

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **116 387** (13) **U1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[B23B 19/02 \(2006.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 07.12.2015)  
Пошлина: учтена за 1 год с 28.11.2011 по 28.11.2012

(21)(22) Заявка: [2011148419/02](#), 28.11.2011(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2011

(45) Опубликовано: [27.05.2012](#) Бюл. № 15

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности,  
Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

**Либерман Яков Львович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина" (RU)**

**(54) СИСТЕМА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА**

(57) Реферат:

В заявке предлагается система термостабилизации высокоскоростного шпиндельного узла металлорежущего станка, содержащая шпиндель, установленный в корпусе на подшипниках качения, четырехвходовой сумматор, первый вход которого соединен с задатчиком напряжения, электроуправляемый маслораспылитель, выходное сопло которого размещено в корпусе, а управляющий вход связан с выходом блока управления. Шпиндель снабжен термодатчиком, соприкасающимся с наружным кольцом переднего подшипника шпинделя и соединенный со вторым входом сумматора, и тензодатчиком, встроенным в наружное кольцо переднего подшипника шпинделя. Система включает в себя формирователь импульсов и сглаживающий фильтр, входы которых соединены с тензодатчиком, частотомер, вход которого подключен к выходу формирователя импульсов. Отличительной особенностью системы является то, что к выходу частотомера подключены первый блок умножения на два и первая линия задержки, выходы которых соединены с первым компаратором; к выходу фильтра подключены второй блок умножения на два и вторая линия задержки, выходы которых соединены со вторым компаратором; выход первого компаратора подключен к третьему, а выход второго компаратора - к четвертому входам сумматора. Такие отличительные особенности делают предлагаемую систему более быстродействующей, чем прототип.

Предлагаемая полезная модель относится к области станкостроения и может быть использована в токарных, фрезерных и иных станках, работающих в широких диапазонах скоростей главного привода и нагрузок на него.

В настоящее время системы термостабилизации шпиндельных узлов, аналогичные предлагаемой, известны. К ним относится, в частности, система, описанная в книге «Станки с числовым программным управлением (специализированные) / под ред. В.А.Лещенко. - М.: Машиностроение, 1979, стр.111 - 112, рис.3.37 и 3.38». Указанная система содержит электрошпиндель, установленный в корпусе на подшипниках качения. Подшипники смазываются масляным туманом. Для этого имеется маслораспылитель, содержащий источник сжатого воздуха, резервуар с маслом, электропневматический клапан и выходное сопло. Источник воздуха соединен с резервуаром масла через электропневматический клапан, выходное сопло маслораспылителя размещено в корпусе шпиндельного узла, а вход (им является вход включения-выключения клапана) соединен с пусковой кнопкой электрошпинделя. При включении электрошпинделя электропневматический клапан срабатывает и сжатый воздух начинает подаваться через масляный резервуар в его корпус. При этом он захватывает из резервуара капли масла и через сопло распыляет их в корпусе, создавая масляный туман. Туман охлаждает подшипники шпинделя, что способствует повышению их долговечности.

Рассмотренная система довольно проста по конструкции, однако имеет существенный недостаток: интенсивность образования в ней масляного тумана постоянна и определяется первоначальной настройкой маслораспылителя. В связи с этим, при малой скорости вращения шпинделя и малой нагрузке на него подача масляного тумана в корпус узла может оказаться избыточной, а при высокой скорости и большой нагрузке - недостаточной. В первом случае работа системы будет неэкономичной, во втором случае будет происходить с перегревом подшипников, что уменьшит срок их службы.

Отмеченного недостатка, в определенной степени, лишена система термостабилизации шпиндельного узла, защищенная Патентом РФ №102553 от 10.03.2011 г., под названием «Высокоскоростной шпиндельный узел металлорежущего станка». Указанная система, принятая нами за прототип, действует более экономично, температура подшипников поддерживается ею более или менее постоянной, более точно, близко к заданной.

