



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву-

(22) Заявлено 16.01.81 (21) 3235244/25-08

с присоединением заявки №-

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.08.82. Бюллетень № 31

Дата опубликования описания 25.08.82

(11) 952553

(51) М. Кл.³

В 24 В 49/00

(53) УДК 621.503.53
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Ю.Н. Петренко, В.П. Беляев и Г.И. Гульков

(71) Заявитель

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени
политехнический институт

(54) УСТРОЙСТВО ОГРАНИЧЕНИЯ ВИБРАЦИЙ НА ШЛИФОВАЛЬНОМ СТАНКЕ

1

Изобретение относится к обработке материалов резанием и может быть использовано для ограничения вибраций при обработке деталей на шлифовальных станках.

Известно устройство автоматического регулирования подачи на металлорежущих станках, содержащее станок, регулируемый электропривод подачи с системой управления, элемент сравнения, один вход которого соединен с датчиком вибраций, а второй - с задатчиком допустимого уровня вибраций, выход элемента соединен с системой управления, в которой изменяется величина подачи. Ограничение вибраций осуществляется за счет изменения величины подачи [1].

Однако воздействие только на величину подачи в этом устройстве не позволяет эффективно устранять вибрации, так как амплитуда возмущающего воздействия, действующего на упругую систему станок - приспособление - инструмент-деталь остается постоянной. Кроме того, снижается производительность станка, так как для ограничения вибраций при постоянной амплитуде возмущающего воздействия может

2

потребоваться значительное уменьшение подачи.

Известно также устройство для ограничения вибраций на металлорежущих станках, содержащее регулируемый электропривод подачи с системой управления, элемент сравнения, датчик вибрации и задатчик допустимого уровня вибраций, релейные элементы, один из которых не имеет зоны нечувствительности, а другие имеют зоны нечувствительности различные друг от друга, триггеры, блоки задержки, логические элементы "Запрет", сумматор, интеграторы, задатчик усилия резания, датчик усилия резания, задатчик частоты вращения привода главного движения станка. Ограничение вибраций осуществляется различными путями: увеличением скорости резания, уменьшением скорости резания, одновременным увеличением скорости резания и уменьшением усилия резания, одновременным уменьшением скорости резания и усилия резания [2].

Однако данное устройство невозможно применять на шлифовальных станках при увеличении скорости резания, так как из условия обеспечения мак-

30

симальной производительности скорость резания (окружная скорость шлифовального круга) должна быть максимальной, допустимой прочностью круга. Уменьшение скорости резания приводит к уменьшению производительности шлифования. Это объясняется тем, что при уменьшении скорости резания увеличивается шероховатость шлифованной поверхности и для обеспечения требуемой шероховатости поверхности при уменьшении скорости необходимо одновременное уменьшение подачи. Воздействие на величину усилия резания и скорости резания не позволяет эффективно устранять вибрации, так как в этом случае амплитуда возмущающего воздействия, действующего на упругую систему станок- приспособление - инструмент - деталь, остается постоянной.

Целью изобретения является повышение эффективности ограничения вибраций и производительности обработки на шлифовальных станках.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве ограничения вибраций на шлифовальном станке, содержащее асинхронный электродвигатель привода шлифовального круга, преобразователь частоты с системой управления и задатчиком частоты напряжения питания электродвигателя регулируемый электропривод подачи с системой управления и задатчиком величины подачи, элемент сравнения входы которого соединены с датчиком вибраций и с задатчиком допустимого уровня вибраций, сумматор и интегратор, введены вычислитель и датчик момента электродвигателя привода шлифовального круга, причем вход интегратора соединен с выходом элемента сравнения, а выход - с инверсным входом сумматора, с прямым входом которого соединен задатчик величины подачи, выход сумматора соединен с входом системы управления, выход которой соединен со шлифовальным станком, шлифовальный станок соединен с асинхронным электродвигателем привода шлифовального круга, который соединен с выходом преобразователя частоты, вход которого соединен с выходом системы управления, первый вход которой соединен с выходом задатчика частоты напряжения питания электродвигателя, а второй с выходом вычислителя, первый вход которого соединен с выходом задатчика частоты напряжения питания электродвигателя, а второй с выходом датчика момента, вход которого соединен с асинхронным электродвигателем привода шлифовального круга.

