

УДК 621.9.04

Настасенко В.А., к.т.н., Проценко В.А., к.т.н.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЧЕРВЯКОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Введение. Передачи зацеплением со скрещивающимися осями являются важнейшими элементами приводов подъемно-транспортных машин. Так, в механизмах передвижения башенных кранов широко применяются глобоидные передачи, которые обладают рядом известных недостатков при крановом режиме их работы [1]. Значительными преимуществами в сравнении с глобоидными обладают гиперboloидные передачи, однако их широкое внедрение ограничено недостатками существующих технологий производства. Так, известны 2 вида гиперboloидов, полученных вращением образующей гиперболы относительно осей ее симметрии: 1) двуполостные, 2) однополостные [2]. На их базе вначале разрабатывались гиперboloидные червяки 1-го вида [3], однако 2-й вид – более предпочтителен [4], поскольку более близок к цилиндрическим червякам.

Основным преимуществом гиперboloидных червяков 2-го вида и созданных на их базе червячных передач и зуборезных инструментов, является полное совмещение профиля их витков с профилем исходной инструментальной рейки на всей ее длине при любом количестве заходов червяка, что обеспечивается увеличением его диаметра от среднего сечения (горловины) к торцам [5]. Такая форма обеспечивает повышение нагрузочной способности за счет увеличения количества зубьев, входящих в контакт, а повышение точности – улучшает условия распределения масляного клина у червячных передач, а также обеспечивает повышение точности и производительности у созданных на их базе червячных зуборезных инструментов.

Анализ состояния проблемы и постановка задач исследований. Не смотря на указанные выше достоинства гиперboloидных червяков и выполненных на их базе червячных зуборезных инструментов, широкого распространения они не получили, что объясняется сложностью их производства при традиционной технологии нарезания с подачей инструмента в осевой плоскости (рис. 1). Поэтому их совершенствование является важной и актуальной задачей. Частично она решена в патенте на изобретение Российской Федерации [7], в котором предложен способ обработки с наклоном подачи инструмента по нормали к винтовой линии основного червяка (рис. 2), и в заявке на патент на изобретение РФ [8], в которой предложен способ их обработки со смещением заднего

центра станка на высоту $\pm h_y$ (рис. 3), что делает технологии их производства аналогичными технологиям изготовления цилиндрических основных червяков.

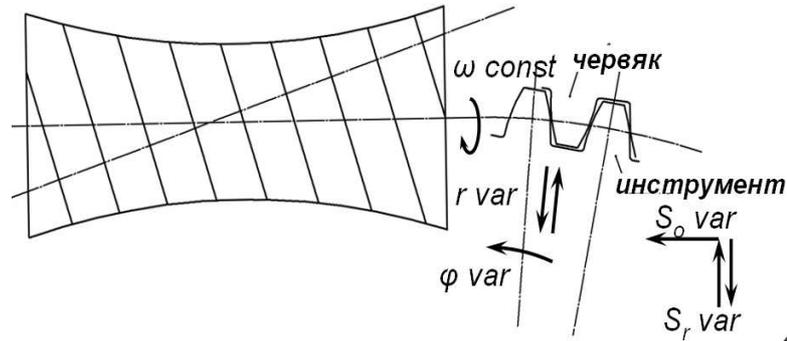


Рисунок 1 - Схема формирования гиперболоидного червяка при осевой обработке

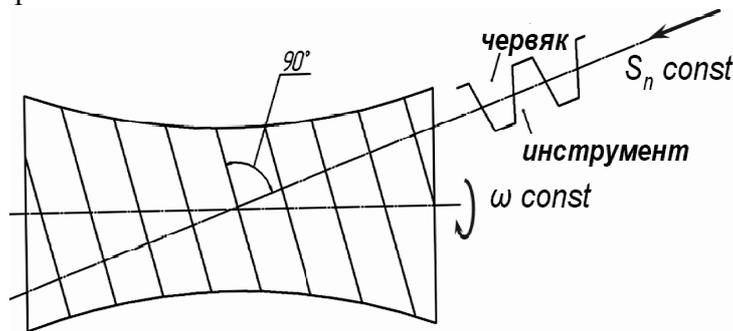


Рисунок 2 - Схема формирования гиперболоидного червяка по патенту на изобретение Российской Федерации № 2200262 при наклонной подаче инструмента по нормали к винтовой линии основного червяка.