Достигается это за счет того, что высокоскоростной шпиндельный узел металлорежущего станка, содержащий шпиндель, установленный в корпусе на подшипниках качения, многовходной блок управления, первый вход которого соединен с задатчиком напряжения, электроуправляемый маслораспылитель, выходное сопло которого размещено в корпусе, а управляющий вход связан с выходом блока управления, термодатчик, соприкасающийся с наружным кольцом переднего подшипника шпинделя и соединенный со вторым входом блока управления, и тензодатчик, встроенный в наружное кольцо переднего подшипника шпинделя, имеет в своем составе также формирователь импульсов и сглаживающий фильтр, входы которых соединены с тензодатчиком, частотомер, вход которого подключен к выходу формирователя импульсов, а выход - к третьему входу блока управления, причем выход фильтра соединен с четвертым входом блока управления, а блок управления выполнен в виде сумматора напряжений.

Работа системы - прототипа происходит следующим образом. При вращении шпинделя тела вращения (шарики) подшипника создают пульсирующую нагрузку на тензодатчик. Тензодатчик выдает также пульсирующий сигнал напряжения, амплитуда которого пропорциональна нагрузке на подшипник, а частота - скорости его вращения. Проходя через сглаживающий фильтр, этот сигнал усредняется, в результате чего нагрузка  $P$  теперь отображается уровнем сигнала  $E \cdot P$  на выходе фильтра. Проходя через формирователь импульсов, сигнал от тензодатчика из приблизительно синусоидального пульсирующего преобразуется в последовательность прямоугольных импульсов, частоту которых теперь можно надежно подсчитать. Поступая на частотомер, эти импульсы создают на его выходе сигнал  $D \cdot \omega$ , уровень которого отображает скорость со вращения подшипника. Одновременно с этим термодатчик выдает сигнал  $F \cdot t$ , уровень которого отображает температуру  $t$  подшипника ( $D, E, F$  - коэффициенты пропорциональности). Все эти сигналы поступают на сумматор и суммируются им. На этот же сумматор подается сигнал  $U_3$  от задатчика напряжения, которым задается минимально допустимая производительность маслораспылителя. В результате на выходе сумматора получается сигнал  $U_y = D \cdot \omega + E \cdot P + F \cdot t + U_3$ . Сигнал  $U_y$  поступает на маслораспылитель и обеспечивает его производительность  $Q$ . Чем больше  $U_y$ , тем больше  $Q$ . А чем больше  $Q$ , тем лучше охлаждаются подшипники шпиндельного узла и тем меньше температура  $t$ . Иначе говоря, чем больше некоторая величина  $C \cdot U_y$ , тем меньше  $t$  (здесь  $C$  - коэффициент пропорциональности, подобный  $D, E, F$ ). Если учесть, что

чем больше  $\omega$ , тем больше  $t$ , и чем больше  $P$ , тем также больше  $t$ , то в общем виде можно записать  $t=A\cdot\omega+B\cdot P-C\cdot U_y$ , где  $A$  и  $B$  - коэффициенты пропорциональности, аналогичные  $C$ . Подставив в формулу для  $t$  величину  $U_y$ , получим

$$t = \frac{(A - C - D) \cdot \omega + (B - C - E) \cdot P - C \cdot U_3}{1 + C \cdot F}$$

Из этой формулы следует, что при неизменном  $U_3$  и изменении  $\omega$  на  $\Delta\omega$  и  $P$  на  $\Delta P$ , величина  $t$  изменится на

$$\Delta t = \frac{(A - C \cdot D) \cdot \Delta\omega + (B - C \cdot E) \cdot \Delta P}{1 + C \cdot F} \quad (1)$$

То есть, если при работе шпиндельного узла скорость вращения шпинделя или/и нагрузка увеличатся, соответственно, на  $\Delta\omega$  или/и на  $\Delta P$ , то  $t$  возрастет на  $\Delta t$ , а если они уменьшатся, то уменьшится на  $\Delta t$  и  $t$ .

