

УДК 621.9.06–529.001

## КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАНКА С ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИВодОВ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ДВУХШАГОВЫХ ЧЕРВЯКОВ

*канд. техн. наук, проф. А.И. ГОЛЕМБИЕВСКИЙ*  
(Полоцкий государственный университет)

*Рассмотрены конструктивные особенности двухшагового червяка, обеспечивающие его сопряжение с традиционным одношаговым червячным колесом. Показано, что разношаговость такого червяка обусловлена заменой цилиндрической начальной поверхности витка конической. Предложен способ нарезания названного червяка чашечным резцом в виде зубчатого колеса с профилем зуба, форма которого является сопряженной при обкате с профилем резьбы нарезаемого червяка. Разработана на основе специализированных станков с механическими связями для нарезания червяков чашечным резцом кинематическая структура станка с индивидуальными регулируемым приводами исполнительных органов. Предложен вариант системы синхронизации регулируемых приводов на базе типовых интегральных схем.*

**Введение.** Двухшаговые червяки применяют в двухшаговых червячных передачах, позволяющих регулировать боковой зазор посредством осевого смещения червяка, что обеспечивает в пределах срока службы минимальную циклическую ошибку бокового зазора. Такие передачи используют в червячных парах, от которых требуется высокая точность, например, в реверсируемых, отсчетных и делительных механизмах металлорежущих станков. В зубообрабатывающих станках используют двухшаговые червячные передачи (дуплекс пары), состоящие из двухшагового червяка и двухшагового червячного колеса. В [1; 2] предложена менее трудоемкая и более технологичная червячная передача, состоящая из двухшагового червяка и взаимодействующего с ним традиционного одношагового червячного колеса. Разношаговость червяка [3] данной передачи обусловлена заменой цилиндрической начальной поверхности конической. Шаг витка такого червяка по противоположным сторонам его профиля зависит от угла расположения образующей начальной конической поверхности:

$$t_{б,м} = \pi m \frac{\cos \alpha_0}{\cos(\alpha_0 \pm \varepsilon)},$$

где  $t_{б,м}$  – соответственно больший и меньший шаги витка;  $\alpha_0$  – угол зацепления;  $\varepsilon$  – угол наклона образующей начальной поверхности; «+» и «–» – относятся соответственно к большему и меньшему шагам.

Угол  $\varepsilon$  определяется из выражения:

$$\varepsilon = \arctg \left( \frac{\Delta}{2tg\alpha_0} \right),$$

где  $\Delta$  – коэффициент приращения шага,  $\Delta = a\pi m/l_p$  ( $a$  – коэффициент допустимого износа;  $l_p$  – дополнительная длина червяка).

Коэффициент допустимого износа зависит от знаменателя стандартного ряда модулей. При знаменателе ряда, равном 1,06,  $a = 0,03$ . Дополнительная длина  $l_p$  является конструктивным признаком двухшаговых червяков. Для станочных делительных передач  $l_p = 10 \dots 15$  мм.

**Постановка задачи.** Нарезание двухшагового червяка с начальной цилиндрической поверхностью на токарно-винторезном станке резцами осуществляют при двух настройках гитары сменных зубчатых колес винторезной цепи на траекторию формообразующего движения – шаг червяка. Одна настройка соответствует  $t_{б}$ , а другая –  $t_{м}$ . Для нарезания двухшагового червяка с начальной конической поверхностью необходимо использовать станок с конусной линейкой. На таком станке настройка на  $t_{м}$  заменяется поворотом линейки на угол  $\varepsilon$  наклона образующей начальной поверхности.

Рассмотренный способ обработки двухшагового червяка с начальной конической поверхностью, как и его аналог, характеризуется низкой производительностью, так как реализуется при значительном количестве проходов не менее чем тремя последовательно используемыми резцами. В серийном производстве используют способ обработки червяков чашечным резцом в виде зубчатого колеса с профилем зуба, форма которого является сопряженной при обкате с профилем резьбы нарезаемого червяка. По этому способу (рис. 1) обработка традиционного одношагового червяка осуществляется за один проход четырьмя элементарными движениями  $B_1$  и  $P_4$  резца 1,  $B_2$  и  $B_3$  обрабатываемой заготовки 2, образующими два сложных двухэлементарных движения: обката  $\Phi_v(B_1B_2)$ , воспроизводящее образующую – профиль червяка, и винтовое движение  $\Phi_s(B_3P_4)$ , воспроизводящее направляющую – винтовую линию витков червяка. Данный способ реализован в гамме специализированных станков с механическими связями для обработки одношаговых червяков [4].

