланс перемещений целесообразно составлять не при первичных, а при повторных нагружениях, так как жесткость при повторных статических нагружениях больше соответствует жесткости станка в работе.
- 5) После разгрузки приборы выставляются на ноль.
- 6) Измерения проводятся при нескольких (4-5) ступенях нагрузки с тем, чтобы, исходя из зависимости между перемещением и нагрузкой, близкой к линейной, выявить и устранить возможные грубые промахи.

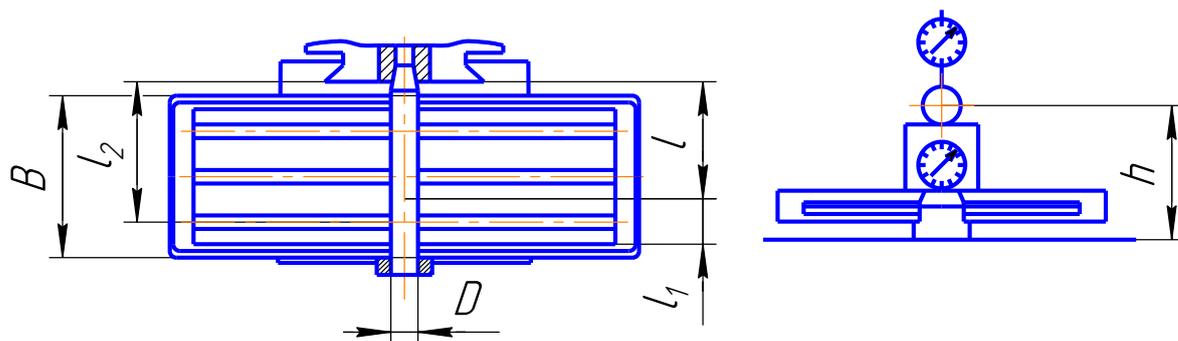


Рисунок 1. Схема определения жесткости станка

Величина ступеней нагрузки определяется индикатором динамометра по тарировочному графику (рис. 2) и зависит от выбранной величины максимальной силы.

