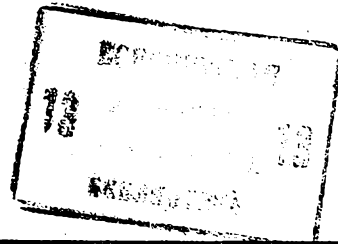




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3641124/24-24

(22) 05.09.83

(46) 23.01.85. Бюл. № 3

(72) Г.В.Логинов и А.В.Кузьмин

(71) Ульяновский политехнический институт

(53) 621.503.55(088.8)

(56) 1.Электропривод и автоматизация металлорежущих станков. Сб. под ред. А.С.Сандлер. М., "Высшая школа", 1972, с.132-133, рис.433.

2.Авторское свидетельство СССР № 978102, кл. G 05 B 19/18, 1981 (прототип).

3.Автоматизация типовых технологических процессов и промышленных установок. Сб. под ред. А.М.Корытина и др. Киев-Одесса, "Высшая школа", 1980, с.244-252.

(54) (57) УСТРОЙСТВО СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ, содержащее регистр, пульт оператора, подключенный первым выходом к первому запускаящему входу блока ввода и к синхронизирующим входам интерполятора и реверсивного счетчика импульсов, вторым входом - к первому входу сумматора, а третьими выходами - к установочным входам реверсивного счетчика импульсов и интерполятора, соединенного информационными выходами поперечной координаты с суммирующим и вычитающим входами реверсивного счетчика импульсов и с первыми входами шагового привода, информационными выходами продольной координаты - с вторыми входами шагового привода, информационным входом - с первым выходом

блока ввода, первым управляющим выходом - с вторым запускаящим входом блока ввода, а блокирующим входом - с выходом мультивибратора, подключенного входом к второму входу сумматора, дешифратор, первый блок элементов И, элемент ИЛИ, связанный выходом с входом блока управления автоматической коробкой скоростей, отличающееся тем, что, с целью расширения области применения устройства путем синхронизации вращения шпинделя станка и его подачи, в него введены управляемый генератор опорной частоты, цифроаналоговый преобразователь, второй блок элементов И и вычитающий блок, подключенный первым входом к входу мультивибратора и выходу дешифратора, вторым входом - к выходу регистра, а выходом через цифроаналоговый преобразователь - к входу управляемого генератора опорной частоты, соединенного выходом с управляющим входом интерполятора, причем вход дешифратора подключен к выходу реверсивного счетчика, синхронизирующий вход регистра - к первому управляющему выходу интерполятора, а установочный вход регистра - к выходу сумматора и к первому входу первого блока элементов И, связанного вторым входом с вторым выходом блока ввода и первым входом второго блока элементов И, а выходом - с первым входом элемента ИЛИ, подключенного вторым входом к выходу второго блока элементов И, соединенного вторым входом с вторым управляющим входом интерполятора.

Изобретение относится к автоматическому управлению и вычислительной технике и может быть использовано для программного управления работой токарно-винторезных станков со стабилизацией скорости резания.

Известна система автоматического поддержания постоянства скорости резания, содержащая потенциометрический датчик положения суппорта, подключенный к тахогенератору, вал которого механически связан с якорем двигателя, приводящим во вращение шпиндель станка, потенциометрический датчик положения суппорта подключен к входу усилителя, с которым соединен также задатчик начальной скорости двигателя шпинделя, а выход усилителя подключен к обмотке возбуждения шпинделя [1].

Однако эта система недостаточно надежна, так как в качестве датчика положения суппорта используется потенциометр, который является, как правило, многооборотным, располагается в непосредственной близости к зоне обработки деталей, что снижает его надежность.

