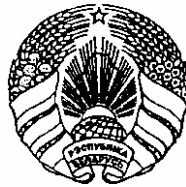


# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 8621

(13) С1

(46) 2006.10.30

(51)<sup>7</sup> В 23Q 15/00,  
В 23F 5/12

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИВодОВ ШПИНДЕЛЯ И ДЕЛИТЕЛЬНОГО СТОЛА ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА

(21) Номер заявки: а 20010518

(22) 2001.06.11

(43) 2002.12.30

(71) Заявитель: Полоцкий государственный университет (ВУ)

(72) Автор: Голембиевский Анатолий Иосифович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Полоцкий государственный университет (ВУ)

(56) SU 1366360 A1, 1988.

RU 2025257 C1, 1994.

RU 2076023 C1, 1997.

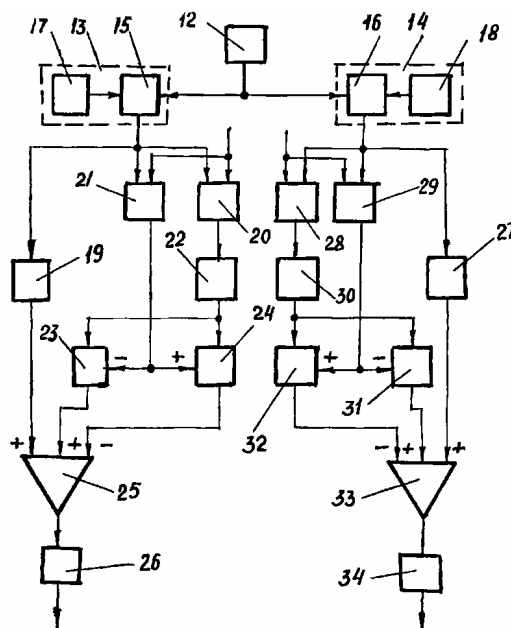
SU 1273217 A1, 1986.

EP 0382029 A1, 1990.

JP 2106187 A, 1990.

(57)

Устройство для синхронизации приводов шпинделя и делительного стола зубодолбежного станка, содержащее два импульсных измерительных преобразователя, установленных на шпинделе и делительном столе, первый и второй делители частоты, блок круговой подачи делительного стола, первый фазовый дискриминатор, первый импульсно-аналоговый преобразователь, первый и второй усилители мощности, выход первого делителя частоты соединен с входом блока круговой подачи делительного стола и первым входом первого фазового дискриминатора, соединенного своим вторым входом с импульсным измерительным преобразователем, установленным на делительном столе, а выходом - с входом первого импульсно-аналогового преобразователя, выходы усилителей



Фиг. 2

ВУ 8621 С1 2006.10.30

## ВУ 8621 С1 2006.10.30

мощности соединены с управляемыми электродвигателями, кинематически связанными со шпинделем и делительным столом, отличающееся тем, что содержит эталонный генератор, блок круговой подачи шпинделя, второй фазовый дискриминатор, первый и второй знаковые дискриминаторы, второй импульсно-аналоговый преобразователь, первый и второй аналоговые ключи, управляемые отрицательным потенциалом, первый и второй аналоговые ключи, управляемые положительным потенциалом, первый и второй параллельные сумматоры, выход эталонного генератора соединен со входами первого и второго делителей частоты, выход первого делителя частоты соединен с первым входом первого знакового дискриминатора, соединенного своим вторым входом с импульсным измерительным преобразователем, установленным на делительном столе, а выходом - с управляющими входами первого аналогового ключа, управляемого отрицательным потенциалом, и первого аналогового ключа, управляемого положительным потенциалом, аналоговые входы которых соединены с выходом первого импульсно-аналогового преобразователя, а выходы - соответственно со вторым входом сложения и входом вычитания первого параллельного сумматора, соединенного своим первым входом сложения с выходом блока круговой подачи делительного стола, а выходом - с первым усилителем мощности, выход второго делителя частоты соединен со входом блока круговой подачи шпинделя и первыми входами второго фазового и второго знакового дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем, установленным на шпинделе, выход второго фазового дискриминатора соединен со входом второго импульсно-аналогового преобразователя, выход второго знакового дискриминатора соединен с управляющими входами второго аналогового ключа, управляемого отрицательным потенциалом, и второго аналогового ключа, управляемого положительным потенциалом, аналоговые входы которых соединены с выходом второго импульсно-аналогового преобразователя, а выходы - соответственно со вторым входом сложения и входом вычитания второго параллельного сумматора, соединенного своим первым входом сложения с выходом блока круговой подачи шпинделя, а выходом - со вторым усилителем мощности.

