

Таким чином, подальші вдосконалення ВПС необхідно проводити в напрямках визначення раціонального співвідношення конструктивних елементів верстатів з метою збільшення розмірів робочого простору.

## SUMMARY

*In the article the features of parallel structure machine tools architecture and tendencies of their development are considered.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Потапов В.А. Станки с параллельной кинематикой: следующий этап //Машиностроитель. - 1999. - №10 - С. 53-58.
2. Вушув В.В., Хольшев И.Г. Механизмы параллельной структуры в машиностроении //СТИН. - 2001. - №2 - С. 3-8.

*Надійшла до редколегії 16 грудня 2002р.*

УДК 621.833.389

## ВЫБОР ТИПА ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ БЕЗЗАБОРНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

*Халуйела Жоаким Аугушто Герра, асп.  
(Кіровоградський державний технічний університет)*

В практике машиностроения широкое применение получили передачи зацеплением, к которым предъявляются жесткие требования относительно величины бокового зазора. Внимание конструкторов разнообразных технологических и специальных машин обращено к использованию в таких случаях червячных и спироидных передач благодаря кинематическому эффекту, который эти передачи позволяют получить, и ряду других их положительных свойств.

Однако применение таких передач вызывает либо достаточно весомые технологические трудности, либо сами передачи не обеспечивают устранения бокового зазора при сохранении высокой кинематической точности воспроизведения заданного закона движения исполнительного органа машины. К тому же зачастую энергетические потери в таких передачах достаточно высокие.

В настоящее время для работы в условиях беззазорного зацепления применяют червячные и спироидные передачи, червяки и колеса которых имеют традиционную классическую конструктивную форму исполнения. Геометрия активных поверхностей витков червяка и зубьев колеса также традиционная для этих видов зацеплений.

Боковой зазор в зацеплении выбирается несколькими способами.

В одних случаях боковой зазор выбирают до минимально допустимого точностью изготовления передачи путем сближения осей червяка и колеса либо за счет осевого перемещения червяка, боковые поверхности витков которого имеют разные по величине шаги для постепенного увеличения толщины витка.

Эти способы имеют много недостатков, как конструктивных, так и технологических и позволяют только периодически регулировать боковой зазор.

Более эффективными способами автоматического выбора полного бокового зазора, которые в функциональных узлах станочного и технологического оборудования применяют наиболее широко, являются следующие (рис. 1):

- с разрезным червячным колесом;

- с двумя червяками;
- с подвижным червяком или колесом.

В первом случае (рис. 1, а) червячное колесо состоит из двух половин.

Зубья нарезают на обеих половинках одновременно, а затем при сборке эти половинки соединяют пружинами. Пружины стремятся повернуть вокруг общей оси одну (подвижную относительно вала червячного колеса) половину относительно другой, прижимая противоположные поверхности соседних зубьев к поверхности витка червяка. Для того чтобы зазор выбирался постоянно, усилие пружин должно превышать действующее в зацеплении усилия. В результате такого дополнительного нагружения передачи имеют низкий КПД (до 0,4) [1].

Во втором случае (рис. 1, б) один из червяков выполняется подвижным вдоль своей оси и поджимается к поверхности зуба колеса усилием, превышающим осевое усилие в зацеплении. Кроме недостатков, присущих передачам с разрезным колесом, в передачах с двумя червяками недостатком является наличие зубчатого механизма, синхронизирующего вращение червяков, так как для нормальной работы необходимо, чтобы кинематическая точность этого механизма была не ниже кинематической точности червячных зацеплений, а в подвижных соединениях зазоры отсутствовали.