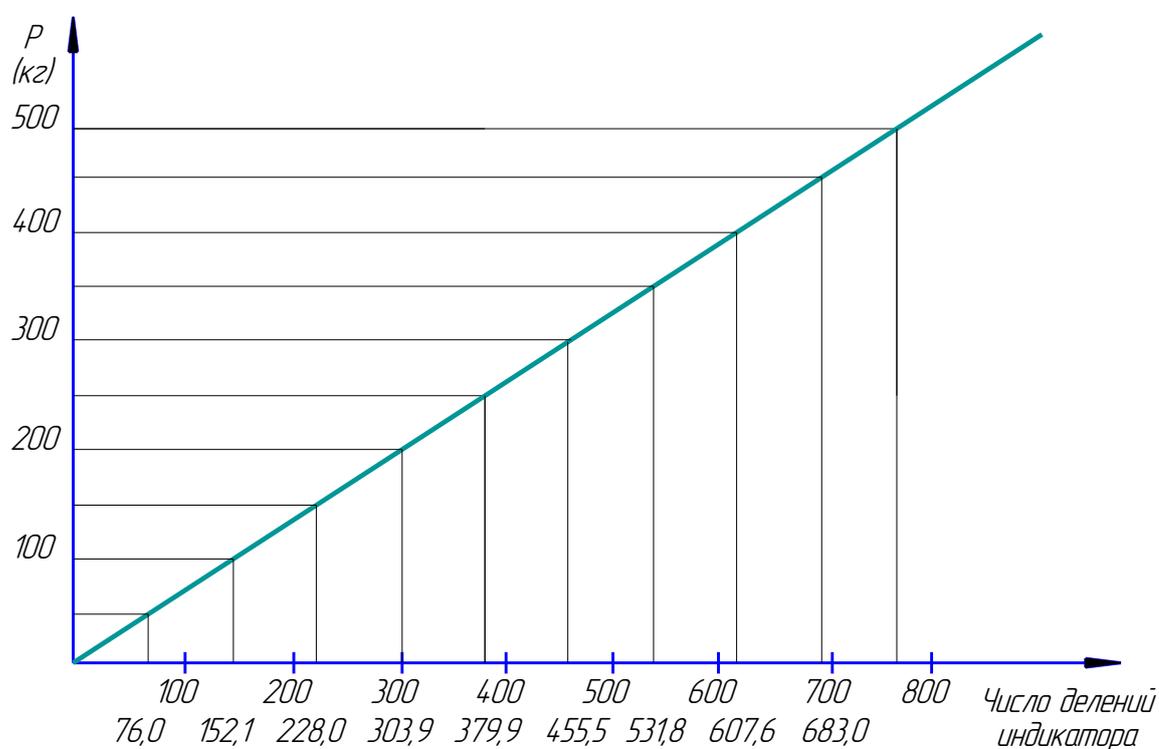


Рисунок 2. Тарировочный график образцового переносного динамометра Н.Г. Токаря типа ДОС – 0,5.

Порядок нагружения следующий.

Дается первая ступень нагрузки и записываются показания приборов. Затем дается вторая ступень нагрузки и опять записываются показания приборов и т.д.

После записи показаний приборов при максимальной нагрузке станок последовательно разгружается и фиксируются показания приборов по ступеням разгрузки.

Таблица 1.

Параметры станка, подлежащие проверке

№ п/п	Станки с шириной стола В (мм)	200	350
1	Расстояние h от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	125	140
2	Расстояние l от вертикальных направляющих станины до точки приложения силы, мм	270	280
3	Расстояние l_1 от точки приложения силы до торца подшипника серьги, мм	132	140
4	Расстояние l_2 от вертикальных направляющих станины до первого паза стола, мм	305	345
5	Диаметр D испытательной серьги в точке приложения силы, мм	80	100
6	Диаметр цилиндрической части испытательной оправки	40	60
7	Величина прилагаемой силы P , кг	500	800
8	Наибольшее допустимое относительное перемещение под нагрузкой в направлении оправки, закрепленной в шпинделе	0,36	0,48

Рекомендуемая форма регистрации показаний приборов приведена в следующей таблице (табл. 2).

Здесь приняты следующие обозначения.

$K_0, K_1, K_3 \dots K_5$ – число делений индикатора динамометра;

$P_0, P_1, P_3 \dots P_5$ – ступени нагрузки, кг;

$Y'_{H_0}, Y'_{H_1}, Y'_{H_2} \dots Y'_{H_5}$ – суммарное перемещение в мм элементов технологической системы по показаниям измерительного индикатора при нагрузках силами соответственно $P_0, P_1 \dots P_5$ при первом измерении;

$Y''_{H_0}, Y''_{H_1}, Y''_{H_2} \dots Y''_{H_5}$ – то же, но при втором измерении;

$Y'''_{H_0}, Y'''_{H_1}, Y'''_{H_2} \dots Y'''_{H_5}$ – то же, но при третьем измерении;

$Y'_{P_0}, Y'_{P_1}, Y'_{P_2} \dots Y'_{P_5}$ – суммарное перемещение в мм элементов технологической системы по показаниям измерительного индикатора при разгрузке силами $P_0, P_1 \dots P_5$ соответственно при первом измерении;

$Y''_{P_0}, Y''_{P_1}, Y''_{P_2} \dots Y''_{P_5}$ – то же, но при втором измерении;

$Y'''_{P_0}, Y'''_{P_1}, Y'''_{P_2} \dots Y'''_{P_5}$ – то же, но при третьем измерении;

$\alpha'_{H_0}, \alpha'_{H_1}, \alpha'_{H_2} \dots \alpha'_{H_5}; \alpha''_{H_0}, \alpha''_{H_1}, \alpha''_{H_2} \dots \alpha''_{H_5}; \alpha'''_{H_0}, \alpha'''_{H_1}, \alpha'''_{H_2} \dots \alpha'''_{H_5}$ – поворот в градусах консоли станка по показаниям квадранта при нагрузках силами $P_0, P_1 \dots P_5$ при 1-м, 2-м и 3-м измерениях соответственно;