Для нарезания двухшагового червяка с начальной конической поверхностью необходимо в рассматриваемой схеме чашечному резцу сообщить дополнительно движение  $\Pi_5$ , перпендикулярное движению  $\Pi_4$ . В результате сложное двухэлементарное движение  $\Phi_s$  преобразуется в трехэлементарное  $\Phi_s(B_3\Pi_4\Pi_5)$ . Для реализации этого технического решения необходимо в группу подачи специализированных станков для нарезания червяков ввести дополнительный орган настройки на траектории. Формально это может быть как конусная линейка, так и четырехколесная гитара сменных зубчатых колес.

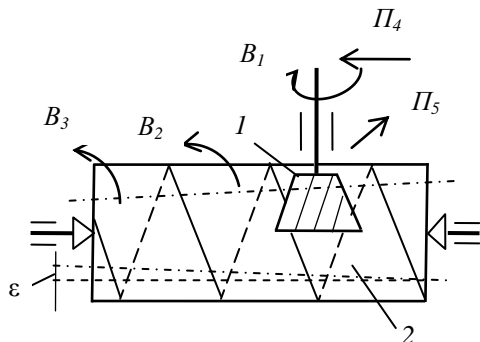


Рис. 1. Схема обработки червяков

По условиям компоновки в специализированных станках с механическими связями для обработки червяков обе формообразующие группы содержат механические передачи, в том числе органы настройки на параметры исполнительных движений. Основными органами настройки, обеспечивающими функциональную связь между исполнительными органами при заданных передаточных отношениях (параметр траектория) чашечный резец – заготовка нарезаемого червяка, являются четырехколесные гитары сменных зубчатых колес. Двухэлементарная группа  $\Phi_s(B_1B_2)$  во внутренней связи содержит один такой орган настройки, а трехэлементарная группа  $\Phi_s(B_3\Pi_4\Pi_5)$  – два органа настройки. При этом по внутренним связям обе группы соединены посредством дифференциального механизма, обеспечивающего сложение исполнительных движений на шпинделе заготовки. Механические передачи названных связей являются основным источником погрешностей при обработке и основным источником шума станка. Это обстоятельство – одна из причин поиска технических решений на основе типовых интегральных схем и управляемых электроприводов.

**Разработка структурной схемы станка.** Структурная схема станка для обработки двухшаговых червяков с начальной конической поверхностью приведена на рисунке 2.