Кроме того, эту систему нельзя использовать совместно с системами числового программного управления (ЧПУ) станками, так как существующие системы ЧПУ, как правило, не имеют датчиков положения суппорта, а установка потенциометрического датчика усложняет кинематику станка и требует применения дополнительных преобразований аналогового сигнала датчика в цифровой код, так как системы ЧПУ работают с двоичным кодом. Причем связь системы ЧПУ с системой автоматического поддержания постоянства скорости резания затруднена вследствие того, что при работе этой системы требуется ручная операция установки начальной скорости вращения шпинделя в зависимости от диаметров обрабатываемого изделия с помощью потенциометрического задатчика, а автоматизация этой операции представляет значительные технические трудности. При этом большинство существующих систем ЧПУ работает в комплексе со станками, оснащенными не регулируемые двигателями постоянного тока, а асинхронными двигателями переменного тока с автоматической коробкой скоростей (АКС), приводящими во вращение шпиндель станка, причем изменение скорости вращения шпинделя производится переключением ступеней АКС, управляемой двоичным кодом, а выходными сигналами известной системы, с помощью которого управляют скоростью вращения шпинделя станка, является напряжение, использование которого для управления АКС невозможно.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является система числового программного управления с постоянной скоростью резания для токарно-винторезных станков, содержащая пульт оператора, запускающий выход которого соединен с входом первоначального запуска устройства ввода и синхронизирующими входами интерполятора и реверсивного счетчика, выход координат нулевой точки пульта оператора подключен к установочным входам интерполятора и реверсивного счетчика, счетные входы которого присоединены к выходам поперечной координаты интерполятора, к которым подсоединены также один из входов усилителя шагового привода, другие входы которого связаны с продольной координатой интерполятора, информационный вход интерполятора соединен с информационным выходом устройства ввода, выход конца отработки кадра - с запускающим входом устройства ввода, вход опорной частоты - с выходом генератора разгона-торможения, вход остановки подач - с выходом блока определения изменения кода, выход скорости вращения шпинделя - с первым информационным входом управляемой схемы ИЛИ, управляющий вход которой подключен к управляющему выходу устройства ввода, выход реверсивного счетчика присоединен к входу дешифратора скорости, выход которого связан с входом блока определения изменения кода и с одним из входов сумматора, другой вход которого подключен к корректирующему выходу пульта оператора, выход сумматора соединен с вторым информационным входом управляющей схемы ИЛИ, выход которой присоединен к входу устройства управления автоматической коробкой скоростей [2].

Недостатком этой системы является невозможность увеличения производительности работы токарного станка за счет сокращения машинного времени обработки деталей в режиме стабилизации скорости резания.

Известно, что скорость резания - это скорость, с которой точка соприкосновения обрабатываемого изделия с резцом перемещается по отношению к нему, т.е. скорость резания определяется как произведение числа оборотов шпинделя на текущий радиус обрабатываемой детали. Скорость резания зависит от обрабатываемого материала, материала резца и его геометрической формы, а также от способа и условий охлаждения резца и обрабатываемого изделия. Таким образом, оптимальная скорость резания при обработке одним резцом для опре-

деленного материала является величиной постоянной [3].

Однако при обработке торцевых поверхностей скорость резания изменяется, уменьшается по мере уменьшения в процессе обработки радиуса обрабатываемого изделия. Это уменьшение скорости резания тем больше, чем больше разность начального и конечного радиуса обрабатываемой детали и может достигать относительного изменения скорости резания до 100 раз. Уменьшение скорости резания к центру детали приводит к увеличению шероховатости поверхности в центре обрабатываемого изделия. Для того, чтобы этого не происходило, необходимо поддерживать постоянной скорость резания при изменении радиуса обрабатываемой детали, увеличивая число оборотов шпинделя по гиперболическому закону в зависимости от радиуса обработки.

Известно также, что величины поперечной и продольной подачи принимаются зависимыми от скорости вращения шпинделя (числа оборотов шпинделя) и зависят от нее прямо пропорционально, т.е. на всех станках токарной группы принято задавать величину подачи. Поскольку известная система ЧПУ осуществляет стабилизацию скорости резания (т.е. число оборотов шпинделя растет обратно пропорционально изменяющемуся в результате обработки текущему радиусу детали), должны увеличиваться пропорционально этому увеличению скорости вращения шпинделя и величины подачи (случай, когда точение начинается с большого диаметра и идет к малому). Это приводит к сокращению времени обработки детали пропорционально относительному увеличению скорости вращения шпинделя. Для деталей, текущий радиус которых уменьшается от 10 и более раз (это является типичным случаем для обработки ряда деталей), сокращается машинное время обработки до двух раз и, соответственно, повышается производительность станка в два раза [3].