---

Изобретение относится к станкостроению и может быть использовано в зубодолбежных станках с программным управлением для обработки зубчатых колес зуборезными долбьяками.

Известно устройство для синхронизации приводов шпинделя и делительного стола зубодолбежного станка [1], выполненное в виде настраиваемой кинематической цепи обката, соединяющей делительные червячные передачи, червячные колеса которых смонтированы на шпинделе и делительном столе. При зубодолблении известное устройство воспроизводит станочное зацепление долбяк - заготовка, необходимое для образования профиля зубчатого колеса. Соотношение круговых подач исполнительных звеньев - шпинделя и делительного стола - определяется передаточным отношением пары долбяк - заготовка  $Z_n / Z_1$ , где  $Z_n$  - число зубьев долбяка,  $Z_1$  - число нарезаемых зубьев.

Известное устройство является источником кинематических погрешностей и вибраций, так как состоит из механических передач. В итоге не обеспечивается возможность получения зубчатых колес наиболее точных квалитетов. Другим недостатком данного устройства является повышенный шум при его работе.

Указанные недостатки устранены в устройстве для синхронизации приводов шпинделя и делительного стола зубодолбежного станка, выполненном на основе интегральных схем [2]. Это устройство включает первый и второй импульсные измерительные преобразователи, установленные на шпинделе и делительном столе и соединенные соответственно с входами первого и второго делителей частоты, каждый из которых выполнен в виде

## ВУ 8621 С1 2006.10.30

счетчика и соединенного с ним блока установки коэффициента деления, выполняющего функцию задания передаточного отношения в станочной системе. Выход первого делителя частоты соединен с входом блока круговой подачи делительного стола и первым входом фазового дискриминатора, соединенного вторым входом с выходом второго делителя частоты. Выход фазового дискриминатора через импульсно-аналоговый преобразователь соединен со вторым входом сумматора, первый вход которого соединен с выходом блока круговой подачи делительного стола. Выход сумматора соединен через усилитель мощности с управляемым электродвигателем, кинематически связанным с червячной передачей делительного стола. Червячная передача шпинделя кинематически связана с управляемым электродвигателем, соединенным через усилитель мощности с задатчиком круговой подачи шпинделя.

Шпиндель является задающей координатой станочного зацепления долбяк - заготовка. Его круговая подача (частота вращения) устанавливается задатчиком. Делительный стол является ведомой координатой.

При работе станка первый импульсный измерительный преобразователь вырабатывает импульсный сигнал, пропорциональный частоте круговой подачи шпинделя. Этот сигнал поступает на вход первого делителя частоты, где происходит его деление в соответствии с передаточным отношением пары долбяк - заготовка, заданным на блоке установки коэффициента деления. Импульсный сигнал с выхода первого делителя частоты, пропорциональный круговой подаче делительного стола, поступает на вход блока круговой подачи (частоты вращения) делительного стола. На выходе этого блока образуется аналоговый сигнал, пропорциональный частоте входного сигнала. Аналоговый сигнал после прохождения сумматора и усилителя мощности сообщается управляемому электродвигателю, который через червячную передачу сообщает движение круговой подачи делительному столу - ведомой координате станочного зацепления. В итоге такого взаимодействия элементов устройства осуществляется отслеживающая синхронизация движений исполнительных органов: шпиндель - делительный стол - с передаточным отношением, приведенным выше.

Одновременно для повышения точности профилирования устраняется девиация механики ведомой координаты. Второй импульсный измерительный преобразователь вырабатывает импульсный сигнал, пропорциональный действительной круговой подаче делительного стола в каждый момент времени. Этот сигнал через второй делитель частоты поступает на второй вход фазового дискриминатора, где происходит его сравнение с заданным сигналом. На выходе фазового дискриминатора образуется сигнал абсолютной погрешности. Этот сигнал после преобразования в импульсно-аналоговом преобразователе поступает на второй вход сумматора для коррекции задающего сигнала, действующего на его первом входе.