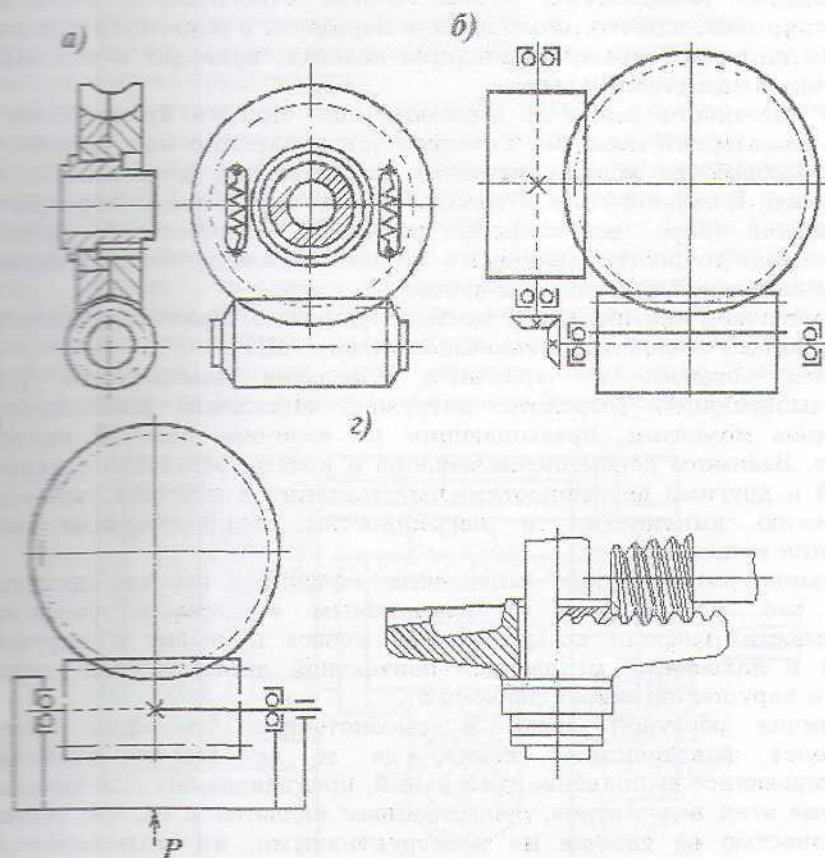


Рисунок 1 - Способы выбора бокового зазора: а) червячная передача с разрезным червячным колесом; б) червячная передача с двумя червяками; в) червячная передача с подвижным червяком; г) спиройдная передача с подвижным колесом.

В третьем случае, если передача выполнена как червячная (рис. 1, в), червяк устанавливают в отдельном корпусе, который поджимают



постоянно к колесу, или, если передача выполнена как спироидная, колесо устанавливают на оси с возможностью перемещения вдоль нее и поджимают к червяку [2].

В этом случае недостатки в принципе те же, что и первом.

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых в области создания червячных передач с полным автоматическим постоянным устранением бокового зазора (люфта, мертвого хода) показал, что в основном усилия их направлены на разработку конструкций люфтовывбирающих устройств.

Такое направление совершенствования беззазорных червячных передач следует признать тупиковым.

Причина такого вывода заключается в том, что при выборе способа устранения бокового зазора не учитывается влияние его на точность передачи движения от червяка к червячному колесу и способность зацепления воспринимать взаимные перемещения червяка и колеса относительно теоретического положения без нарушения закона движения механизма.

Так, смещение червяка относительно червячного или спироидного колеса от теоретического приводит к потере точности передачи движения в виде переменного передаточного отношения. Это связано с наличием линейного контакта в зацеплении [3,4].

Смещение поверхностей зубьев колеса относительно поверхности витков червяка, как это имеет место в передачах с разрезным червячным колесом или подвижным спироидным колесом, приводит к мгновенным остановам червячного колеса.

Эти неточности передачи движения еще сильнее проявляются при работе беззазорной передачи в режиме динамического нагружения. Так, при зубообработке усилия резания, нагружающие делительную пару, переменны. В связи с этим, а также тем, что коэффициент перекрытия в делительной паре переменный, жесткость делительной пары не обеспечивает точности нарезаемого зубчатого колеса, что проявляется в виде циклической погрешности зубчатого венца.