Однако в известной системе, которая выполняется на основе серийной системы ЧПУ H22-1M, отсутствует синхронизация вращения шпинделя станка и его подачи, т.е. изменение скорости вращения шпинделя не приводит к пропорциональному изменению скоростей подачи, в результате этого машинное время обработки детали не сокращается, а следовательно, не увеличивается производительность работы станка. В случае, когда точение идет от малого диаметра к большому, в результате действия системы стабилизации скорости реза-

ния начальная скорость вращения шпинделя устанавливается больше, чем в случае отсутствия стабилизации во столько раз, во сколько конечный большой диаметр обработки больше начального малого. При этом начальные скорости подач также будут выше в системе со стабилизацией скорости резания, чем без нее в то же количество раз, что и скорость вращения шпинделя. Таким образом, в этом случае средняя скорость подачи также выше, чем при работе без системы стабилизации скорости, с тем же относительным увеличением, что и в предыдущем случае, приводящим к соответствующему увеличению производительности работы станка.

Целью изобретения является расширение области применения устройства путем синхронизации вращения шпинделя станка и его подачи.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство стабилизации скорости резания для токарных станков с ЧПУ, содержащее регистр, пульт оператора, подключенный перемычкой к первому запускающему входу блока ввода и к синхронизирующим входам интерполятора и реверсивного счетчика импульсов, вторым выходом к первому входу сумматора, а третьими выходами - к установочным входам реверсивного счетчика импульсов и интерполятора, соединенного информационными выходами поперечной координаты с суммирующим и вычитающим входами реверсивного счетчика импульсов и с первыми входами шагового привода, информационными выходами продольной координаты - с вторыми входами шагового привода, информационным входом - с первым выходом блока ввода, первым управляющим выходом - с вторым запускающим входом блока ввода, а блокирующим входом - с выходом мультивибратора, подключенного к второму входу сумматора, дешифратор, первый блок элементов И, элемент ИЛИ, связанный входом с входом блока управления автоматической коробкой скоростей, введены управляемый генератор опорной частоты, цифроаналоговый преобразователь, второй блок элементов И и вычитающий блок, подключенный первым входом к входу мультивибратора и выходу дешифратора, вторым входом - к выходу регистра, а выходом через цифроаналоговый преобразователь - к входу управляемого генератора опорной частоты, соединенного выходом с управляющим входом интерполятора, причем вход дешифратора подключен к выходу реверсивного счетчика импульсов, синхронизирующий вход регистра - к первому управляющему выходу интерполятора, а установочный вход

регистра - к выходу сумматора и к первому входу первого блока элементов И, связанного вторым входом с вторым выходом блока ввода и первым входом второго блока элементов И, а выходом - с первым входом элемента ИЛИ, подключенного вторым входом к выходу второго блока элементов И, соединенного вторым входом с вторым управляющим входом интерполятора.

На фиг.1 дана функциональная схема устройства; на фиг. 2 - зависимость числа оборотов шпинделя ω от текущего радиуса обработки детали R.

Устройство содержит пульт 1 оператора, блок 2 ввода, интерполятор 3, реверсивный счетчик 4 импульсов, шаговый привод 5, управляемый генератор 6 опорной частоты, мультивибратор 7, блок 8 вторых элементов И, дешифратор 9, сумматор 10, блок 11 первых элементов И, элемент ИЛИ 12, блок 13 управления автоматической коробкой скоростей, регистр 14, вычитающий блок 15, цифроаналоговый преобразователь 16.

Устройство работает следующим образом.