В описанном устройстве задающий сигнал для ведомой координаты образуется в результате деления высокочастотного импульсного сигнала - аналога круговой подачи, задающей координаты на передаточное отношение  $Z_n / Z_1$ . Такое деление возможно только в случае, когда число зубьев долбяка  $Z_n$  равно или меньше числа нарезаемых зубьев  $Z_1$ . Это ограничивает технические возможности устройства, так как не обеспечивает возможность использования долбяков с числом зубьев, большим числа зубьев обрабатываемого колеса, и, следовательно, является недостатком.

Задача, решаемая изобретением, - расширение технических возможностей устройства за счет обеспечения профилирования зубчатых колес долбяками с числом зубьев, большим, равным или меньшим числа нарезаемых зубьев.

Решение поставленной задачи достигается тем, что известное устройство для синхронизации приводов шпинделя и делительного стола зубодолбежного станка, содержащее

## ВУ 8621 С1 2006.10.30

импульсные измерительные преобразователи, установленные на шпинделе и делительном столе, первый и второй делители частоты, блок круговой подачи делительного стола, первый фазовый дискриминатор, первый импульсно-аналоговый преобразователь, первый и второй усилители мощности, выход первого делителя частоты соединен с входом блока круговой подачи делительного стола и первым входом первого фазового дискриминатора, соединенного своим вторым входом с импульсным измерительным преобразователем, установленным на делительном столе, а выходом - с входом первого импульсно-аналогового преобразователя, выходы усилителей мощности соединены с управляемыми электродвигателями, кинематически связанными со шпинделем и делительным столом, снабжено эталонным генератором, блоком круговой подачи шпинделя, вторым фазовым дискриминатором, первым и вторым знаковыми дискриминаторами, вторым импульсно-аналоговым преобразователем, первым и вторым аналоговыми ключами, управляемыми отрицательным потенциалом, первым и вторым аналоговыми ключами, управляемыми положительным потенциалом, первым и вторым параллельными сумматорами, выход эталонного генератора соединен с входами первого и второго делителей частоты, выход первого делителя частоты соединен с первым входом первого знакового дискриминатора, соединенного своим вторым входом с импульсным измерительным преобразователем, установленным на делительном столе, а выходом - с управляющими входами первого аналогового ключа, управляемого отрицательным потенциалом, и первого аналогового ключа, управляемого положительным потенциалом, аналоговые входы этих ключей соединены с выходом первого импульсно-аналогового преобразователя, а выходы - соответственно с вторым входом сложения и входом вычитания первого параллельного сумматора, соединенного своим первым входом сложения с выходом блока круговой подачи делительного стола, а выходом - с первым усилителем мощности, выход второго делителя частоты соединен с входом блока круговой подачи шпинделя и первыми входами второго фазового и второго знакового дискриминаторов, вторые входы этих дискриминаторов соединены с импульсным измерительным преобразователем, установленным на шпинделе, выход второго фазового дискриминатора соединен с входом второго импульсно-аналогового преобразователя, выход второго знакового дискриминатора соединен с управляющими входами второго ключа, управляемого отрицательным потенциалом, и второго ключа, управляемого положительным потенциалом, аналоговые входы этих ключей соединены с выходом второго импульсно-аналогового преобразователя, а выходы - соответственно с вторым входом сложения и входом вычитания второго параллельного сумматора, соединенного своим первым входом сложения с выходом блока круговой подачи шпинделя, а выходом - с вторым усилителем мощности.