Аналогичная картина имеет место и при работе червячного зацепления вращающихся столов многоцелевых станков с ЧПУ.

Таким образом, в червячных передачах замыкающее усилие люфтовывбирающего устройства нагружает зацепление дополнительным крутящим моментом, превышающим по величине рабочий крутящий момент. Взаимное перемещение червяка и колеса, связанное с наличием биений и другими погрешностями изготовления и монтажа, приводит к нарушению кинематики и погрешностям воспроизведения закона движения механизма.

Большие размеры поля зацепления червячных передач приводят к тому, что в передачах с изменяемым межосевым расстоянием погрешности профиля по длине зуба колеса приводят к нарушению формы и положения мгновенной контактной линии и, как следствие этого, к нарушению закона движения.

Наличие обратной связи в высокоточных следящих системах усложняет конструкцию станка, да и не всегда обеспечивает гарантированное выполнение требований, предъявляемых к механизму.

Кроме этих недостатков, существенным является и то, что устранить их полностью не удастся ни конструктивными, ни технологическими приемами.

Исходя из этого, к червячным передачам при использовании их в качестве беззазорных для высокоточных кинематических цепей зубообрабатывающих станков и следящих систем как с обратной связью, так и без нее предъявляются требования, приведенные в [5].

Приступая к решению задачи повышения технических характеристик беззазорных червячных передач, необходимо выбрать тип червячной



1, передачи, так как не все существующие сегодня червячные передачи  
и могут быть для этой цели использованы. По нашему мнению, наиболее  
подходящей для работы в качестве беззазорных с условием  
автоматического выбора зазора являются червячные передачи с  
я локализованным контактом, рассмотренные в [6].

М Особенностью этих передач является то, что в общем случае их  
я исполнения:

- червяк и колесо имеют конические или цилиндрические начальные поверхности, которые могут сочетаться в разных вариантах;
- активные поверхности витков червяка и зубьев колеса являются сопряженными с локализованным контактом;
- передача практически нечувствительна к погрешностям изготовления и монтажа, превышающим в несколько раз таковые, регламентируемые стандартом;
- передача имеет высокий КПД, может работать с высокими скоростями вращения червяка и имеет ряд других достоинств.

Самым большим достоинством этих передач является то, что геометро-  
кинематическими характеристиками контакта и величиной усилий в  
м зацеплении можно управлять в достаточно широких пределах, не  
и изменяя размеров механизма и без усложнения технологии ее  
м изготовления.

В червячных передачах других типов управление геометро-  
кинематическими характеристиками контакта связано с большими  
м технологическими трудностями.

Свойство управляемости позволяет решить задачу улучшения  
и качественных характеристик беззазорных червячных передач.

С, В соответствии с требованиями к беззазорным червячным передачам,  
У, указанными в [5], кинематическая точность передачи будет выше, если  
в активная линия на поверхности зуба колеса и линия зацепления  
ге передачи будут лежать в плоскости, перпендикулярной оси червячного  
в колеса. Усилие силового замыкания зацепления, развиваемое  
я дифференциальным устройством, будет минимально, если осевое усилие  
на червячном колесе будет равно нулю. Потери энергии на трение в  
те зацеплении будут меньше, если скорость скольжения мгновенного  
м контактного взаимодействия по поверхности зуба колеса будет равна нулю.