При включении напряжения питания системы все элементы памяти, входящие в ее состав, устанавливаются в исходное состояние. Затем выводят суппорт станка в ручном режиме, задаваемом на пульте оператора 1, в нулевую точку, т.е. точку, относительно которой программируется все перемещение суппорта станка, координаты этой точки набраны на декадных переключателях, расположенных на пульте, и по сигналу, формируемому в пульте, подготавливают систему к работе. Сформированный в пульте 1 сигнал "Пуск" с запускаящего выхода пульта подается на синхронизирующие входы интерполятора 3 и реверсивного счетчика 4. При этом координаты нулевой точки, т.е. координаты x и z переписывают с выхода координат нулевой точки пульта в интерполятор 3 и реверсивный счетчик 4, причем в интерполятор 3 переписывают обе координаты нулевой точки, т.е. продольную и поперечную координату x , z , а в реверсивный счетчик 4 - только одну поперечную координату x нулевой точки. Сигнал "Пуск" с запускаящего выхода пульта 1 подают также на первый вход (первоначальный) запуска блока ввода, в котором по этому сигналу начинают перемещать ленту (программоноситель), с записанными на ней двоичными кодами, которые задают величину и скорость перемещений рабочих органов станка и другие технологические операции, необходимые для обработки детали. Эти коды, задающие группу команд, необходимых для выполнения одной

операции обработки детали, образуют кадр программы, передаваемый двоичными параллельными кодами с первого (информационного) выхода блока 2 ввода на информационный вход интерполятора 3, где они записываются в буферную память. Каждый кадр программы заканчивается маркером "Конец ввода", при считывании которого в блоке 2 ввода с программноносителя перемещение последнего прекращается, при этом в буферную память интерполятора 3 заносится вся информация первого кадра обработки. По окончании процесса записи в буферную память интерполятора 3 информации первого кадра обработки в интерполяторе 3 формируют сигнал "Конец обработки кадра" (КОК), за время которого переписывают информацию первого кадра обработки в рабочую память интерполятора 3. Сразу же после окончания записи информации в рабочую память интерполятора 3 начинают обработку введенного кадра программы, т.е. обработку детали. Одновременно с обработкой первого кадра в освободившуюся буферную память интерполятора 3 вводят второй кадр обработки, так как сигнал КОК с выхода интерполятора 3 подают на второй запускаящий вход блока 2 ввода, включают вновь перемещение программноносителя и записывают второй кадр программы. По окончании процесса обработки первого кадра программы вновь формируют сигнал КОК, после окончания которого производят обработку второго кадра программы, записанного в рабочую память интерполятора 3, а в это время в буферную память интерполятора 3 вводят следующий кадр обработки. Такой процесс записи информации с программноносителя в интерполятор 3 обеспечивает непрерывную обработку детали на протяжении всей программы без остановок по кадрам. При обработке введенного кадра программы в интерполяторе 3 формируют соответствующие технологические команды, которые подают на станок и производят вычисление траектории движения режущего инструмента, подаваемую в виде число-импульсного кода по двум каналам (выходы $-x$ и $+x$) и ($-z$ и $+z$) интерполятора 3 на шаговый период 5, приводящий в перемещение суппорт станка, в резцедержке которого укреплен инструмент. При формировании на выходах z или x каждого импульса суппорт станка перемещают на один шаг либо вдоль обрабатываемой детали, либо поперек, в зависимости от того, в каком канале интерполятора 3 был сформирован импульс. Скорость подачи режущего инструмента вдоль и по-