Величина  $\Delta t$  - есть погрешность стабилизации температуры шпиндельного узла, обеспечиваемая системой. Она не равна нулю, но при одних и тех же значениях  $\Delta\omega$  и  $\Delta P$  существенно меньше, чем у системы - аналога.

Вместе с тем, система - прототип имеет существенный недостаток - она обладает низким быстродействием. В связи с этим, задачей разработки предлагаемой полезной модели является повышение быстродействия системы термостабилизации шпиндельного узла металлорежущего станка при той же точности стабилизации.

Достигается решение поставленной задачи за счет того, что система термостабилизации шпиндельного узла металлорежущего станка, содержащая шпиндель, установленный в корпусе на подшипниках качения, сумматор напряжений, первый вход которого соединен с датчиком напряжения, электроуправляемый маслораспылитель, выходное сопло которого размещено в корпусе, а управляющий вход связан с выходом сумматора, термодатчик, соприкасающийся с наружным кольцом переднего подшипника шпинделя и соединенный со вторым входом сумматора, тензодатчик, встроенный в наружное кольцо переднего подшипника шпинделя, формирователь импульсов и сглаживающий фильтр, входы которых соединены с тензодатчиком, частотомер, вход которого подключен к выходу формирователя импульсов, снабжена первым и вторым блоками умножения на два, первой и второй линиями задержки и первым и вторым компараторами, причем выход частотомера соединен со входами первого блока умножения и первой линии задержки, выходы которых соединены со входами первого компаратора, выход сглаживающего фильтра соединен со входами второго блока умножения и второй линии задержки, выходы которых соединены со входами второго компаратора, а выходы компараторов соединены с третьим и четвертым входами сумматора.

На рис.1 приведена схема предлагаемой системы, на рис.2 - схема расположения термодатчика и тензодатчика относительно переднего подшипника шпинделя, на рис.3 - временная диаграмма сигналов напряжения при вращении шпинделя на выходах тензодатчика, сглаживающего фильтра и формирователя импульсов.

Как видно из рисунков, система термостабилизации состоит из корпуса 1, в котором на подшипниках качения (на рисунке показан только передний подшипник 2) установлен шпиндель 3. В корпусе 1 в соприкосновении с подшипником 2 размещен термодатчик 4, а в наружное кольцо подшипника 2 встроен тензодатчик 5. Последний установлен в кольцевой проточке 6, выполненной в наружном кольце так, как это показано на рисунке 2, что является типовым способом установки тензодатчиков в подобных случаях (М.С.Городецкий, Д.Л.Ведянский. Контроль и диагностика в ГПС. - М.: Высшая школа, 1989, рис.31). Выход тензодатчика 5 соединен со входами формирователя импульсов 7 и сглаживающего фильтра 8. При этом выход формирователя связан со входом частотомера 9, выход термодатчика 4 соединен со вторым входом сумматора 10. К первому же входу блока 10 подключен датчик напряжения 11, к выходу блока 10 подключен управляющий вход электроуправляемого маслораспылителя 12, а выходное сопло маслораспылителя подключено к корпусу 1 шпиндельного узла, а именно, размещено в нем. Для настройки устройства (согласования сигналов от частотомера 9, фильтра 8 и термодатчика 4) фильтр и термодатчик могут быть соединены с блоком 10 (сумматором) соответственно через усилители 13 и 14 с регулируемыми коэффициентами усиления. Однако применение этих усилителей не обязательно - параметры выходных сигналов частотомера, фильтра и термодатчика могут быть согласованы и при изготовлении всей системы термостабилизации.