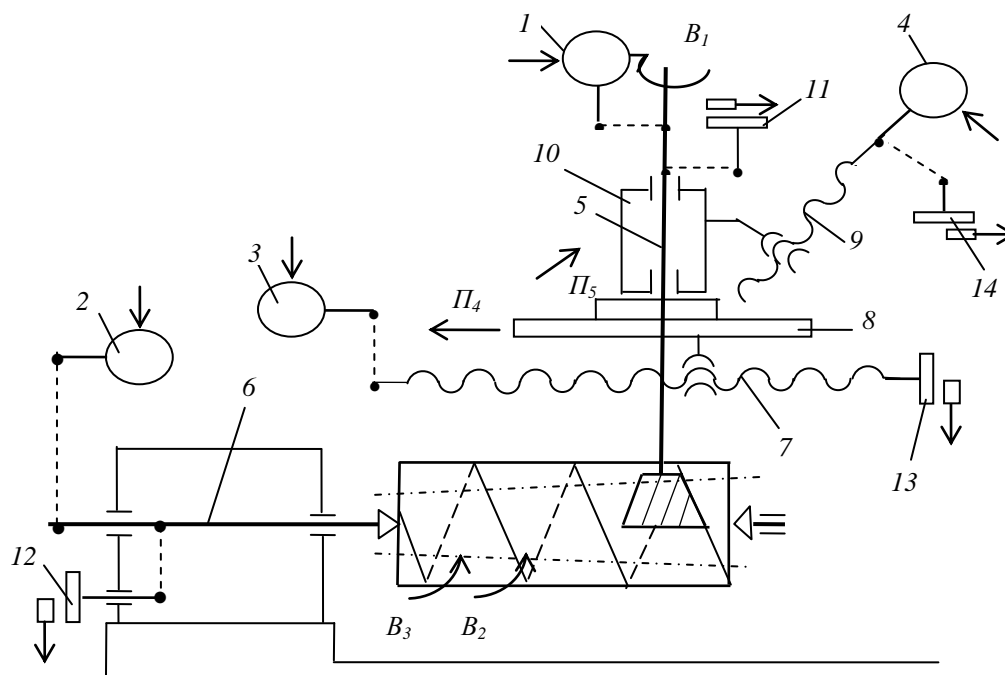


Рис. 2. Структурная схема станка для нарезания двухшаговых червяков

Общая компоновка базовых элементов выполнена аналогично компоновке, принятой для специализированных станков с механическими связями для обработки червяков чашечным резцом. Управляемые электродвигатели 1, 2, 3, 4 кинематически связаны соответственно со шпинделем 5, несущим чашечный резец, шпинделем 6, несущим при обработке заготовку, тяговым валом 7, гайка которого соединена жесткой связью с продольным суппортом 8, и тяговым валом 9, гайка которого соединена с поперечным суппортом 10. Шпиндель 5 инструмента, шпиндель 6 заготовки, продольный 8 и поперечный 10 суппорты являются исполнительными органами станка. Для обеспечения связи исполнительных органов с электронной системой синхронизации на шпинделях 5, 6 и тяговых валах 7, 9 установлены импульсные измерительные преобразователи соответственно 11, 12, 13, 14.

При функционировании станка на одном исполнительном органе – шпинделе 6 заготовки – складываются два элементарных движения ( $B_2$  и  $B_3$ ), имеющих одинаковую скоростную характеристику и одинаковую продолжительность. Третье обязательное условие математического сложения в станках с электронными внутренними связями – использование системы синхронизации исполнительных органов, воспроизводящих складываемые движения, по схеме равнозначных координат с общим задатчиком управляющих сигналов. На этом основании формообразующие группы  $\Phi_v(B_1B_2)$  и  $\Phi_s(B_3\Pi_4\Pi_5)$ , составляющие кинематическую структуру станка для нарезания двухшаговых червяков с начальной конической поверхностью, преобразуются к виду:  $\Phi_v(B_1B_2 + B_3)$  и  $\Phi_s(\Pi_4\Pi_5)$ .

**Разработка системы синхронизации исполнительных органов.** Система отслеживающей синхронизации выполнена по схеме равнозначных координат с автоматической адаптацией (двухсторонней коррекцией) управляющих сигналов по погрешностям механики исполнительных органов. Эта система является модификацией системы, предложенной в патентном первоисточнике [5].

Система содержит две подсистемы с общим задатчиком (эталонным генератором), вырабатывающим задающий сигнал, частота которого превышает частоту импульсного сигнала – аналога частоты вращения шпинделя чашечного резца. Первая подсистема осуществляет синхронизацию приводов кинематической группы скорости резания, а вторая подсистема – синхронизацию приводов группы подачи.

На рисунке 3 приведена блок-схема подсистемы синхронизации приводов исполнительных органов группы обката (скорости резания)  $\Phi_v(B_1B_2 + B_3)$ .