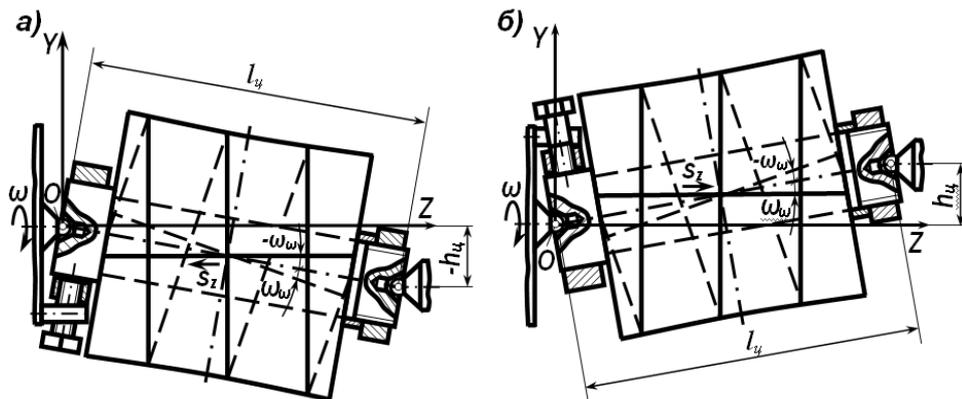


Рисунок 3 - Схемы чистовой обработки гиперболоидных червяков по заявке на патент на изобретение Российской Федерации №2012138947 при переднем размещении суппорта токарного станка и

смещении его заднего центра и режущего инструмента: а) правозаходный червяк, б) левозаходный червяк.

Учитывая, что технологии производства цилиндрических червяков формируют ряд их основных типов [6], в частности – получаемые лезвийными инструментами: архимедовы ZA (с прямолинейным профилем впадины в осевом сечении); конволютые ZN (3 варианта: $ZN1$ – с прямолинейным профилем в сечении, нормальном к витку; $ZN2$ – с прямолинейным профилем в сечении, нормальном ко впадине витка; $ZN3$ – с прямолинейным профилем, нормальным к боковым сторонам витка); эвольвентные ZI (с прямолинейным профилем витка, касательным к винтовой линии, лежащей на соосной цилиндрической поверхности). Известны основные червяки, получаемые абразивными инструментами: в частности – образованные конусом ZK (3 варианта: $ZK1$ – у которых ось скрещивается с осью производящего конуса под углом, равным делительному углу подъема линии витка червяка; $ZK2$ – ось пересекается с осью производящего конуса под прямым углом; $ZK3$ – ось скрещивается с осью производящего конуса под прямым углом); образованные тором ZT (2 варианта: $ZT1$ – ось которых скрещивается с осью производящего тора под углом, равным делительному углу подъема витка червяка; $ZT2$ – ось скрещивается с осью производящего тора под углом, при котором одно из плоских сечений главной поверхности витка червяка является дугой окружности, совпадающей с образующей производящего тора), а их профили формируют вдоль одного витка или впадины червяка.

Таким образом, в рамках аналогии обработки цилиндрических и гиперболоидных червяков по предлагаемым способам [7, 8], для них имеется возможность реализации аналогичных основных типов, что показано в работе [9]. Однако в ней технологии их производства разработаны недостаточно полно, поскольку представлены лишь общие схемы, без указания параметров установки червяка и инструмента, составляющих технологические процессы, поэтому необходимо восполнение указанного пробела, что является *главной целью* данной работы. Ее *научную новизну* составляет обоснование, разработка параметров установки, технико-экономический анализ и классификация технологических процессов формирования основных типов гиперболоидных червяков.