Помимо описанного, система содержит первый 15 и второй 16 блоки умножения на два, первую 17 и вторую 18 линии задержки, первый 19 и второй 20 компараторы. Выход частотомера 9 соединен со входами блока умножения 15 и линии задержки 17,

выходы которых соединены со входами компаратора 19 (выход блока 15 - с суммирующим входом, а выход линии задержки 17 - с вычитающим), выход сглаживающего фильтра 8 соединен со входами блока 16 и линии задержки 18, выходы которых соединены со входами компаратора 20 (выход блока 16 - с суммирующим входом, выход линии задержки 18 - с вычитающим), выход компаратора 19 соединен с третьим входом сумматора 10, а выход компаратора 20 - с его четвертым входом.

Работа предлагаемой системы происходит следующим образом. При вращении шпинделя 3 тела вращения (шарики) подшипника 4 создают пульсирующую нагрузку на тензодатчик 5. Тензодатчик выдает также пульсирующий сигнал напряжения, амплитуда которого пропорциональна нагрузке на подшипник, а частота - скорости его вращения. Проходя через сглаживающий фильтр 8, этот сигнал усредняется, в результате чего нагрузка  $P$  теперь отображается уровнем сигнала  $E \cdot P$  на выходе фильтра. Этот сигнал поступает на блок 16 умножения на два, что дает на его выходе сигнал  $2 \cdot E \cdot P$  или, что то же самое,  $E \cdot P + E \cdot P$ . Кроме того, сигнал  $E \cdot P$  поступает на линию задержки 18, где задерживается на время  $d$ . Далее, с выхода линии задержки 18 он поступает на вычитающий вход компаратора 20. На суммирующий вход компаратора 20 поступает же сигнал  $E \cdot P + E \cdot P$ . Это создает на выходе компаратора 20 сигнал, имеющий смысл

$$E \cdot P + E \cdot \frac{dP}{dt}, \text{ где } \frac{dP}{dt} - \text{приращение сигнала } P \text{ за время}$$

$dt$ . Это приращение, по сути, есть первая производная  $P$ , то есть скорость его изменения. От компаратора 20 сигнал поступает на четвертый вход сумматора 10. Одновременно с этим, сигнал тензодатчика 5 проходит через формирователь импульсов 7 и дальше на частотомер 9. На выходе частотомера возникает сигнал  $D \cdot \omega$ , уровень которого отображает скорость со вращения подшипника 2. Сигнал  $D \cdot \omega$  поступает на блок 15 умножения на два и на его выходе появляется сигнал  $2 \cdot D \cdot \omega = D \cdot \omega + D \cdot \omega$ , который подается на суммирующий вход компаратора 19. Поскольку сигнал  $D \cdot \omega$  поступает также на линию задержки 17, и подается на вычитающий вход компаратора 19 с задержкой на время  $dt$ , на выходе компаратора 19 будет сигнал, имеющий смысл

$$D \cdot \omega + D \cdot \frac{d\omega}{dt}, \text{ где } \frac{d\omega}{dt} \text{ по существу, есть скорость изменения } \omega.$$

Этот сигнал поступает на третий вход сумматора 10. Наряду с описанным, на выходе термодатчика 4 при работе системы имеется сигнал  $F \cdot t$ , уровень которого отображает температуру  $t$  подшипника 2 ( $D, E, F$  - коэффициенты пропорциональности). Этот сигнал поступает на второй вход сумматора 10. На этот же сумматор (на его первый вход) подается сигнал  $U_z$  от датчика напряжения 11, которым задается минимально допустимая производительность маслораспылителя 12. В результате на выходе сумматора 10 получается сигнал

$$U_y = D \cdot \omega + D \cdot \frac{d\omega}{dt} + E \cdot P + E \cdot \frac{dP}{dt} + F \cdot t + U_z$$