перек обрабатываемой детали определяется, таким образом, величиной частоты следования импульсов по выходам X и Z интерполятора 3. Частоту импульсов на выходах X и Z интерполятора 3 формируют из частоты генерации генератора 6 опорной частоты с помощью управляемых делителей, входящих в состав интерполятора 3, коэффициент деления которых устанавливают в соответствии с информацией о величине подачи, заданной на программном носителе и постоянной для каждого кадра обработки. Генератор 6 имеет номинальную частоту генерации, исходя из величины которой ведут программирование подач по координатам. Номинальную частоту генерации генератора 6 устанавливают при нулевом напряжении на его входе, при увеличении напряжения на входе генератора 6 в область положительных значений частота его генерации увеличивается, а при увеличении напряжения на входе генератора 6 в область отрицательных значений частота генератора 6 снижается. Перемещение суппорта осуществляется в двух направлениях - по оси Z вдоль обрабатываемой детали и по оси X поперек обрабатываемой детали - на расстоянии, пропорциональные числу импульсов на соответствующих выходах интерполятора 3. При этом перемещению суппорта к центру шпинделя соответствуют импульсы на выходах - X и -Z интерполятора, а от центра шпинделя - на выходах +X и +Z. Поскольку каждому единичному перемещению суппорта станка соответствует один импульс на выходе X или Z интерполятора 3, то на выходе счетчика 4, суммирующий счетный вход которого соединен с выходом +X интерполятора 3, а вычитающий - с выходом -X интерполятора 3, присутствует все время код текущего радиуса обработки детали, так как при движении суппорта в ту или иную сторону от нулевой точки по оси X на определенное количество шагов такое же количество импульсов соответственно считывается или суммируется с кодом нулевой точки, от которой программируется и осуществляется все перемещение станка и координата которой первоначально записана в счетчике 4.

В настоящее время большинство станков, оснащенных системами ЧПУ, имеют нерегулируемый асинхронный двигатель переменного тока, передающий вращение на шпиндель станка через автоматическую коробку скоростей (АКС). Изменение скорости вращения шпинделя производится путем переключения электромагнитных муфт в АКС, которые запитывают от устройства управления АКС, управляемого

двоичным кодом. Таким образом, изменение скорости вращения шпинделя происходит не плавно, а ступенчато, и поддержание постоянной скорости резания происходит также ступенями в соответствии со ступенями скорости вращения шпинделя определяемых АКС, т.е. по кривым, представленным на фиг.2. Для поддержания постоянной скорости резания в этом случае всю возможную шкалу радиусов обрабатываемых изделий разбивают на ряд диапазонов $0-a$, $a-b$ и т.д., каждому из которых соответствует определенный двоичный код, включающий определенную ступень АКС.

С выхода счетчика 4 код текущего радиуса обработки детали подают на дешифратор 9, на выходе которого в соответствии с условиями стабилизации скорости резания формируют коды ступени АКС в зависимости от того, в каком диапазоне в данный момент времени находится текущий радиус обрабатываемой детали. Код ступени скорости с выхода дешифратора 9 подают на вход сумматора 10, с помощью которого в случае необходимости осуществляют его коррекцию, т.е. изменяют код скорости АКС, суммируя с выходным кодом дешифратора 9 или вычитая из него корректирующий код, подаваемый на сумматор 10 со второго (корректирующего) выхода пульта 1 и набираемый на переключателе коррекции скорости вращения шпинделя. Такая коррекция необходима для установки оптимальной скорости резания для различных металлов и при различных технологических факторах, влияющих на скорость резания. Откорректированный код скорости вращения шпинделя подают на блок управления АКС 13 с выхода сумматора 10 через блок 11 элементов И и элемент ИЛИ 12. В режиме стабилизации скорости резания блок 11 элементов И включается по сигналу управления, подаваемому на него с одноименного выхода блока 2 ввода. При этом блок 8 элементов И-закрывается. В том случае, когда по технологии обработки детали не требуется режим стабилизации резания, блок 11 элементов И закрывают, а блок 8 элементов И открывают сигналом управления от блока 2 ввода. В этом случае на блоке 13 управления АКС проходит постоянный, записанный в программе, код скорости вращения шпинделя с выхода интерполятора 3. Выходной код элемента ИЛИ 12 подают непосредственно на вход блока 13 управления АКС, включающий ту ступень скорости вращения АКС, которая определяется входным кодом блока 13 управления АКС.