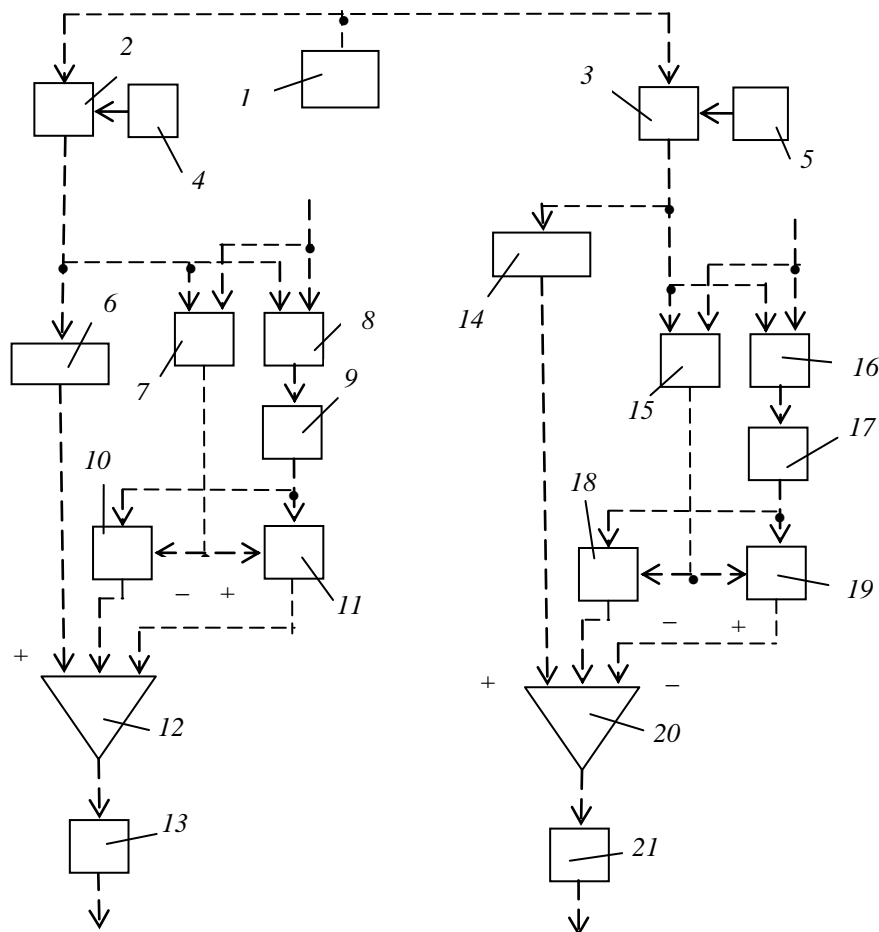


Рис. 3. Блок-схема подсистемы синхронизации приводов группы обката

Эталонный генератор 1 соединен с входами счетчиков 2, 3, к которым присоединены блоки установки коэффициентов деления соответственно 4, 5. Функция этих блоков – установка передаточных отношений при наладке станка. Счетчики и соответствующие блоки установки коэффициента деления образуют делители частоты задающих эталонных импульсных сигналов управления соответствующих исполнительных органов (управляемых координат) – шпинделя чашечного резца и шпинделя заготовки. Выход счетчика 2 соединен с входом блока 6 круговой частоты шпинделя чашечного резца в движении  $B_1$  и первыми входами знакового 7 и фазового 8 дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем 11, установленным на шпинделе 5 чашечного резца (см. рис. 2).

Выход фазового дискриминатора 8 соединен с входом импульсно-аналогового преобразователя 9, соединенного своим выходом с аналоговыми входами аналогового ключа 10, управляемого отрицательным потенциалом, и аналогового ключа 11, управляемого положительным потенциалом. Управляющие входы ключей 10 и 11 соединены с выходом знакового дискриминатора 7. Выход блока 6 круговой частоты шпинделя чашечного резца соединен с первым входом сложения параллельного сумматора 12, у которого второй вход сложения и вход вычитания соединены соответственно с выходом аналогового ключа 10, управляемого отрицательным потенциалом, и с выходом аналогового ключа 11, управляемого положительным потенциалом. Выход параллельного сумматора 12 через усилитель мощности 13 соединен с управляемым электродвигателем 1 привода вращения шпинделя чашечного резца (см. рис. 2).

Выход счетчика 3 соединен с входом блока 14 круговой частоты шпинделя заготовки в движении  $B_2 + B_3$  и с первыми входами знакового 15 и фазового 16 дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем 12, установленным на шпинделе 6 заготовки (см. рис. 2). Выход фазового дискриминатора 16 соединен с входом импульсно-аналогового преобразователя 17, соединенного своим выходом с аналоговыми входами аналогового ключа 18, управляемого отрицательным потенциалом, и аналогового ключа 19, управляемого положительным потенциалом. Управляющие входы ключей 18 и 19 соединены с выходом знакового дискриминатора 15. Выходы ключей 18 и 19 соединены соответственно со вторым входом сложения и входом вычитания параллельного сумматора 20. Первый вход этого сумматора соединен с выходом блока 14 круговой частоты шпинделя 6 заготовки, а выход – через усилитель мощности 21 соединен с управляемым электродвигателем 2 привода вращения шпинделя заготовки (см. рис. 2).

На рисунке 4 приведена блок-схема подсистемы синхронизации приводов исполнительных органов группы подачи  $\Phi_s(П_4П_5)$ .