Сигнал  $U_y$  поступает на маслораспылитель 12 и обеспечивает его производительность  $Q$ . Чем больше  $U_y$ , тем больше  $Q$ . А чем больше  $Q$ , тем лучше охлаждаются подшипники шпиндельного узла и тем меньше температура  $t$ . Иначе говоря, чем больше некоторая величина  $C \cdot U_y$ , тем меньше  $t$  (здесь  $C$  - коэффициент пропорциональности, подобный  $D, E, F$ ). Если учесть, что чем больше  $\omega$ , тем больше  $t$ , и чем больше  $P$ , тем также больше  $t$ , то в общем виде можно записать  $t = A \cdot \omega + B \cdot P - C \cdot U_y$ , где  $A$  и  $B$  - коэффициенты пропорциональности, аналогичные  $C$ . Подставив в эту формулу величину  $U_y$ , получим

$$t = \frac{(A - C \cdot D) \cdot \omega + (B - C \cdot E) \cdot P - C \cdot (D \cdot \frac{d\omega}{dt} + E \cdot \frac{dP}{dt}) - C U_z}{1 + C \cdot F}$$

Из этой формулы следует, что при неизменных  $U_z$ , скорости изменения  $\omega$  (величины  $\frac{d\omega}{dt}$ ) и скорости изменения  $P$  нагрузки на передний подшипник

шпиндельного узла (величины  $\frac{dP}{dt}$ ), величина  $t$  изменится на

$$\Delta t = \frac{(A - C \cdot D) \Delta \omega + (B - C \cdot E) \Delta P}{1 + C \cdot F}, \quad (2)$$

если  $\omega$  изменится на  $\Delta \omega$ , а  $P$  изменится на  $\Delta P$ . Это то же самое, что и у прототипа (см. формулу (1)). То есть, точность предлагаемой системы оказывается такой же как прототипа. Но быстродействие предлагаемой системы будет больше, чем у прототипа.

Это легко показать следующим образом, полагая, что быстродействие системы есть скорость изменения  $t$  при изменении  $\omega$  и  $P$ . Но скорость изменения  $t$  есть его первая

производная  $\dot{\gamma} = \frac{dt}{d\tau}$ . Поэтому, (полагая  $U_3 = \text{const}$ ), продифференцировав  $t$  для

прототипа, получим:

$$\dot{\gamma}^* = \frac{dt}{d\tau} = \frac{A - C \cdot D}{1 + C \cdot F} \cdot \frac{d\omega}{d\tau} + \frac{B - C \cdot E}{1 + C \cdot F} \cdot \frac{dP}{dt}$$

Та же операция для предлагаемой системы дает:

$$\dot{\gamma}^{**} = \frac{dt}{d\tau} = \frac{A - C \cdot D}{1 + C \cdot F} \cdot \frac{d\omega}{d\tau} + \frac{B - C \cdot E}{1 + C \cdot F} \cdot \frac{dP}{dt} - \frac{C \cdot (D \frac{d^2\omega}{d\tau^2} + E \frac{d^2P}{dt^2})}{1 + C \cdot F}$$