$\alpha'_{P_0}, \alpha'_{P_1}, \alpha'_{P_2} \dots \alpha'_{P_5}; \alpha''_{P_0}, \alpha''_{P_1}, \alpha''_{P_2} \dots \alpha''_{P_5}; \alpha'''_{P_0}, \alpha'''_{P_1}, \alpha'''_{P_2} \dots \alpha'''_{P_5}$ – поворот в градусах консоли станка по показаниям квадранта при разгрузке силами $P_0, P_1 \dots P_5$ при 1-м, 2-м и 3-м измерениях соответственно;

$Y_{H_0}, Y_{H_1}, Y_{H_2} \dots Y_{H_5}$ – среднеарифметическое значение перемещений технологической системы по показаниям измерительного индикатора при нагрузках силами $P_0, P_1 \dots P_5$ соответственно;

$Y_{P_0}, Y_{P_1}, Y_{P_2} \dots Y_{P_5}$ – то же, но при разгрузке;

$\alpha_{H_0}, \alpha_{H_1}, \alpha_{H_2} \dots \alpha_{H_5}$ – среднеарифметическое значение в градусах консоли станка по показаниям $P_0, P_1 \dots P_5$;

$\alpha_{P_0}, \alpha_{P_1}, \alpha_{P_2} \dots \alpha_{P_5}$ – то же, но при разгрузке.

Весь цикл измерений проводится несколько раз (как минимум дважды, а при большом разбросе показаний – более 10% - трижды) после чего определяется среднеарифметическое значение показаний приборов.

1.6 Обработка результатов измерений

1) Среднеарифметическое значение показаний измерительного индикатора:

при нагрузке:

$$Y_{H_i} = \frac{Y'_{H_i} + Y''_{H_i} + Y'''_{H_i}}{3}, \text{ мм} \quad (3)$$

$i=1,2,3,4,5$ – ступени нагрузки;

при разгрузке:

$$Y_{P_i} = \frac{Y'_{P_i} + Y''_{P_i} + Y'''_{P_i}}{3}, \text{ мм} \quad (4)$$

2) Среднеарифметическое значение показаний квадранта:

при нагрузке:

$$\alpha_{H_i} = \frac{\alpha'_{H_i} + \alpha''_{H_i} + \alpha'''_{H_i}}{3}, \text{ град.} \quad (5)$$

$i=1,2,3,4,5$ – ступени нагрузки;

при разгрузке:

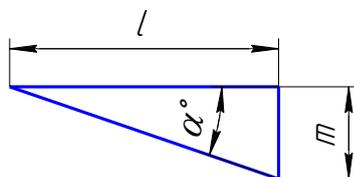
$$\alpha_{P_i} = \frac{\alpha'_{P_i} + \alpha''_{P_i} + \alpha'''_{P_i}}{3}, \text{ град.} \quad (6)$$

Следует помнить, что жесткость технологической системы станка j_{H_i} и j_{P_i} равно, как и перемещение Y_{H_i} и Y_{P_i} слагаются из жесткости и перемещений отдельных ее подсистем. В данном случае общую технологическую систему станка можно разбить на две подсистемы: 1 – шпиндель-оправка-серьга-хобот-станина и 2 – консоль-станина.

Поэтому определяем отдельно жесткости каждой подсистемы. С этой целью определяем вначале перемещения каждой подсистемы от каждой ступени нагрузки, а затем жесткости.