Второй вариант (фиг.2) устройства состоит в том, что в него введе-

ны два ключа и дополнительный вычислитель, причем вход первого ключа соединен с выходом датчика момента, а выход - с вторым входом вычислителя, вход второго ключа соединен с выходом датчика момента, а выход - с вторым входом дополнительного вычислителя, первый вход которого соединен с выходом задатчика частоты напряжения питания электродвигателя, а выход - с вторым входом системы управления преобразователя частоты.

На фиг.1 представлена функциональная схема предлагаемого устройства; на фиг.2 - то же, вариант устройства; на фиг.3 - механические характеристики асинхронного двигателя при регулировании напряжения в соответствии с изобретением.

Устройство (фиг.1) содержит шлифовальный станок 1, соединенный с входом датчика 2 вибраций, с асинхронным электродвигателем 3 привода шлифовального круга и электроприводом 4 подачи, вход которого соединен с выходом системы 5 управления, вход которой соединен с выходом сумматора 6, прямой вход которого соединен с выходом задатчика 7 величины подачи, а инверсный - с выходом интегратора 8, вход которого соединен с выходом элемента 9 сравнения, входы которого соединены с выходами датчика 2 вибраций и выходом задатчика 10 допустимого уровня вибраций, вход асинхронного электродвигателя 3 привода шлифовального круга соединен с выходом преобразователя 11 частоты, вход которого соединен с выходом системы 12 управления, первый вход которой соединен с выходом задатчика 13 частоты напряжения питания, а второй - с выходом вычислителя 14, первый вход которого соединен с выходом задатчика 13 частоты напряжения питания, а второй - с выходом датчика 15 момента, вход которого соединен с асинхронным электродвигателем 3 привода шлифовального круга.

Второй вариант устройства (фиг.2) содержит дополнительно ключи 16 и 17 и вычислитель 18. Вход первого ключа 16 соединен с выходом датчика 15 момента, а выход - с вторым входом вычислителя 14, вход второго ключа 17 соединен с выходом датчика 15 момента, а выход - с вторым входом дополнительного вычислителя 18, первый вход которого соединен с выходом задатчика 13 частоты напряжения питания, а выход - с вторым входом системы управления преобразователя частоты.

Принцип действия устройства основан на том, что одновременно с изменением скорости подачи изменяют магнитный поток асинхронного электродви-

гателя привода шлифовального круга путем регулирования напряжения питания.

В устройстве (фиг.1) регулируют напряжение питания в соответствии с соотношением

$$U_1 = \sqrt{\left[K_1 + K_2 \sqrt{\Delta P_H^2 - K_3 M^2} \right] \left[r_1 + \frac{K_4 M}{\Delta P_H + \sqrt{\Delta P_H^2 - K_3 M^2}} + K_5 \right]}, \quad (1)$$

где

$$K_1 = \frac{0 < M \leq M_H; \Delta P_H}{2 m_1 r_1^2 \left[\frac{r_1}{r_2} \left(1 + \frac{x_2^2}{x_0^2} \right)^2 + \frac{\Delta P_{сн} \cdot x_2^2}{\varphi_H^2 \cdot C_1^2 \cdot f_{1H}^2 \cdot m_1 \cdot r_2^2} + 1 \right]};$$

$$K_2 = \frac{K_1}{\Delta P_H};$$

$$K_3 = 4 \omega_{OH}^2 \left[\frac{r_1}{r_2} \left(1 + \frac{x_2^2}{x_0^2} \right)^2 + \frac{\Delta P_{сн} \cdot x_2^2}{\varphi_H^2 \cdot C_1^2 \cdot f_{1H}^2 \cdot m_1 \cdot r_2^2} + 1 \right];$$

$$K_4 = 2 r_2' \cdot \alpha \cdot \omega_{OH} \left[\frac{r_1}{r_2} \left(1 + \frac{x_2^2}{x_0^2} \right)^2 + \frac{\Delta P_{сн} \cdot x_2^2}{\varphi_H^2 \cdot C_1^2 \cdot f_{1H}^2 \cdot m_1 \cdot r_2^2} + 1 \right];$$

$$K_5 = (x_1 + x_2)^2 \cdot \alpha^2;$$

$$M_0 = \text{электромагнитный момент двигателя,}$$

ΔP_H - номинальные потери в двигателе,

m_1 - число фаз,

$r_1, r_2,$

x_1, x_2, x_0 - параметры T-образной схемы замещения асинхронного двигателя,

$\Delta P_{сн}$ - номинальные потери в стали статора,

ω_{OH} - угловая скорость поля двигателя, соответствующая номинальной частоте питающего напряжения,

f_{1H} - номинальное значение частоты питающего напряжения,

φ_H - номинальное значение магнитного потока двигателя,

$C_1 = 444 R_1 K_1$ - конструктивная постоянная статора машины,

R_1 - обмоточный коэффициент,

W_1 - число последовательных витков одной фазы,

α - относительная частота питающего напряжения.