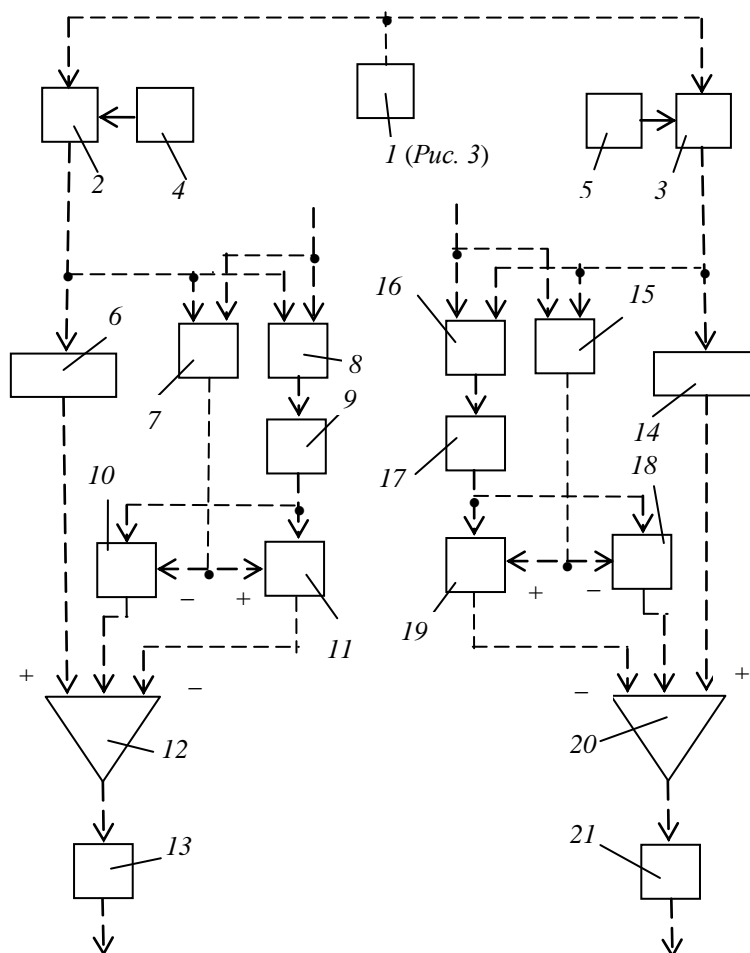


Рис. 4. Блок-схема подсистемы синхронизации приводов группы подачи

Счетчики 2, 3 с присоединенными к ним блоками установки коэффициентов деления соответственно 4, 5 образуют делители частоты задающих эталонных импульсных сигналов. Входы счетчиков 2, 3 соединены с выходом эталонного генератора 1. Выход счетчика 2 соединен с входом блока 6 круговой

частоты винта тягового вала 7, преобразуемой этим валом в продольную подачу  $\Pi_3$  продольного суппорта 8, и первыми входами знакового 7 и фазового 8 дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем 13, установленным на тяговом валу 7 (см. рис. 2). Выход фазового дискриминатора 8 соединен с входом импульсно-аналогового преобразователя 9, соединенного своим выходом с аналоговыми входами аналогового ключа 10, управляемого отрицательным потенциалом, и аналогового ключа 11, управляемого положительным потенциалом. Управляющие входы ключей 10 и 11 соединены с выходом знакового дискриминатора 7. Выход блока 6 круговой частоты винта тягового вала соединен с первым входом сложения параллельного сумматора 12, у которого второй вход сложения и вход вычитания соединены соответственно с выходом аналогового ключа 10, управляемого отрицательным потенциалом, и с выходом аналогового ключа 11, управляемого положительным потенциалом. Выход параллельного сумматора 12 через усилитель мощности 13 соединен с управляемым электродвигателем 3 привода продольной подачи  $\Pi_4$  суппорта 8 чашечного резца (см. рис. 2).

Выход счетчика 3 соединен с входом блока 14 круговой частоты винта тягового вала 9, преобразуемой этим валом в подачу  $\Pi_5$  поперечного суппорта 10, и первыми входами знакового 15 и фазового 16 дискриминаторов, вторые входы которых соединены с импульсным измерительным преобразователем 11, установленным на винте тягового вала 9 (см. рис. 2).