Сравнительный анализ известных и разработка новых способов обработки основных гиперболоидных червяков. Технологические процессы изготовления основных червяков предусматривают: 1) выбор схемы базирования и крепления заготовки, 2) выбор параметров установки и крепления инструмента, 3) выбор основных и вспомогательных движений формообразования и резания, 4) выбор оборудования, инструментов и оснастки, 5) расчет основных

и вспомогательных технологических режимов и нормирование времени на выполнение операций.

В основу положен способ обработки гиперболоидных червяков [8], показанный на рис. 3, поскольку для способа [7], показанного на рис. 2, необходимо существенное изменение базового оборудования, требующее значительных технико-экономических затрат [10]. Учитывая, что у второго способа обработки [8], инструменты, оборудование и технологические режимы практически не отличаются от базовых, принятых для обработки цилиндрических червяков, а применяемая оснастка отличается только устройством для смещения заднего центра, которые предложены в заявке на патент [8], к дальнейшей разработке приняты лишь схемы и параметры установки и крепления заготовки и инструмента, а также основные движения резания и формообразования, представленные в таблицах 1...3. В них выделены цилиндрические червяки – аналоги, имеющие угол подъема винтовой линии γ_ω червяка, равный углу ω_ω наклона винтовой линии к оси червяка на его начальном цилиндре диаметра d_ω , а также адекватные им гиперболоидные червяки, которые отличаются от цилиндрических тем, что ось их вращения наклонена под углом ω_ω к направлению подачи s_u режущих инструментов, образующих профиль витков или впадин червяка. Высота смещения заднего центра на величину $\pm h_u$, зависит от угла $\pm\omega_\omega$ наклона витков и расстояния l_u между шариковыми центрами, а параметры установки режущих инструментов на высоте $\pm h_u$, определяются величиной угла $\pm\omega_\omega$ и расстоянием между шариком переднего центра и поперечным сечением червяка, проходящим через минимальный диаметр горловины гиперболоида.

В таблице 1 показаны схемы основных типов червяков, нарезанных лезвийными инструментами. При этом аналога цилиндрического архимедова червяка ZA типа, у которого образующий профиль режущих кромок лезвийного инструмента расположен в секущей плоскости, проходящей через ось вращения червяка, а точки на образующем профиле инструмента при движении на 1 шаг и на глубину витка червяка, формируют в его поперечном сечении винтовую кривую, которой является архимедова спираль, у гиперболоидных червяков не существует. Объясняется это тем, что формирование гиперболоидного червяка, в поперечном сечении которого на профиле витка образуется архимедова спираль, в принципе невозможно при неосевом движении инструмента, а по способам [6, 7] – при гиперболоидной форме начальной поверхности червяка и обработке по нормали к винтовой линии червяка с шагом t_z , установка и подача s_u инструмента выполняется со сдвигом его от осевой плоскости, что ведет к неизбежному отклонению от архимедовой спирали у кривой, получаемой в поперечном сечении червяка.

Для аналога конволютового цилиндрического червяка *ZN1* типа, у которого образующий профиль режущих кромок лезвийного инструмента расположен в секущей плоскости, нормальной к витку червяка на его начальном цилиндре диаметра d_ω , а точки на образующем профиле инструмента при движении на 1 шаг и на глубину витка червяка, образуют в поперечном сечении винтовую кривую – удлиненную эвольвенту, возможно исполнение гиперboloидного червяка *ZH1* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ней образующий профиль лезвийного инструмента совмещен с профилем витка червяка в сечении, нормальном к витку на начальном цилиндре червяка диаметра d_ω , при движении инструмента с подачей s_u под углом ω_ω к оси вращения червяка, равном углу γ_ω подъема его витков на начальном цилиндре.