Выходной код дешифратора 9 подают на мультивибратор 7, с помощью ко-

торого определяют момент изменения кода дешифратора 9, т.е. момент, когда код текущего радиуса переходит в другой диапазон и когда требуется включение другой ступени скорости АКС, т.е. мультивибратор 7 срабатывает от перепада напряжений в любом разряде дешифратора 9. При этом на выходе мультивибратора 7 формируют импульсы длительностью, равной времени переключения АКС на другую ступень и совпадающей по времени с моментом переключения АКС. Выходным импульсом мультивибратора 7, поступающим с него на вход остановки подачи интерполятора, блокируют работу интерполятора 3 по вычислению траектории движения режущего инструмента, импульсы на выходах X и Z интерполятора 3 прекращаются, это приводит на время переключения ступени скорости АКС к остановке перемещения суппорта. Остановка процесса резания на время переключения АКС необходима для того, чтобы на это время снять со шпинделя усилие резания и дать ему свободно переключаться на другую скорость вращения без ее снижения. В противном случае, вследствие того, что крутящий момент от двигателя на шпиндель станка на время переключения АКС не передается, шпиндель тормозится усилием резания и скорость резания резко падает, что приводит на этом участке обрабатываемой детали к повышению шероховатости поверхности.

Для увеличения производительности работы станка по мере увеличения скорости вращения шпинделя необходимо пропорционально ей увеличить и скорость подачи, причем это увеличение необходимо производить по обеим координатам (X и Z) одновременно и пропорционально, в противном случае это приведет к искажению траектории движения режущего инструмента и отклонению формы детали от заданной. Пропорциональное и одновременное изменение скоростей подач в зависимости от скорости вращения шпинделя производится путем вычисления разницы между начальной и текущей скоростью вращения шпинделя и управления с помощью этой разницы с учетом ее знака выходной частотой генератора 6 путем подачи на его вход напряжения соответствующего знака, величина которого пропорциональна разнице между начальной и текущей скоростью вращения шпинделя. Код начальной скорости вращения шпинделя, т.е. скорость шпинделя в начале кадра, записывают в регистр 14, подавая его с выхода сумматора 10 на установочный вход регистра 14, по сигналу КОК с интерполятора 3, который разделяет кадры обработки детали. С выхода ре-

гистра 14 код начальной скорости подают на вход вычитающего устройства 15, на другой вход которого подводят текущий код скорости шпинделя с выхода дешифратора 9, образуя тем самым на входе вычитающего блока 15 код разности между начальным и текущим кодом скорости вращения шпинделя с признаком их знака. Выходной код разности преобразуют с помощью цифроаналогового преобразователя 16 в напряжение, знак которого зависит от знака разности входных сигналов вычитающего блока 15 путем изменения знака опорного напряжения цифроаналогового преобразователя. Когда разность между начальным и текущим кодом скорости шпинделя отрицательна, т.е. начальная скорость шпинделя ниже скорости текущей, что соответствует движению инструмента при обработке детали к центру шпинделя, на выходе преобразователя 16 формируют положительное напряжение разности, которое, будучи поданным на вход генератора 6, увеличивает его частоту генерации пропорционально разности начального и текущего кода скорости шпинделя. Это приводит к увеличению одновременно и пропорционально этой разности скорости подач по продольной и поперечной координате станка. В случае, если разность на выходе вычитающего блока 15 имеет положительное значение, т.е. начальная скорость шпинделя выше, чем текущая, движение инструмента от центра шпинделя на выходе цифроаналогового преобразователя формирует отрицательное напряжение, которое пропорционально уменьшению скорости вращения шпинделя уменьшает подачи станка.