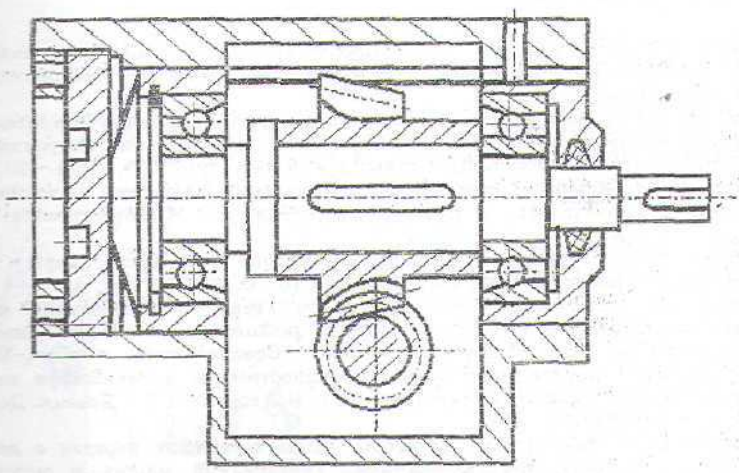


Рисунок 2 - Конструкция редуктора перемещения пильного узла ленточной пилы на толщину доски

Важным для решения вопроса об использовании указанных передач  
для работы в условиях беззазорного зацепления есть то, что указанные

выше требования выполняются одновременно, если выполняется условие

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{\sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha},$$

где  $\delta_2$  - угол начального конуса червячного колеса;

$\beta$  - угол наклона зуба червячного колеса;

$\alpha$  - угол профиля исходного контура.

Конструктивная реализация такой передачи приведена на рис. 2.

Исследования такой передачи в составе делительного стола с механическим приводом при контурном фрезеровании показали полное отсутствие вибрации стола при усилении силового замыкания, равном силе трения в подвижном соединении червячного колеса с валом.

Проработка конструктивных вариантов исполнения червячных передач и люфтовывбирающего устройства свидетельствует о том, что практически без изменения конструкции детали существующих узлов станков и других механизмов вместо старых конструкций беззазорных червячных передач можно использовать предложенную и повысить технические характеристики механизмов.

Предложенную червячную передачу можно использовать в кинематических цепях следящих систем с высокой скоростью обработки управляющего сигнала, а также в системах управления мобильных объектов.

## SUMMARY

*On the basis of the analysis of connection between ways of sample of a lateral backlash in gearing and properties worm and spiral transfers and in view of requirements to them, determining the maximal accuracy of transfer of movement, minimal energy losses and increase of wear resistance, the worm gear which combination of parameters allows essentially to raise quality unclearance worm gear for machine worker the equipment is offered. Offered unclearance the worm gear may be easy entering in the size of existing units of machine tools and other machines without change their design and the sizes.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурашов В.А., Москвитин Л.И. Передача сил и КПД червячной передачи с люфтовывбирающим устройством. - Изв. высш. учеб. заведений // Машиностроение, 1980. - № 2. - С. 47-51.
2. Мавышин С.Ф. К определению рациональной формы профиля зубьев колеса беззазорной спиральной передачи. - В кн.: Перспективы и использование спиральных передач и редукторов. - Ижевск: Ижевский механический институт, 1979. - С. 14 - 20.
3. Линдтрон Н.Г. Влияние погрешностей изготовления и монтажа на точность червячных передач. - В кн.: Зубчатые и червячные передачи. - Л.: Машиностроение, 1968. - С.118-132.
4. Шипков В.А. Влияние погрешностей сборки червячной пары на плавность зацепления // Станки и инструмент, 1959. - № 10. - С. 22-25.
5. Надеин В.С., Хамуйела Жоаким Аугусто Герра. О требованиях к беззазорным червячным передачам // Прогрессивные технологии в системе машиностроения. Международный сб. научных трудов: Специальный выпуск. - Материалы V международной научно-техн. конф. «Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века» в г. Севастополе 8-11 сентября 1998 г. В 3 томах. - Т.2 - Донецк: ДонИТУ. - 1998. - Вып.6. - С.242-243.
6. Безруков В.И., Надеин В.С. Некоторые виды червячных передач с локализованным контактом. - В кн.: Совершенствование конструкций машин и методов обработки деталей. - Челябинск: ЧПИ, 1975. - С.3 - 8.

*Поступила в редколлегию 16 декабря 2002г.*