В устройстве (фиг.2) в пределах изменения момента

$0 < M \leq \frac{\Delta P_H}{\beta_{кр} \left(K_6 + \frac{K_1}{\beta_{кр}^2} \right)}$ регулируют напряжение

питания в соответствии с соотношением

$$U = \sqrt{M \cdot \beta_{кр} \left[\left(r_1 + \frac{r_2' \cdot \alpha}{\beta_{кр}} \right)^2 + K_5 \right] \cdot K_6}, \quad (2)$$

где

$$K_6 = \omega_{OH} \left[\frac{r_1}{r_2} \left(1 + \frac{x_2^2}{x_0^2} \right)^2 + \frac{\Delta P_{сн} \cdot x_2^2}{\varphi_H^2 \cdot C_1^2 \cdot f_{1H}^2 \cdot m_1 \cdot r_2^2} + 1 \right];$$

$$K_7 = \omega_{OH} \left(\frac{r_1 \cdot r_2'}{x_0} + \frac{\Delta P_{сн} \cdot r_2'}{\varphi_H^2 \cdot C_1^2 \cdot f_{1H}^2 \cdot m_1} \right);$$

$$K_8 = \frac{\omega_{OH}}{m_1 \cdot r_2'};$$

5 $\beta_{кр}$ - критическое значение параметра абсолютного скольжения, а в пределах изменения момента

10 $\frac{\Delta P_H}{\beta_{кр} \left(K_6 + \frac{K_1}{\beta_{кр}^2} \right)} < M \leq M_H$ по соотношению (1).

В большинстве станков шлифовальный круг приводится во вращение от асинхронного электродвигателя, который

15 выполняется как одно целое со шлифовальной бабкой, т.е. в виде электродвигателя. Следовательно, вибраций электродвигателя вызывает вибрации шлифовального круга. Имея ввиду, что

20 в шлифовальных станках используются прецизионные подшипники, дисбаланс ротора электродвигателя сводится к минимуму, и основную роль в создании вибраций электродвигателя играют магнитные вибрации. Причинами магнитных

25 вибраций асинхронных электродвигателей являются временные и пространственные изменения сил тяжения, действующих между статором и ротором.

30 Величина радиальной силы, действующей на единицу поверхности воздушного зазора, определяется выражением

$$F = 0,4 \cdot 10^6 B_{\delta}^2(\theta, t), \quad (3)$$

где $B_{\delta}(\theta, t)$ - мгновенное значение магнитной индукции в зазоре

35 в точке, удаленной на угол θ от начала координат в момент времени t .

В шлифовальных станках асинхронный электродвигатель шлифовального

40 круга работает с различной нагрузкой, которая зависит от режима работы, станка (черновое или чистовое шлифование, правка круга). Изменяется нагрузка и при изменении подачи

45 для ограничения вибраций. В этих условиях целесообразно регулировать магнитный поток двигателя в соответствии с величиной момента нагрузки. Согласно формуле (3) уменьшение (увеличение)

50 магнитного потока (а следовательно, и индукции) асинхронного электродвигателя привода шлифовального круга обуславливает уменьшение (увеличение)

55 амплитуды возмущающего воздействия, действующего на систему станок - приспособление - инструмент - деталь, и позволяет осуществить ограничение

60 вибраций на шлифовальных станках.

В устройстве ограничение вибрация

осуществляется одновременно взаимосвязанными действиями: изменением

65 скорости подачи (повышением степени устойчивости системы станок - приспособление - инструмент - деталь).

и изменением магнитного потока асинх

хронного электродвигателя шлифовального круга (изменением амплитуды возмущающего воздействия). Уменьшение вибраций собственно электродвигателя привода шлифовального круга дает возможность увеличить величины подачи при заданном уровне вибраций шлифовального станка и тем самым повысить производительность обработки. Магнитный поток предлагается изменить так, чтобы сохранить потери мощности в двигателе на номинальном уровне, т.е. при определенном значении момента двигателя M в установленном режиме работы асинхронный двигатель находится в точке механической характеристики, вид которой определяется напряжением V согласно формуле (1), с абсолютным скольжением β , при котором потери в двигателе равны номинальным (фиг. 3)

Соотношение (1) получено на основании вычислений по Т-образной схеме замещения частотно-регулируемого асинхронного двигателя.