3) Перемещение второй подсистемы – консоль-станина:

при нагрузке



$$m_{2H_1} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha_{H_1}, \text{ мм} \quad (7)$$

$$m_{2H_2} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2}), \text{ мм} \quad (8)$$

$$m_{2H_3} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2} + \alpha_{H_3}), \text{ мм}$$

(9)

$$m_{2H_4} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2} + \alpha_{H_3} + \alpha_{H_4}), \text{ мм} \quad (10)$$

$$m_{2H_5} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2} + \alpha_{H_3} + \alpha_{H_4} + \alpha_{H_5}), \text{ мм} \quad (11)$$

при разгрузке

$$m_{2P_1} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha_{P_1}, \text{ мм} \quad (12)$$

$$m_{2P_2} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2}), \text{ мм} \quad (13)$$

$$m_{2P_3} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2} + \alpha_{P_3}), \text{ мм} \quad (14)$$

$$m_{2P_4} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2} + \alpha_{P_3} + \alpha_{P_4}), \text{ мм} \quad (15)$$

$$m_{2P_5} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2} + \alpha_{P_3} + \alpha_{P_4} + \alpha_{P_5}), \text{ мм} \quad (16)$$

4) Суммарное перемещение подсистем станка:

при нагрузке

$$\sum Y_{CH_i} = Y_{H_i} + m_{2H_i}, \text{ мм} \quad (17)$$

при разгрузке

$$\sum Y_{CP_i} = Y_{P_i} + m_{2P_i}, \text{ мм}$$

(18)

5) Жесткость I-й подсистемы:

при нагрузке

$$j_{1H_i} = \frac{P_i}{Y_{H_i}}, \text{ кг/мм} \quad (19)$$

при разгрузке

$$j_{1P_i} = \frac{P_i}{Y_{P_i}}, \text{ кг/мм} \quad (20)$$

6) Жесткость II-й подсистемы:

при нагрузке

$$j_{2H_i} = \frac{P_i}{m_{2H_i}}, \text{ кг/мм} \quad (21)$$

при разгрузке

$$j_{2P_i} = \frac{P_i}{m_{2P_i}}, \text{ кг/мм} \quad (22)$$

7) Суммарная жесткость станка при нагрузке

при нагрузке

$$j_{H_i} = \frac{P_i}{\sum Y_{CH_i}}, \text{ кг/мм} \quad (23)$$

при разгрузке

$$j_{P_i} = \frac{P_i}{\sum Y_{CP_i}}, \text{ кг/мм} \quad (24)$$

8) Результаты расчетов сводим в табл. 3.

1.7 Форма отчета

- 1) Титульный лист.
- 2) Таблица 1 результатов измерений.
- 3) Таблица 2 результатов измерений.
- 4) График зависимости суммарной жесткости станка и отдельных его подсистем от прилагаемой силы P .
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется податливостью технологической системы?
- 2) Что называется жесткостью технологической системы станка?
- 3) На какие параметры обработки оказывает влияние жесткость технологической системы станка?
- 4) как определяется жесткость технологической системы станка?
- 5) Какие необходимы приборы и оборудование для определения жесткости станка?
- 6) Что позволяет определить знание баланса упругих перемещений отдельных узлов станка?
- 7) Какие виды балансов упругих перемещений могут составляться при определении жесткости станка? Их назначение.
- 8) Как осуществляется подготовка станка к испытаниям на жесткость? Последовательность подготовки.
- 9) Нагрузочные устройства, используемые при испытаниях станков на жесткость.
- 10) Измерительные приборы при испытаниях станков на жесткость.
- 11) Порядок проведения испытания станков на жесткость.
- 12) Что называется технологической системы станка?
- 13) Из каких подсистем складывается общая технологическая система станка?
- 14) Жесткость какой подсистемы станка необходимо повысить (по результатам проведенной работы)?
- 15) За счет каких изменений или регулировок можно повысить жесткость отдельных подсистем станка и суммарную жесткость станка в целом?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пуш А.В. Шпиндельные узлы: Качество и надежность. — М.: Машиностроение. 1992. — 288 с.: ил.
2. Пуш А.В. Моделирование и мониторинг станков и станочных систем/А.В. Пуш //СТИН. 2000. №9. С. 12-20.
3. Ямников А.С., Федин. Е.И., Попов М.А. Методика расчета динамических характеристик технологической системы по экспериментальным данным/ А.С. Ямников, Е.И. Федин., М.А. Попов// Изв. ТулГУ. Серия Машиностроение, Тула.:ТулГУ, 1997. Вып. 3. С. 202-206.
4. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т.2. Ч.2. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А. С. Проников, Е. И. Борисов, В. В. Бушуев и др.; Под общ. ред. А. С. Проникова. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана: Машиностроение, 1995. — 320 с: ил.