Выход фазового дискриминатора 16 соединен с входом импульсно-аналогового преобразователя 17, соединенного своим выходом с аналоговыми входами аналогового ключа 18, управляемого отрицательным потенциалом, и аналогового ключа 19, управляемого положительным потенциалом. Управляющие входы ключей 18 и 19 соединены с выходом знакового дискриминатора 15. Выход блока 14 круговой частоты винта тягового вала соединен с первым входом сложения параллельного сумматора 20, у которого второй вход сложения и вход вычитания соединены соответственно с выходом аналогового ключа 18, управляемого отрицательным потенциалом, и с выходом аналогового ключа 19, управляемого положительным потенциалом. Выход параллельного сумматора 20 через усилитель мощности 21 соединен с управляемым электродвигателем 4 привода подачи поперечного суппорта (см. рис. 2).

Блоки 6, 14 (см. рис. 3) и 6, 14 (см. рис. 4) круговых частот соответственно шпинделя чашечного резца (движение  $B_1$ ), шпинделя заготовки (движение  $B_2 + B_3$ ), винта тягового вала 7, винта тягового вала 9 выполнены одинаково по схеме «частота – напряжение». В этих блоках эталонные импульсные сигналы преобразуются в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. Круговые частоты винтов тяговых валов 7 и 9 в этих механизмах преобразуются соответственно в движение  $\Pi_4$  продольной подачи суппорта и в движение  $\Pi_5$  поперечной подачи.

При нарезании червяков по нормативам резания чашечным резцом скорость резания принимается по круговой частоте заготовки (движение  $B_2 + B_3$ ), а подача – по движению чашечного резца параллельно оси заготовки (движение  $\Pi_4$ ). Следовательно, частота импульсного сигнала на выходе эталонного генератора должна превышать частоту сигнала на выходе счетчика 3 (см. рис. 3). При наладке станка блоком 5 установки коэффициента деления (см. рис. 3) задается частота импульсного сигнала на выходе счетчика 3, соответствующая напряжению постоянного тока на электродвигателе 2, при котором шпиндель заготовки в движении  $B_2 + B_3$  вращается со скоростью, соответствующей скорости резания. Аналогично блоком 4 установки коэффициента деления (см. рис. 4) задается частота импульсного сигнала на выходе счетчика 2, соответствующая напряжению постоянного тока на электродвигателе 3, при котором продольный суппорт в движении  $\Pi_4$  движется со скоростью, соответствующей заданной продольной подаче.

Рассмотренные делители частоты (счетчик – блок установки передаточного отношения) выполняют функцию органов настройки параметра «скорость» для обеих формообразующих групп. Два других делителя частоты системы синхронизации являются органами настройки параметра «траектория» для этих формообразующих групп. Коэффициенты деления для них выводятся на основе расчетных перемещений ( $PII$ ) для исполнительных органов станочного зацепления сложных кинематических групп.

При нарезании червяка за один оборот заготовки (движение  $B_2$ ) чашечный резец совершает  $k/z$  оборотов (движение  $B_1$ ) и перемещается на величину  $s$  (движение  $\Pi_4$ ). Для получения винтовой линии червяка при перемещении чашечного резца на величину  $s$  заготовка должна дополнительно повернуться на  $s/T$  оборота (движение  $B_3$ ), что соответствует дополнительному повороту чашечного резца на  $+(k/z) \cdot (s/T)$ . Следовательно, РП для внутренней связи группы обката  $\Phi_v(B_1 B_2 + B_3)$ :

$$\text{один оборот шпинделя заготовки } (B_2 + B_3) \rightarrow k/z(1 + s/T) \text{ оборота чашечного резца } (B_1),$$

где  $k$  – число заходов нарезаемого червяка;  $z$  – число зубьев чашечного резца;  $s$  – подача;  $T$  – шаг винтовой линии нарезаемого червяка.

Уравнение кинематической связи станочного зацепления:

$$k/z(1 + s/T) = 1 \cdot c_1 \cdot n_2/n_1,$$

где  $c_1$  – произведение передаточных отношений механических передач кинематической связи;  $n_2$  – круговая частота электродвигателя 2, соответствующая заданной скорости резания,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $n_1$  – круговая частота электродвигателя 1, необходимая для обеспечения функциональной связи,  $\text{мин}^{-1}$ .

В уравнении кинематической связи отношение круговых частот заменим отношением коэффициентов деления на соответствующих блоках, тогда

$$k/z(1 + s/T) = 1 \cdot c_1 \cdot i_2/i_1.$$

Из этого выражения определяется коэффициент деления, устанавливаемый на блоке 4 делителя частоты (см. рис. 3):

$$i_1 = k/z(1 + s/T) / c_1 \cdot i_2,$$

где  $i_1$  – коэффициент деления, соответствующий заданной скорости резания ( $B_2 + B_3$ );  $i_2$  – коэффициент деления, устанавливаемый на блоке 4 делителя частоты, соответствующий круговой частоте чашечного резца (движение  $B_1$ ).