Соотношение (2) получено из следующих соображений: с уменьшением нагрузки магнитного потока путем регулирования напряжения питания двигателя по соотношению (1) увеличивается параметр абсолютного скольжения β . При превышении β значения $\beta_{кр}$ потери в двигателе номинальны лишь при работе его на неустойчивой части механической характеристики в точке a (кривая 3, фиг. 3), что возможно только в замкнутой по скорости системе электропривода. Следовательно, при постоянстве статического момента в разомкнутой системе двигатель работает на устойчивой части механической характеристики в точке b и потери мощности двигателя ниже номинальных. Поэтому в диапазоне изменения момента

$$0 < M \leq \frac{\Delta P_H}{\beta_{кр} \left(K_6 + \frac{K_7}{\beta_{кр}^2} \right)}$$

для дальнейшего повышения эффективности ограничения вибраций изменяют магнитный поток двигателя путем регулирования напряжения питания по соотношению (2), т.е. при любом значении M из диапазона изменения момента в установленном режиме работы двигатель находится в точке механической характеристики с абсолютным скольжением $\beta_{кр}$. Соотношение (2) получено подстановкой $\beta = \beta_{кр}$.

При пренебрежении активными сопротивлениями статора напряжения на электродвигателе определяет магнитный поток. Уменьшение напряжения по соотношению (1) позволяет уменьшить магнитный поток до минимального уровня, определяемого номинальными потерями мощности в электро-

двигателе, а по соотношению (2) до уровня, определяемого критической величиной параметра абсолютного скольжения.

Устройство по фиг. 1 работает следующим образом.

Во время шлифования детали, когда сигнал датчика 2 вибраций равен сигналу задатчика 10 допустимого уровня вибраций, на выходе элемента 9 сравнения, а следовательно, на выходе интегратора 8 сигнал отсутствует, и величина подачи определяется только величиной сигнала задатчика 7 подачи. Напряжение на выходе преобразователя 11 частоты и на электродвигателе 3 определяется величиной сигнала на выходе вычислителя 14. При пренебрежении активными сопротивлениями статора это напряжение при постоянной частоте определяет магнитный поток асинхронного электродвигателя 3. В таком состоянии устройство находится до тех пор, пока при обработке детали сигнал с выхода датчика 2 вибраций не превысит (не станет меньше) сигнал (сигнала) задатчика 10 допустимого уровня вибраций. В этом случае на выходе элемента 9 сравнения и на выходе интегратора 8 появляется положительный (отрицательный) сигнал. Этот сигнал поступает на инверсный вход сумматора 6, где суммируется с сигналом задатчика 7 величины подачи, который поступает на прямой вход сумматора 6. Выходной сигнал сумматора 6 начинает уменьшаться (увеличиваться) и воздействует на систему 5 управления 5 электропривода подачи так, что величина подачи уменьшается (увеличивается), а следовательно, уменьшается (увеличивается) и усиление резания.

Уменьшение (увеличение) усилия резания приводит к уменьшению (увеличению) момента электродвигателя 3 привода главного движения. Сигнал с датчика 15 момента поступает в вычислитель 14, необходимый для вычисления по соотношению (1) зависящего от сигнала датчика 15 момента и задатчика 13 частоты напряжения питания сигнала, поступающего на вход системы 12 управления, при котором устанавливается такое значение напряжения на выходе преобразователя 11 частоты и на электродвигателе 3, а значит и магнитного потока электродвигателя 3, при котором потери мощности в нем не превышают номинальных. Уменьшение (увеличение) подачи и магнитного потока электродвигателя 3 приводит к уменьшению (увеличению) амплитуды возмущающего воздействия, действующего на систему станок - приспособле-

ние - инструмент - деталь, а следовательно, и вибраций. Сигнал с выхода датчика 2 вибраций уменьшается (увеличится) и становится равным сигналу с выхода задатчика 10 допустимого уровня вибраций. С выхода элемента 9 сравнения сигнал исчезает, и интегратор 8 запоминает накопленный уровень. Шлифование детали происходит при новом значении величины подачи и магнитного потока электродвигателя 3.