При описанном выполнении изобретения высокочастотный импульсный сигнал с эталонного генератора поступает на входы первого и второго делителей частоты, где происходит его деление в соответствии с передаточным отношением пары долбяк - заготовка. В итоге на выходах делителей частоты появляются импульсные сигналы, пропорциональные круговым подачам шпинделя и делительного стола. Сигнал с выхода первого делителя частоты преобразуется в аналоговую форму, пропорциональную частоте, в блоке круговой подачи делительного стола, с выхода которого он поступает через первый параллельный сумматор и первый усилитель мощности на управляемый электродвигатель делительного стола. Параллельно сигнал с выхода второго делителя частоты преобразуется в аналоговую форму в блоке круговой подачи шпинделя и затем через второй параллельный сумматор и второй усилитель мощности сообщается управляемому электродвигателю шпинделя. В итоге исполнительные звенья устройства - шпиндель и делительный стол - получают круговые подачи (вращательные движения) синхронно в соответствии с заданным передаточным отношением и, следовательно, обеспечивают профилирование зубьев

## ВУ 8621 С1 2006.10.30

обрабатываемой заготовки. При этом, в связи с тем что импульсный сигнал с эталонного генератора параллельно делится в обоих делителях частоты, обеспечивается возможность профилирования зубчатых колес долбяками с числом зубьев, большим, равным и меньшим числа нарезаемых зубьев.

На фиг. 1 приведена схема приводов шпинделя и делительного стола; на фиг. 2 - блок-схема функциональных связей приводов.

Управляемый электродвигатель 1 кинематически связан с червячной передачей 2, смонтированной на шпинделе 3, несущем долбяк 4. Шпиндель 3 установлен с возможностью вращения в гильзе 5, совершающей при работе станка поступательно-возвратное движение. На шпинделе 3 установлен импульсный измерительный преобразователь 6.

Управляемый электродвигатель 7 кинематически связан с червячной передачей 8, смонтированной на делительном столе 9, на который при работе станка устанавливается заготовка 10. На делительном столе 9 установлен импульсный измерительный преобразователь 11.

Общим задатчиком для обеих координат - шпинделя и делительного стола - является эталонный генератор 12, вырабатывающий задающий импульсный сигнал, частота которого превышает частоту импульсных сигналов - аналогов круговых подач (частот вращения) обеих координат. Эталонный генератор 12 соединен с входами первого 13 и второго 14 делителей частоты. Оба делителя частоты выполнены соответственно в виде счетчиков 15, 16 и соединенных с ними блоков установки коэффициентов деления 17 и 18, функция которых - установка передаточного отношения пары долбяк - заготовка  $Z_n / Z_1$ .

Выход первого делителя частоты 15 соединен с входом блока круговой подачи 19 делительного стола и первыми входами первого фазового 20 и первого знакового 21 дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем 11, установленным на делительном столе. Выход первого фазового дискриминатора 20 соединен с входом первого импульсно-аналогового преобразователя 22, соединенного своим выходом с аналоговыми входами первого аналогового ключа 23, управляемого отрицательным потенциалом, и первого аналогового ключа 24, управляемого положительным потенциалом. Управляющие входы аналоговых ключей 23 и 24 соединены с выходом первого знакового дискриминатора 21. Выход блока 19 круговой подачи делительного стола соединен с первым входом сложения параллельного сумматора 25, у которого второй вход сложения и вход вычитания соединены соответственно с выходом первого аналогового ключа 23, управляемого отрицательным потенциалом, и с выходом первого аналогового ключа 24, управляемого положительным потенциалом. Выход первого параллельного сумматора 25 через первый усилитель мощности 26 соединен с управляемым электродвигателем 7.

Выход второго делителя частоты 16 соединен с входом блока 27 круговой подачи шпинделя и первыми входами второго фазового 28 и второго знакового 29 дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем 6, установленным на шпинделе. Выход второго фазового дискриминатора 28 соединен с входом второго импульсно-аналогового преобразователя 30, соединенного своим выходом с аналоговыми входами второго аналогового ключа 31, управляемого отрицательным потенциалом, и второго аналогового ключа 32, управляемого положительным потенциалом. Управляющие входы аналоговых ключей 31 и 32 соединены с выходом второго знакового дискриминатора 29. Выход блока 27 круговой подачи шпинделя соединен с первым входом сложения второго параллельного сумматора 33, у которого второй вход сложения и вход вычитания соединены соответственно с выходом второго аналогового ключа 31, управляемого отрицательным потенциалом, и с выходом второго аналогового ключа 32, управляемого положительным потенциалом. Выход второго параллельного сумматора 33 через второй усилитель мощности 34 соединен с электродвигателем 1.