Для аналога конволютового цилиндрического червяка *ZN2* типа, у которого образующий профиль режущих кромок лезвийного инструмента расположен в секущей плоскости, нормальной ко впадине витка червяка на его начальном цилиндре диаметра d_ω , а точки на образующем профиле инструмента при его движении на 1 шаг и на глубину витка червяка, образуют в его поперечном сечении удлиненную эвольвенту, возможно исполнение гиперboloидного червяка *ZH2* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ней образующий профиль лезвийного инструмента совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном к ней на начальном цилиндре червяка диаметра d_ω , при движении инструмента с подачей s_u под углом ω_ω к оси вращения червяка, равном углу γ_ω подъема его витков на начальном цилиндре.

Для аналога конволютового цилиндрического червяка *ZN3* типа, у которого образующие профили режущих кромок лезвийных инструментов расположены в двух секущих плоскостях, нормальных к левой и/или к правой сторонам профиля витка, соответственно, под углами подъема $\gamma_{\omega л}$ и $\gamma_{\omega п}$ на начальном цилиндре червяка диаметра d_ω , а точки на левом и правом образующих профилях инструмента при движении на 1 шаг и на глубину витка червяка, образуют в его поперечном сечении свои удлиненные эвольвенты, возможно исполнение гиперboloидного червяка *ZH3* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанных с ней образующих профилей у двух лезвийных инструментов совмещены с профилем левой и правой боковых сторон витка червяка в сечениях, нормальных к каждой из сторон на начальном цилиндре диаметра d_ω при движении с подачей s_u под левым $\omega_{\omega л}$ или правым $\omega_{\omega п}$ углами наклона к оси его вращения, равными левым $\gamma_{\omega л}$ и правым $\gamma_{\omega п}$ углам подъема сторон витков на начальном цилиндре червяка.

Таблица 1 - Схемы формообразования возможных типов цилиндрических и гипербоидных основных червяков, нарезаемых лезвийными инструментами

Основные типы червяков, нарезанных лезвийными инструментами	
Цилиндрические червяки – аналоги	Гипербоидные червяки
<p>Архимедов ZA Образующая винтовая линия</p>	-
<p>Конвольютный ZN1 Образующая винтовая линия</p>	<p>Гипербоидный ZH1 Образующая винтовая линия</p>
<p>Конвольютный ZN2 Образующая винтовая линия</p>	<p>Гипербоидный ZH2 Образующая винтовая линия</p>
<p>Конвольютный ZN3 Образующая винтовая линия</p>	<p>Гипербоидный ZH3 Образующая винтовая линия</p>
<p>Эвольвентный ZI Образующая винтовая линия</p>	?

Для аналога эвольвентного цилиндрического червяка ZI типа, у которого образующие профили режущих кромок лезвийных

инструментов расположены в секущей плоскости, нормальной к левой и правой сторонам витка на расчетном диаметре d_i , а точки на образующих профилях инструментов при их движении на 1 шаг и глубину витка червяка, образуют в его поперечном сечении эвольвенту, исполнение гиперболоидного червяка с точной формой эвольвенты затруднено за счет изменения его начального диаметра, поэтому признано нецелесообразным.

При сдвиге $\pm h_u$ и прямолинейной форме передней поверхности лезвийного инструмента для обработки гиперболоидных червяков $ZH1$, $ZH3$, $ZH3$ типов, неизбежно появятся искажения их профиля, за счет винтовой формы витков червяка, но величина их меньше, чем у цилиндрических конволютных червяков и минимальна у червяков $ZH3$ типа. Однако эти искажения могут быть уменьшены при винтовой форме передней поверхности резцов, или зубьев дисковых фрез, или торцовых лезвийных режущих инструментов, что исключает различия в производстве гиперболоидных червяков, как при установке инструмента по нормали к витку ($ZH1$), так и по впадине витка ($ZH2$), или по нормали к боковым поверхностям витков ($ZH3$) [10].