Принцип действия устройства на фиг.2 аналогичен, только при изменении момента нагрузки в диапазоне

$$\frac{\Delta P_H}{\beta_{кр} \left(k_6 + \frac{k_T}{\beta_{кр}^2} \right)} < M \leq M_H$$

ключ 17 разомкнут, ключ 16 замкнут и работает вычислитель 14, и вычисление осуществляется по соотношению (1), а при достижении величиной момента значения

$$\frac{\Delta P_H}{\beta_{кр} \left(k_6 + \frac{k_T}{\beta_{кр}^2} \right)}$$

ключ 16 размыкается, замыкается ключ 17, подключается вычислитель 18, и вычисление в диапазоне изменения момента нагрузки

$$0 < M \leq \frac{\Delta P_H}{\beta_{кр} \left(k_6 + \frac{k_T}{\beta_{кр}^2} \right)}$$

осуществляется по соотношению (2).

Устройство позволяет повысить эффективность ограничения вибраций на шлифовальных станках и производительность шлифования на 10%, уменьшить прижоги шлифуемой поверхности и улучшить ее качество.

Формула изобретения

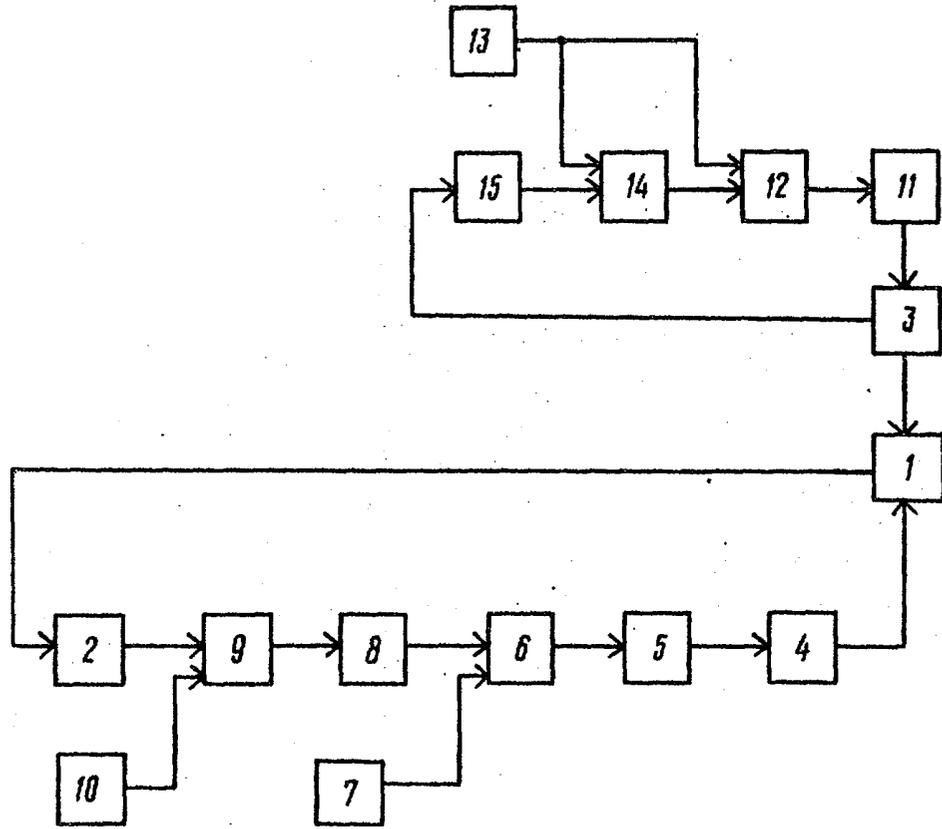
1. Устройство ограничения вибраций на шлифовальном станке, содержащее асинхронный электродвигатель привода шлифовального круга, к которому последовательно подключены преобразователь частоты напряжения

питания, система управления и задатчик частоты напряжения питания, электропривод подачи с системой управления и задатчиком величины подачи, датчик вибраций станка и задатчик допустимого уровня вибраций, подключенное к входам элемента сравнения, сумматор и интегратор, отличающееся тем, что, с целью повышения эффективности ограничения вибраций и производительности обработки, в него введены датчик момента электродвигателя привода шлифовального круга и вычислитель, причем вход интегратора соединен с выходом элемента сравнения, а выход - с обратным входом сумматора, с прямым входом которого соединен задатчик величины подачи, а выход сумматора соединен с входом системы управления электроприводом подачи, кроме того, последовательно соединены датчик момента электродвигателя шлифовального круга и вычислитель, подключены к системе управления этим двигателем, а второй вход вычислителя соединен с выходом задатчика частоты напряжения питания.