# ВУ 8621 С1 2006.10.30

Блоки круговых подач 19 делительного стола и 27 шпинделя выполнены одинаково по схеме частота-напряжение. В этих блоках сигналы с соответствующих делителей частоты преобразуются в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. Функциональное назначение в устройстве - задание круговых подач (частот вращения) исполнительных элементов станочного зацепления: шпинделя и делительного стола.

При наладке устройства посредством блоков 17 и 18 установки коэффициентов деления задаются частоты импульсных сигналов на выходах счетчиков соответственно 15 и 16 делителей частоты пропорционально передаточному отношению пары долбяк - заготовка  $Z_n / Z_1$ .

Устройство работает следующим образом. Эталонный генератор 12 вырабатывает задающий высокочастотный импульсный сигнал. Этот сигнал поступает на счетчики 15 и 16 первого и второго делителей частоты 13 и 14, в которых происходит деление задающего сигнала в соответствии с коэффициентами деления, заданными на блоках 17 и 18.

Импульсный сигнал с выхода первого делителя частоты 13 поступает на вход блока 19 круговой подачи делительного стола, где происходит его преобразование в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. С выхода блока 19 сигнал через первый вход сложения - выход первого параллельного сумматора 25 и первый усилитель мощности 26 сообщается управляемому электродвигателю 7, который посредством червячной передачи 8 сообщает вращательное движение  $V_2$  делительному столу 9 с круговой подачей, пропорциональной частоте сигнала на выходе первого делителя частоты 13. Синхронно с выхода второго делителя частоты 14 сигнал поступает на вход блока 27 круговой подачи шпинделя, где происходит преобразование импульсного сигнала в напряжение, пропорциональное частоте. Выходной сигнал с блока 27 через первый вход сложения - выход второго параллельного сумматора 33 и второй усилитель мощности 34 сообщается управляемому электродвигателю 1, который посредством червячной передачи 2 приводит во вращательное движение  $V_1$  шпиндель 3 с круговой подачей, пропорциональной частоте сигнала на выходе второго делителя частоты 14.

В итоге описанного прохождения сигнала от общего задатчика - эталонного генератора 12 к обеим координатам станочного зацепления - шпинделю 3 и делительному столу 9 - происходит профилирование обрабатываемой заготовки.

Одновременно обеспечивается устранение девиации механики обеих координат посредством коррекции сигналов управления электродвигателями, действующих на выходах первого 25 и второго 33 параллельных сумматоров.

На первых входах первого фазового 20 и первого знакового 21 дискриминаторов постоянно действует импульсный сигнал с выхода первого делителя частоты 13. На вторые входы этих дискриминаторов поступает вырабатываемый импульсным измерительным преобразователем 11 импульсный сигнал, соответствующий мгновенному значению действительной круговой подачи делительного стола 9. В обоих дискриминаторах непрерывно происходит сравнение задающего сигнала с сигналом о действительном мгновенном положении делительного стола. В результате на выходе первого фазового дискриминатора 20 образуется сигнал абсолютной погрешности, который после преобразования в первом импульсно-аналоговом преобразователе 22 поступает на аналоговые входы первого аналогового ключа 23, управляемого отрицательным потенциалом, и первого аналогового ключа 24, управляемого положительным потенциалом. На выходе первого знакового дискриминатора 21 образуется отрицательный потенциал при отставании делительного стола 9 от заданного значения и положительный потенциал при опережении. Этот сигнал поступает на управляющие входы аналоговых ключей 23, 24 и открывает один из них. При открывании первого аналогового ключа 23, управляемого отрицательным потенциалом,

## ВУ 8621 С1 2006.10.30

сигнал с его выхода поступает на второй вход сложения первого параллельного сумматора 25, а при открывании первого аналогового ключа 24, управляемого положительным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на вход вычитания первого параллельного сумматора 25. В первом параллельном сумматоре 25 в зависимости от знака погрешности происходит увеличение или уменьшение сигнала, действующего на его первом входе сложения, т.е. происходит его двухсторонняя автоматическая коррекция (регулирование) относительно заданного номинального значения.