В таблице 2 показаны основные типы червяков, нарезанных абразивными инструментами. Для аналога цилиндрического червяка образованного конусом $ZK1$ типа, у которого образующий профиль дискового абразивного круга расположен в секущей плоскости, нормальной ко впадине витка на начальном цилиндре диаметра d_ω , возможно исполнение гиперболоидного червяка $ZH5$ типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль дискового абразивного круга совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном к ней на начальном цилиндре диаметра d_ω , при движении с подачей s_u под углом ω_ω к оси вращения червяка, равном углу γ_ω подъема впадины витков червяка на его начальном цилиндре.

Для аналога цилиндрического червяка образованного конусом $ZK2$ типа, у которого образующая профиля концевой абразивного круга расположена в секущей плоскости, нормальной ко впадине витка на начальном цилиндре диаметра d_ω , возможно исполнение гиперболоидного червяка $ZH6$ типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль концевой абразивного круга совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном к ней на начальном цилиндре диаметра d_ω , при движении с подачей s_u под углом ω_ω к оси вращения червяка, равном углу γ_ω подъема впадины витков червяка на его начальном цилиндре.

Таблица 2 - Схемы формообразования возможных типов цилиндрических и гиперболических основных червяков, нарезаемых шлифовальными кругами

Основные типы червяков, нарезанных шлифовальными кругами	
Цилиндрические червяки – аналоги	Гиперболические червяки
<p>Образованный конусом ZK1</p>	<p>Образованный конусом ZH5</p>
<p>Образованный конусом ZK2</p>	<p>Образованный конусом ZH6</p>
<p>Образованный конусом ZK3</p>	<p>Образованный конусом ZH7</p>
<p>Образованный конусом ZK4</p>	<p>Образованный конусом ZH8</p>
<p>Образованный конусом ZK5</p>	<p>Образованный конусом ZH9</p>

Для аналога цилиндрического червяка образованного конусом ZK3 типа, у которого образующий боковой профиль конического

чашечного абразивного круга расположен в секущей плоскости, нормальной к левой или к правой сторонам витка, соответственно под левым $\gamma_{\omega л}$ или правым $\gamma_{\omega п}$ углами подъема на начальном цилиндре d_{ω} , возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH7* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанные с ним образующие профили боковых сторон конических чашечных абразивных кругов совмещены с профилем витка червяка в сечении, нормальном к левой и правой сторонам витка на начальном цилиндре диаметра d_{ω} при движении с подачей s_u под левым $\omega_{\omega л}$ или правым $\omega_{\omega п}$ углами наклона к оси вращения червяка, равным левым $\gamma_{\omega л}$ или правым $\gamma_{\omega п}$ углам подъема боковых сторон витков червяка на его начальном цилиндре.

Для аналога цилиндрического червяка образованного конусом *ZK4* типа, у которого образующий торцовый профиль конического чашечного абразивного круга расположен в секущей плоскости, нормальной к левой или к правой сторонам витка, соответственно под левым $\gamma_{\omega л}$ или правым $\gamma_{\omega п}$ углами подъема на начальном цилиндре d_{ω} , возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH8* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанные с ним образующие профили торцовых поверхностей конических чашечных абразивных кругов совмещены с профилем витка червяка в сечении, нормальном к левой и правой сторонам витка на начальном цилиндре диаметра d_{ω} при движении с подачей s_u под левым $\omega_{\omega л}$ или правым $\omega_{\omega п}$ углами наклона к оси вращения червяка, равным левым $\gamma_{\omega л}$ или правым $\gamma_{\omega п}$ углам подъема боковых сторон витков червяка на его начальном цилиндре.

Для аналога цилиндрического червяка образованного конусом *ZK5* типа, у которого образующий профиль дискового абразивного круга расположен в секущей плоскости, нормальной к витку под углом подъема γ_{ω} на начальном цилиндре диаметра d_{ω} , возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH9* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль дискового абразивного круга совмещен с профилем витка червяка в сечении, нормальном к витку, на начальном цилиндре диаметра d_{ω} , при движении с подачей s_u под углом ω_{ω} к оси вращения червяка, равном углу γ_{ω} подъема витков червяка на его начальном цилиндре.