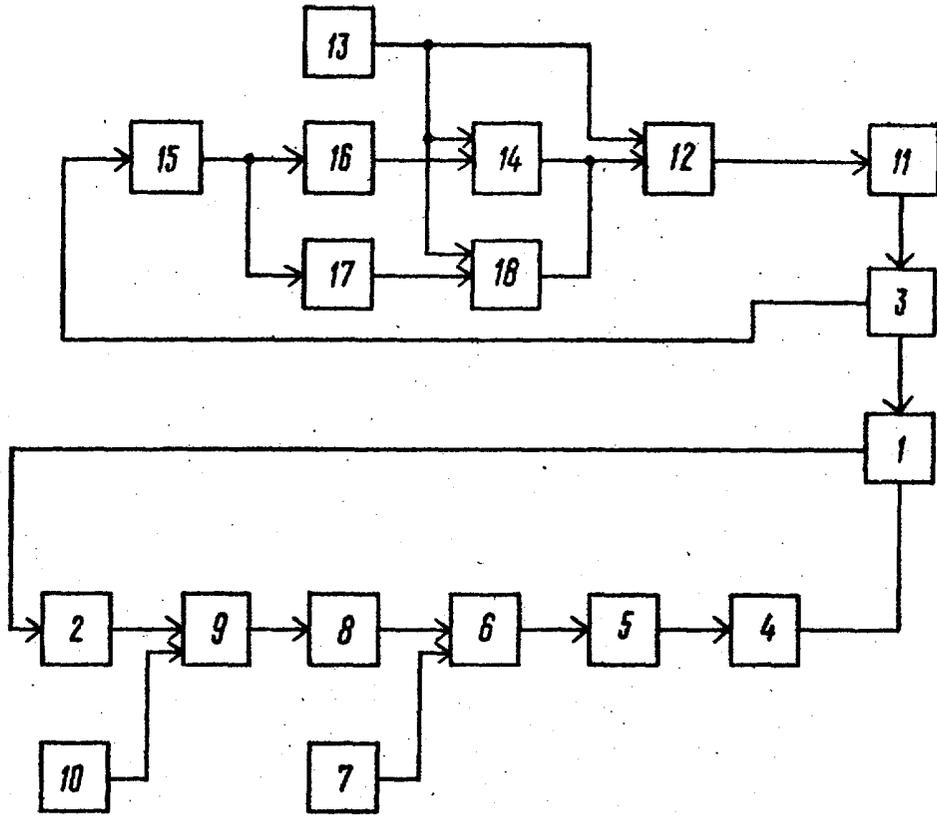
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в него введены дополнительный вычислитель и два ключа, причем вход первого ключа соединен с выходом датчика момента, а выход - с вторым входом вычислителя, вход второго ключа соединен с выходом датчика момента, а выход - с вторым входом дополнительного вычислителя, первый вход которого соединен с выходом задатчика частоты напряжения питания, а выход - с вторым входом системы управления электродвигателем привода шлифовального круга.

Источники информации,

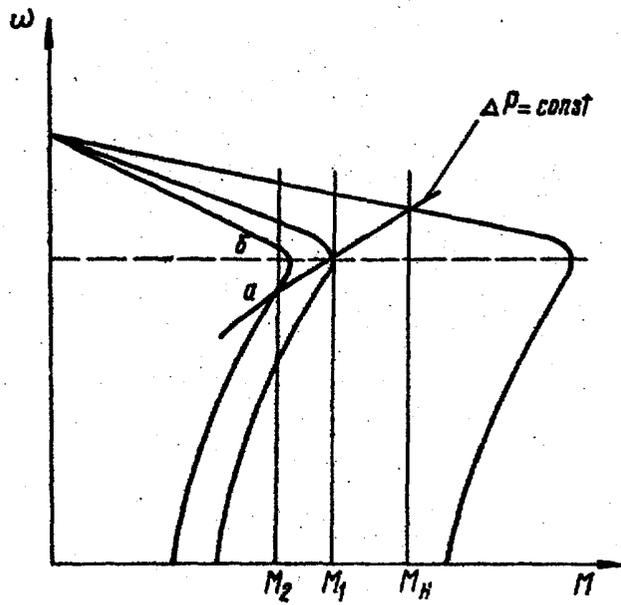
- 45 принятые во внимание при экспертизе
1. Патент Франции № 2066917, кл. В 23 q 5/00, 1972.
 2. Авторское свидетельство СССР № 662318, кл. В 23 Q 15/00, 1979/



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3