Расчетные перемещения для внутренней связи группы подачи  $\Phi_s(P_4P_5)$  имеют вид:

$$S_{np} \text{ перемещение резца в движении } P_4 \rightarrow S_{non} \text{ перемещение резца в движении } P_5,$$

где  $S_{np}$  – нормируемая продольная подача;  $S_{non}$  – поперечная подача,  $S_{non} = S_{np} \operatorname{tg} \varepsilon$  ( $\varepsilon$  – угол наклона образующей начальной поверхности червяка).

Уравнение кинематической связи станочного зацепления:

$$S_{non} = S_{np} \cdot c_2,$$

где  $c_2$  – произведение передаточных отношений механических передач кинематической связи.

В уравнении кинематической связи отношение подач заменим отношением коэффициентов деления на соответствующих блоках, тогда

$$i_5 = i_4 \cdot c_2,$$

где  $i_4$  – коэффициент деления, соответствующий продольной подаче чашечного резца (движение  $P_4$ );  $i_5$  – коэффициент деления, устанавливаемый на блоке 5 (см. рис. 4), соответствующий поперечной подаче чашечного резца (движение  $P_5$ ).

Станок работает следующим образом. При включении эталонного генератора 1 задающий эталонный высокочастотный импульсный сигнал с его выхода поступает на счетчики системы синхронизации, в которых происходит деление задающего сигнала в соответствии с коэффициентами деления, установленными на блоках задания этих коэффициентов.

Импульсный сигнал с выхода счетчика 2 (см. рис. 3) поступает на вход блока 6 круговой частоты шпинделя чашечного резца, где происходит его преобразование в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. С выхода блока 6 сигнал через первый вход сложения – выход параллельного сумматора 12 и усилитель мощности 13 поступает на управляемый электродвигатель 1, который сообщает вращательное движение  $B_1$  шпинделю чашечного резца с круговой частотой, пропорциональной частоте эталонного сигнала на выходе счетчика частоты 2. Одновременно с выхода счетчика 3 импульсный сигнал поступает на вход блока 14 круговой частоты шпинделя заготовки, где происходит его преобразование в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. Выходной сигнал с блока 14 через первый вход сложения параллельного сумматора 20 и усилитель мощности 21 поступает на управляемый электродвигатель 2, который сообщает вращательное движение ( $B_2 + B_3$ ).

Синхронно с выхода счетчика 2 (см. рис. 4) импульсный сигнал поступает на вход блока 6 продольной подачи суппорта, где происходит его преобразование в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. Выходной сигнал с блока 6 поступает через первый вход сложения – выход параллельного сумматора 12 и усилитель мощности 13 на управляемый электродвигатель 3, который посредством тягового вала 7 сообщает движение  $P_4$  продольному суппорту. Одновременно с выхода счетчика 3 импульсный сигнал поступает на блок 14 поперечной подачи суппорта, где этот сигнал преобразуется в напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. Сигнал с выхода блока 6 через первый вход сложения – выход параллельного сумматора 20 и усилитель мощности 21 поступает на управляемый электродвигатель 4, который посредством тягового вала 9 сообщает движение  $P_5$  поперечному суппорту.

В итоге описанного прохождения эталонного сигнала от общего задачика – эталонного генератора – к исполнительным органам станка осуществляется обработка двухшагового червяка. Одновременно обеспечивается устранение девиации механики исполнительных органов посредством двухсторонней коррекции сигналов управления электродвигателями, действующими на выходах параллельных сумматоров.