В таблице 3 показаны основные типы червяков, нарезанных торцовыми резцовыми головками и абразивными шлифовальными кругами радиуса R_u . Для аналога цилиндрического червяка *ZT3* типа, образованного торцовой резцовой головкой, у которой резцы установлены на периферии по нормали к плоскости ее вращения, а образующий профиль резцов совмещен с профилем витка червяка в сечении, нормальном к витку на начальном цилиндре червяка, возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH10* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль резцов, установленных на периферии торцовой головки по нормали к

плоскости ее вращения, совмещен с профилем витка червяка в сечении, нормальном к витку на его начальном цилиндре диаметра d_ω при движении головки с подачей s_u под углом ω_ω к оси вращения червяка, равном углу γ_ω подъема витков на его начальном цилиндре.

Для аналога цилиндрического червяка *ZT4* типа, образованного торцевой резцовой головкой, у которой резцы установлены на периферии по нормали к плоскости ее вращения, а образующий профиль резцов совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном ко впадине витка на начальном цилиндре червяка, возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH11* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль резцов, установленных на периферии торцевой головки по нормали к плоскости ее вращения, совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном к ней на начальном цилиндре диаметра d_ω , при движении головки с подачей s_u под углом ω_ω к оси вращения червяка, равном углу γ_ω подъема впадины витков на его начальном цилиндре.

Для аналога цилиндрического червяка *ZT5* типа, образованного торцевой резцовой головкой, у которой резцы установлены на периферии торца по нормали к плоскости ее вращения, а образующие профили резцов совмещены с левым или правым профилем витка червяка в сечении, нормальном к ним, соответственно, под углами подъема $\gamma_{\omega л}$ и $\gamma_{\omega п}$ на его начальном цилиндре, возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH12* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанные с ним образующие профили резцов, установленных на периферии торцевой головки по нормали к плоскости ее вращения, совмещены с профилем левой или правой боковых сторон витка червяка в сечении, нормальном к этим сторонам на начальном цилиндре диаметра d_ω , при движении с подачей s_u под левым $\omega_{\omega л}$ или правым $\omega_{\omega п}$ углами наклона к оси его вращения, равными левым $\gamma_{\omega л}$ и правым $\gamma_{\omega п}$ углам подъема витков на начальном цилиндре червяка.

Для аналога цилиндрического червяка *ZT6* типа, образованного торцевым шлифовальным кругом, у которого производящее абразивное кольцо (тор), выполнено на периферии торцевой поверхности круга или головки по нормали к плоскости их вращения, а образующий профиль совмещен с профилем витка червяка в сечении, нормальном к его витку на начальном цилиндре червяка, возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH13* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль абразивного кольца (тора), выполненного на периферии торцевой поверхности круга или головки по нормали к плоскости их вращения, совмещен с профилем витка червяка в сечении, нормальном к витку на его начальном цилиндре диаметра d_ω при движении шлифовального круга

с подачей s_w под углом ω_w к оси вращения червяка, равном углу γ_w подъема витков червяка на его начальном цилиндре.

Таблица 3 - Схемы формообразования возможных типов цилиндрических и гиперболических основных червяков, нарезаемых торцовыми резцовыми головками и чашечными шлифовальными кругами

Основные типы червяков, нарезанных торцовыми резцовыми головками и шлифовальными кругами	
Цилиндрические червяки – аналоги	Гиперболические червяки
Образованный резцовой головкой ZT3 	Образованный резцовой головкой ZH10
Образованный резцовой головкой ZT4 	Образованный резцовой головкой ZH11
Образованный резцовой головкой ZT5 	Образованный резцовой головкой ZH12
Образованный торцовым кругом ZT6 	Образованный торцовым кругом ZH13
Образованный торцовым кругом ZT7 	Образованный торцовым кругом ZH14