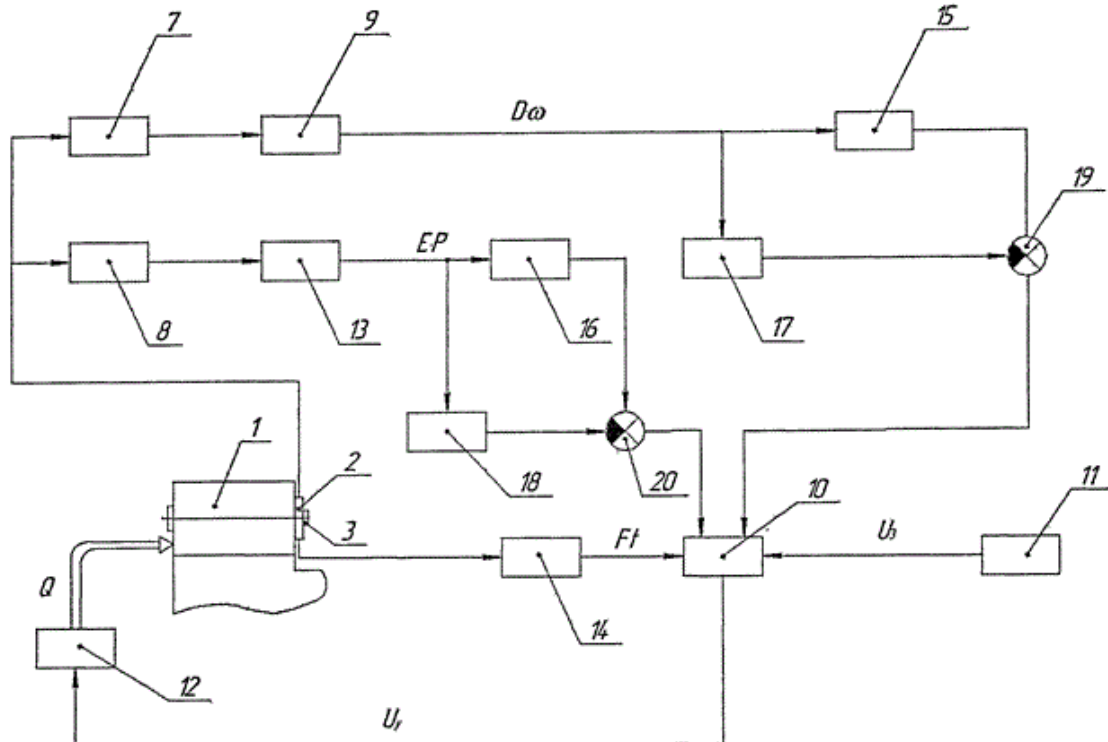
Разность

$$\Delta\dot{\gamma} = \dot{\gamma}^{**} - \dot{\gamma}^* = - \frac{C \cdot (D \frac{d^2\omega}{d\tau^2} + E \frac{d^2P}{dt^2})}{1 + C \cdot F}$$

Она показывает, что быстродействие предлагаемой системы оказывается действительно выше, чем у прототипа. Знак «минус» перед правой частью  $\Delta\dot{\gamma}$  при этом говорит о том, что в случае увеличения скорости изменения  $\omega$  и  $P$  скорость увеличения  $t$  уменьшается. То есть, предлагаемая система быстрее решает задачу стабилизации температуры, в чем как раз и состоит технический результат разработки и ее полезный эффект в сравнении с прототипом.

#### Формула полезной модели

Система термостабилизации шпиндельного узла металлорежущего станка, установленного в корпусе на подшипниках качения, содержащая сумматор напряжений, первый вход которого соединен с задатчиком напряжения, электроуправляемый маслораспылитель, выходное сопло которого размещено в корпусе, а управляющий вход связан с выходом сумматора, термодатчик, соприкасающийся с наружным кольцом переднего подшипника шпинделя и соединенный со вторым входом сумматора, тензодатчик, встроенный в наружное кольцо переднего подшипника шпинделя, формирователь импульсов и сглаживающий фильтр, входы которых соединены с тензодатчиком, частотомер, вход которого подключен к выходу формирователя импульсов, отличающаяся тем, что она снабжена первым и вторым блоками умножения на два, первой и второй линиями задержки и первым и вторым компараторами, причем выход частотомера соединен со входами первого блока умножения и первой линии задержки, выходы которых соединены со входами первого компаратора, выход сглаживающего фильтра соединен со входами второго блока умножения и второй линии задержки, выходы которых соединены со входами второго компаратора, выход первого компаратора соединен с третьим входом сумматора, а выход второго компаратора соединен с четвертым входом сумматора.

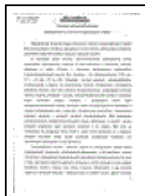


## ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

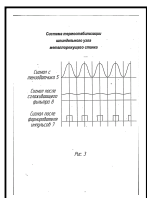
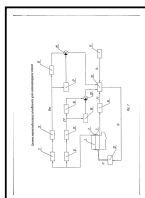
Реферат:



Описание:



Рисунки:



## ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **29.11.2012**

Дата публикации: [20.09.2013](#)