Аналогично осуществляется коррекция управляющего сигнала, действующего на выходе второго параллельного сумматора 33. На первых входах второго фазового 28 и второго знакового 29 дискриминаторов постоянно действует импульсный сигнал с выхода второго делителя частоты 14. На вторые входы этих дискриминаторов поступает вырабатываемый импульсным измерительным преобразователем 6 импульсный сигнал - аналог действительной круговой подачи шпинделя. В обоих дискриминаторах непрерывно происходит сравнение сигналов, действующих на их входах. В итоге на выходе второго фазового дискриминатора 28 образуется сигнал абсолютной погрешности, который после преобразования во втором импульсно-аналоговом преобразователе 30 поступает на аналоговые входы второго аналогового ключа 31, управляемого отрицательным потенциалом, и второго аналогового ключа 32, управляемого положительным потенциалом. На выходе второго знакового дискриминатора 29 образуется отрицательный или положительный потенциал соответственно при отставании или при опережении шпинделя от значения, определяемого управляющим сигналом, действующим на первом входе сложения второго параллельного сумматора 33. Сигнал с выхода второго знакового дискриминатора 29 поступает на управляющие входы аналоговых ключей 31 и 32. При открывании второго аналогового ключа 31, управляемого отрицательным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на вход сложения второго параллельного сумматора 33, а при открывании второго аналогового ключа 32, управляемого положительным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на вход вычитания этого сумматора. Во втором параллельном сумматоре 33 в зависимости от знака погрешности происходит увеличение или уменьшение сигнала, действующего на его первом входе сложения, т.е. происходит коррекция управляющего сигнала относительно номинального значения.

Таким образом, обеспечивается синхронизация приводов шпинделя и делительного стола, воспроизводящих станочное зацепление, соответствующее передаточному отношению пары долбяк - заготовка.

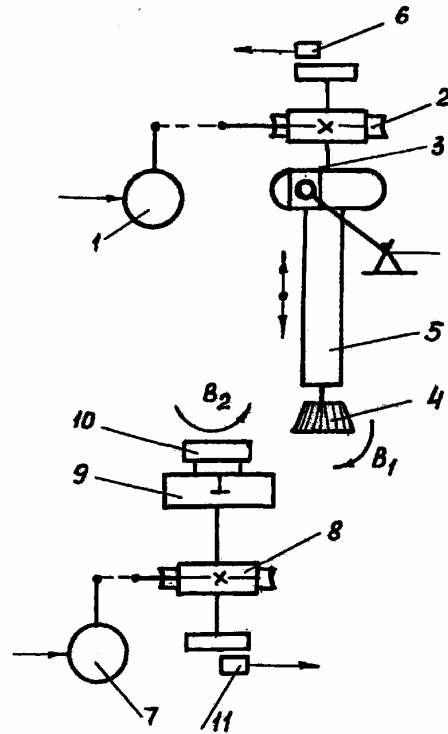
Изобретение по сравнению с прототипом обеспечивает возможность обработки зубчатых колес долбяками с числом зубьев, большим, равным или меньшим числа зубьев нарезаемого колеса. Достигается это тем, что управляемые электродвигатели обеих координат станочного зацепления - шпинделя и долбяка - работают от общего задатчика - эталонного генератора, высокочастотный импульсный сигнал которого делится в соответствующих делителях частоты пропорционально передаточному отношению пары долбяк - заготовка и после преобразования сообщается одновременно обоим управляемым электродвигателям. Одновременно автоматически устраняется девиация механики обеих координат по положению за счет автоматической коррекции сигналов, управляющих электродвигателями, посредством сравнения номинальных сигналов с сигналами - аналогами действительных круговых подач шпинделя и делительного стола.

Расширение технических возможностей устройства обеспечивает зубодолбежному станку более широкую универсальность. Следствием этого является более рациональное использование рабочих площадей станочного парка.

# ВУ 8621 С1 2006.10.30

Источники информации:

1. Металлорежущие станки / Под ред. В.Н. Тепинкичева. - М.: Машиностроение, 1973. - С. 134-140, рис. 99, 101.
2. А.с. СССР 1366360, МПК В23F 5/12, 1988 (прототип).



Фиг. 1