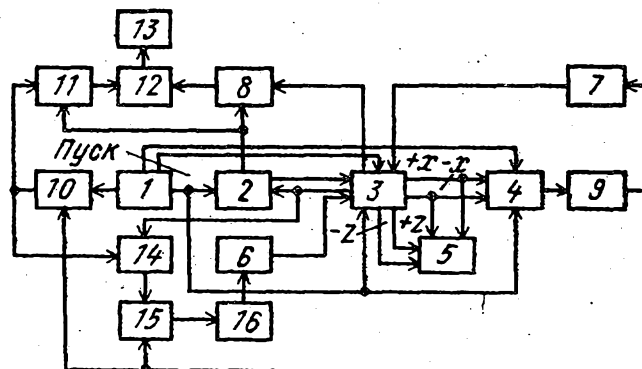
Предложенная система позволяет наряду со стабилизацией скорости увеличить производительность работы токарного станка до 1,8 раза за счет сокращения машинного времени обработки детали до двух раз при вспомогательном времени, составляющем величину 20% от основного, без увеличения шероховатости поверхности обрабатываемых деталей в их центре по отношению к периферии.

Предлагаемая система выполняется полностью в электронной части системы ЧПУ и не усложняет кинематики станка, не вводя в нее никаких дополнительных деталей. Кроме того, она не требует установки дополнительных датчиков положения суппорта станка, установить которые трудно, а зачастую и невозможно. Отсутствие таких датчиков не только удешевляет систему, но и повышает надежность ее в работе, так как эти датчики, находясь в непосредственной близости

к зоне резания, часто выходят из строя.

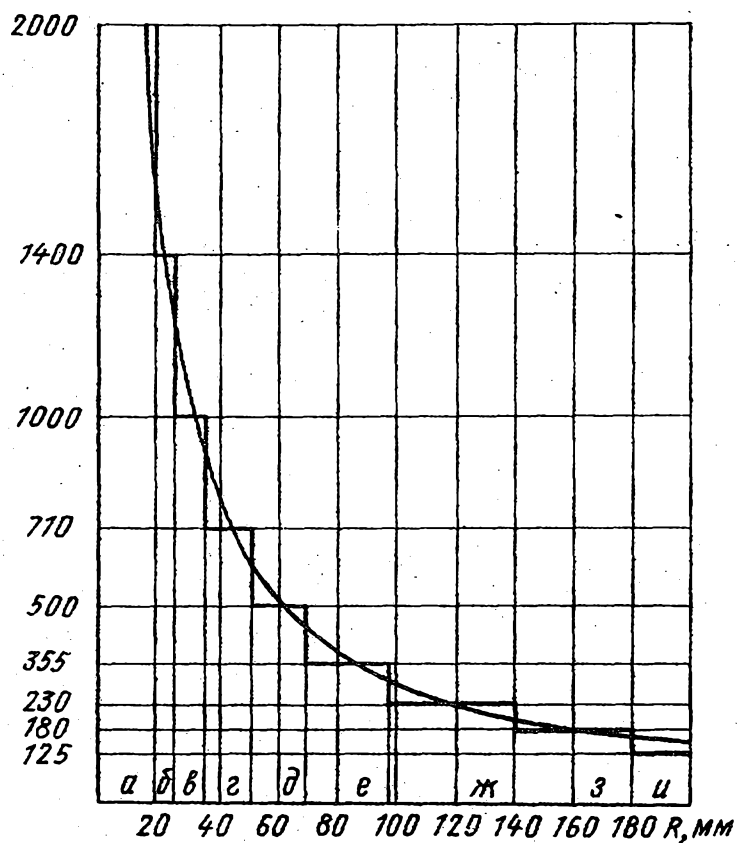
Предлагаемая система не увеличивает ни объем, ни сложность программ, составляемых для обработки детали, не требует введения дополнительных ручных наладочных операций, что не усложняет обслуживание оператором ни системы, ни станка.

Предлагаемая система позволяет использовать ее с большинством станков токарно-винторезной группы, так как она рассчитана на работу с автоматической коробкой скоростей, сочлененной с асинхронным двигателем переменного тока, которым оснащаются станки, предназначенные для работы совместно с системами ЧПУ.



ω , об/мин

Фиг. 1



Фиг. 2

Составитель Н. Горбунова
 Редактор Н. Лазаренко Техред З. Палий Корректор М. Демчик
 Заказ 10284/34 Тираж 863 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4