Для аналога цилиндрического червяка *ZT7* типа, образованного торцовым шлифовальным кругом, у которого производящее абразивное кольцо (тор) выполнено на периферии торцовой поверхности круга или головки по нормали к плоскости их вращения, а образующий профиль совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном к его витку на начальном цилиндре червяка, возможно исполнение гиперболоидного червяка *ZH14* типа, у которого профиль зубьев рейки и связанный с ним образующий профиль абразивного кольца (тора), установленного на периферии торцовой поверхности круга или головки по нормали к плоскости их вращения, совмещен с профилем впадины витка червяка в сечении, нормальном к витку на начальном цилиндре червяка диаметра d_ω , при движении шлифовального круга с подачей s_u под углом ω_ω к оси его вращения, равном углу γ_ω подъема впадины витков червяка на его начальном цилиндре.

Совокупность приведенных схем ориентации и параметров установки заготовки и инструмента, а также их движений, обеспечивает возможность разработки на их базе технологических процессов обработки гиперболоидных основных червяков известных в настоящее время типов и позволяет приступить к их изготовлению и исследованию.

Общие выводы по работе.

1. Аналогия предлагаемых способов обработки гиперболоидных червяков с подачей инструмента по нормали к его винтовой линии, обеспечивает возможность реализации на них известных в настоящее время 14 типов цилиндрических основных червяков.

2. Учитывая незначительные отклонения профилей гиперболоидных основных червяков всех типов, предложена их сквозная классификация с символами *ZH1...ZH14*, в которых сохранена преемственность первого символа *Z* с принятой классификацией обозначений основных червяков и имеются явные отличительные признаки – второй символ *H*, полученный сокращением названия *hyperboloid* – гиперболоид, что позволяет их строго идентифицировать, а порядковый номер от 1 до 14 – строго конкретизирует тип основного червяка и его отличительные параметры от других типов.

3. Преемственность базовых технологий и относительная простота изготовления всех основных типов *ZH1...ZH14* гиперболоидных червяков и практическое повторение их профилей профилем режущих инструментов, обеспечивает возможности для их быстрого производства при минимальных технико-экономических затратах.

4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Н.Л. Исследование и повышение долговечности глобоидных редукторов механизмов передвижения башенных кранов: автореферат дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.02 – машиноведение и детали машин / Н.Л. Попов. – Одесса, 1982. – 15 с.
2. Политехнический словарь / Ред. кол.: А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – с.124.
3. Витренко А.Н., Витренко В.А., Зуй Б.С., Кириченко И.А. Повышение качества изготовления зубьев при обработке многозаходным инструментом / Современные проблемы машиностроения и технического прогресс. Тез. докл. междунар. научно-техн. конф. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – с. 41-42.
4. Настасенко В.А. Новые технологические процессы для обработки гиперболоидных червячных передач / Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. Вип. 40. с. 176–185.
5. Настасенко В.О. Удосконалення виробництва гіперболоїдних зубчастих передач та черв'ячних зуборізних інструментів // Надійність інструменту і оптимізація технічних систем. Збірка наукових праць – Краматорськ: ДДМА, Випуск 30, 2012. - с.226-232.
6. Зубчатые и червячные передачи / Под ред. Н.И.Колчина. –Л.: Машиностроение, 1974. – 364 с.
7. Патент Российской Федерации на изобретение № 2200262, МПК В23 F 21/16. Червячная передача, способ ее изготовления, оборудование и инструмент для его осуществления. Автор изобретения В.А. Настасенко. Заявка № 98116838/28 от 08.09.98. // БИ 2003. № 7 от 10.03.03.
8. Заявка на патент на изобретение Российской Федерации № 2012138947 от 11.09.2012. Способы обработки гиперболоидных червяков и червячных зуборезных инструментов и устройства для их реализации. Авт. Настасенко В.А.
9. Настасенко В.А. Основные типы гиперболоидных червяков и способы их производства //Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. Вип. 44. - с.181–188.
10. Настасенко В.А. Гиперболоидные червячные передачи, оборудование и инструмент для их изготовления // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов XIV Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. – Донецк, ДонГТУ, 2007, Т3. –с 91-96.