На первых входах фазового 8 и знакового 7 дискриминаторов (см. рис. 3) постоянно действует импульсный сигнал с выхода счетчика 2. На вторые входы этих дискриминаторов поступает вырабатываемый импульсным измерительным преобразователем 11 (см. рис. 2) импульсный сигнал, соответствующий мгновенному значению действительной круговой частоты шпинделя чашечного резца. В обоих дискриминаторах непрерывно происходит сравнение задающего сигнала с сигналом о действительном мгновенном положении шпинделя чашечного резца. В результате на выходе фазового дискриминатора 8 непрерывно образуется сигнал абсолютной погрешности, который после преобразования в импульсно-аналоговом преобразователе 9 поступает на аналоговые входы аналогового ключа 10, управляемого от-

рицательным потенциалом, и аналогового ключа  $11$ , управляемого положительным потенциалом. На выходе знакового дискриминатора  $7$  образуется отрицательный потенциал при отставании шпинделя от заданного значения и положительный потенциал при опережении. Этот сигнал поступает на управляющие входы аналоговых ключей  $10$  и  $11$  и открывает один из них. При открывании аналогового ключа  $10$ , управляемого отрицательным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на второй вход сложения параллельного сумматора  $12$ , а при открывании аналогового ключа  $11$ , управляемого положительным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на вход вычитания параллельного сумматора  $12$ . В сумматоре 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. Такой вид коррекции принято называть адаптивным предельным регулированием. Аналогично осуществляется коррекция управляющего сигнала и на других параллельных сумматорах.

Рассмотренная структурная схема станка и система синхронизации его приводов позволяет также обрабатывать однозаходные и глобоидные червяки. Для обработки однозаходного червяка в системе синхронизации (см. рис. 4) отключается от задатчика счетчик  $3$ . При этом группа скорости резания не изменяется, а двухэлементарная группа подачи трансформируется в элементарную  $\Phi_s(P_4)$ . Для обработки глобоидного червяка отключается от задатчика (см. рис. 4) счетчик  $2$ . При этом группа подачи трансформируется в группу врезания  $Vp(P_5)$ , группа скорости резания – к виду  $\Phi_v(B_1B_2)$ . Уменьшается также коэффициент деления, устанавливаемый на блоке деления  $5$  делителя частоты (см. рис. 3).

#### **Выводы:**

- двухшаговый червяк с начальной конической поверхностью и червячная передача на его основе менее трудоемка, чем используемая в настоящее время подобная передача, состоящая из двухшагового червяка, нарезаемого при двух настройках винторезной цепи станка, и двухшагового червячного колеса;

- механические передачи, включая гитары сменных зубчатых колес, в кинематической структуре специализированных станков для нарезания одношаговых червяков являются основными источниками погрешностей при обработке. Модернизация таких станков для нарезания двухшаговых червяков связана с введением в их структуру дополнительных органов настройки, что нежелательно при обработке небольших партий обрабатываемых червяков;

- замена механических связей электронной системой синхронизации между управляемыми электродвигателями исполнительных органов станка создает предпосылки для повышения точности обработки, оптимизации режимов резания, расширения универсальности, повышения производительности и снижения уровня шума станков для обработки червяков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Червячная передача: пат. 2044194 Россия, F16H 1/16 / А.И. Голембиевский, В.А. Петров; заявитель Полоц. гос. ун-т; опубл. 1995 // БИ. – 1995. – № 26.
2. Голембиевский, А.И. Новая двухшаговая передача / А.И. Голембиевский, В.А. Петров // Машиностроитель. – М., 1997. – № 5. – С. 26.
3. Двухшаговый червяк: пат. 2020326 Россия, F16H 1/16 / А.И. Голембиевский, В.А. Петров; заявитель Полоц. гос. ун-т; опубл. 1994 // Бюл. изобретений. – 1994. – № 18.
4. Федотенок, А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков / А.А. Федотенок. – М.: Машиностроение, 1970.
5. Устройство для синхронизации приводов исполнительных органов шлицефрезерного станка: пат. 16976 Респ. Беларусь, В23Q 15/00, В23F 9/10 / А.И. Голембиевский; заявитель Полоц. гос. ун-т; опубл. 30.04.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр. інтэлектуал. уласнасці. – 2013.

Поступила 20.12.2013

#### **KINEMATIC STRUCTURE OF MACHINES WITH ELECTRONIC SYSTEM TIMING DRIVE FOR CUTTING A TWO STEP CHERVYAKOV**

**A. GOLEMBIEVSKI**

*Design features of the two-step worm to ensure his pairing with the traditional one-step worm gear It is shown that such worm raznoshagovost replacement due cylindrical primary coil of the conical surface. Provides a method of cutting a worm called the cup cutter in the form of gear tooth profile, whose shape is complementary with rounding profile thread being cut worm. Developed on the basis of specialized machines with mechanical constraints for tapping the cup cutter worms kinematic structure of the machine with variable speed drives individual executive. A variant of the synchronization variable speed drives on the basis of standard integrated circuits.*