Примеры оформления графиков

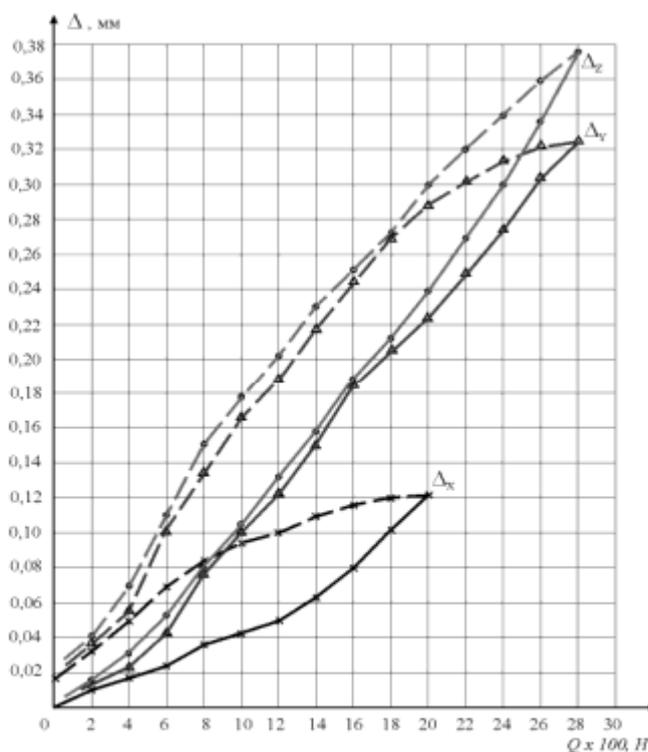


Рис. 3. Графики изменения относительных перемещений суппорта и шпинделя токарного станка 16К20 при прямом и обратном нагружении

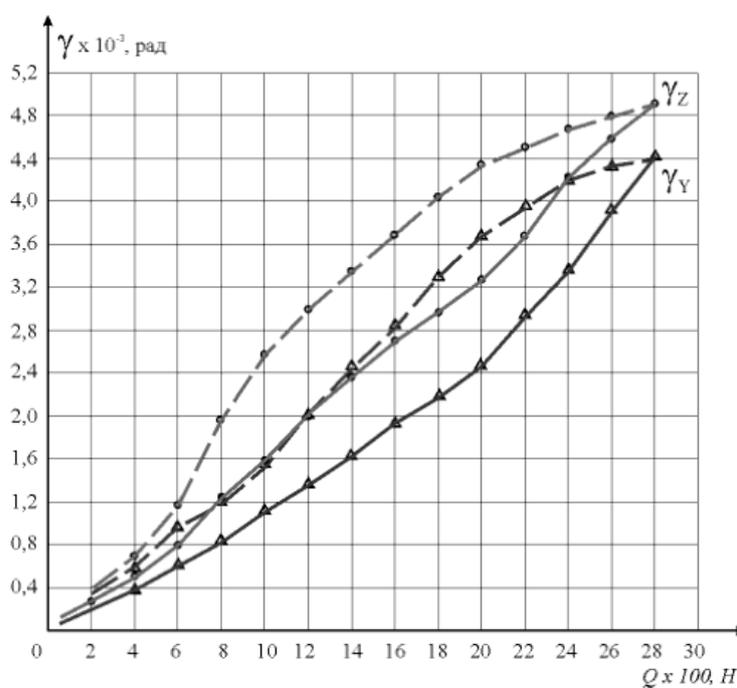


Рис. 4. Графики изменения относительных угловых перемещений суппорта и шпинделя токарного станка 16К20 при прямом и обратном нагружении