

УДК 621.9-529.00.12

ПРИМЕНЕНИЕ ШАГОВОГО ГИДРОПРИВОДА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ СО СЛОЖНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. С. Аверин, Н. А. Храмова

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор Д. Ю. Муромцев

Ключевые слова и фразы: внутренние цепи; гидравлические связи; гидравлические шаговые двигатели; гидравлический шаговый привод; формообразующие цепи.

Аннотация: Рассмотрена возможность построения внутренних (формообразующих) кинематических цепей металлорежущих станков различного технологического назначения в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода в целях повышения точности, снижения металлоемкости, создания рациональной конструкции станка, используя агрегатно-модульный принцип.

Введение

Тенденцией перспективного развития металлорежущих станков является дальнейшее повышение точности обрабатываемых изделий путем снижения суммарной кинематической погрешности согласованного перемещения инструмента и заготовки, уменьшения влияния на точность обработки различных возмущающих воздействий, снижения металлоемкости.

Для получения в станке определенного исполнительного движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка – заготовкой и инструментом – и кинематическую связь этих звеньев с источником движения. Такие связи в большинстве случаев осуществляются с помощью механических звеньев как в цепях главного движения и подачи, так и во внутренних (формообразующих) цепях станков, при этом каждая из цепей строится как индивидуализированная конструкция для любого типа станка, но с разными габаритами и различной точностью [1].

Ванин Василий Агафонович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»; Колодин Андрей Николаевич – ассистент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», e-mail: dekokan@yandex.ru; Аверин Алексей Сергеевич – магистрант; Храмова Наталия Александровна – магистрант, ТамбГТУ, г. Тамбов.

Характеристика механических внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков

Кинематические цепи с механическими звеньями обеспечивают получение весьма точных передаточных отношений выходных звеньев и не требуют дополнительных поднастроек в процессе работы. Механические кинематические цепи отличаются непостоянной жесткостью, обусловленной протяженностью цепи, жесткостью стыков в кинематических парах, числом таких кинематических пар. Это особенно проявляется в металлорежущих станках со сложными движениями формообразования, имеющих сложные разветвленные многозвенные механические переналаживаемые цепи значительной протяженности, в которых необходимо обеспечить функциональную связь для создания взаимосвязанных формообразующих движений заготовки и инструмента.

Для обеспечения высокой точности функционально связанных перемещений все элементы кинематических цепей (зубчатые колеса, ходовые винты, червячные колеса и др.) выполняются с высокой точностью. Конструкция опор должна исключить биение валов и ходовых винтов в радиальном и осевом направлениях. Конечные звенья кинематической цепи во всех случаях монтируются на опорах качения высокой точности.

Сокращение протяженности внутренних цепей станков возможно осуществить применением для их построения гидравлической системы синхронной связи на основе шагового гидравлического привода, которая обеспечивает высокую точность согласованных угловых перемещений и возможность прямого непосредственного соединения исполнительного двигателя с нагрузкой, исключая при этом промежуточные механические передачи, редукторы, коробки передач [2 – 4].

Применение гидравлических связей на основе шагового гидропривода для построения формообразующих цепей металлорежущих станков

Построение внутренних (формообразующих) кинематических цепей металлорежущих станков различного технологического назначения в виде гидравлических связей на основе шагового гидропривода позволяет значительно упростить их кинематическую структуру путем сокращения протяженности механических цепей, исключив из них ряд промежуточных механических звеньев.

В основе построения гидравлических кинематических формообразующих цепей станков лежит гидромеханическая синхронная передача «гидравлический вал» [2 – 4]. Структурно шаговый привод представляет собой систему из трех агрегатов (блоков): источника рабочей жидкости, управляющего устройства и силового гидравлического шагового двигателя (ГШД). В качестве силового исполнительного органа в передаче используется специальный ГШД, выходной вал которого отрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилением по мощности. Звеном настройки такой передачи служит генератор гидравлических импульсов, который соединен с шаговым гидродвигателем системой трубопроводов и преобразует энергию рабочей жидкости в гид-

равлические импульсы, распределяя их в определенной последовательности по рабочим камерам гидродвигателя.

Скорость вращения и суммарный угол порота выходного вала ГШД пропорциональны соответственно частоте и числу управляющих импульсов. При использовании шагового гидропривода во внутренних цепях металлорежущих станков передаточное отношение между исполнительными органами гидравлической связи зависит от соотношения частот управляющих импульсов, формируемых коммутирующим устройством (генератором гидравлических импульсов) и подаваемых к исполнительным ГШД приводам заготовки и инструмента. Это позволяет компоновать внутренние кинематические цепи станков различного технологического назначения с большим различием характеристик каждый раз заново из небольшого, экономически обоснованного, количества типоразмеров одинаковых типовых (или стандартных) унифицированных общих блоков (модулей), имеющих функциональную и конструктивную завершенность, с использованием ограниченного числа деталей и узлов индивидуального проектирования и изготовления [4].

Рассмотрим структурные схемы станков различного технологического назначения, формообразующие цепи которых построены с использованием гидравлических связей на основе шагового гидропривода с разными схемами коммутации потоков рабочей жидкости.

Реализация построения внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков на основе шагового гидропривода

На рисунке 1 представлена структурная схема зубострогального станка с внутренними гидравлическими связями для нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колес зуборезной гребенкой [5] с системой управления от блоков гидрораспределителей, построенной на базе двухкромочного золотника с торцовым распределением рабочей жидкости [6].

Станок включает в себя инструмент 12, который совершает возвратно-поступательное движение от электродвигателя Д через звено настройки i_v , заготовку 11, которая получает вращение от шагового гидродвигателя 10, посредством червячной передачи 14 связанного с круглым столом.

Поступательное перемещение прямоугольного стола 13 вместе с круглым столом и заготовкой 11 осуществляется шаговым гидродвигателем 21, выходной вал которого через суммирующий механизм 20, в виде дифференциала с коническими колесами, кинематически связан посредством ходового винта 17 с прямоугольным столом 13.

Для получения круглым столом с заготовкой сложного движения формообразования, вызванного тем, что движение обката составлено из разнородных движений: поступательного перемещения прямоугольного стола и вращательного движения круглого стола, а также тем, что стол является общим исполнительным звеном, одновременно принадлежащим группам деления и обката, соединение групп осуществляется через суммирующий механизм (дифференциал) 20.

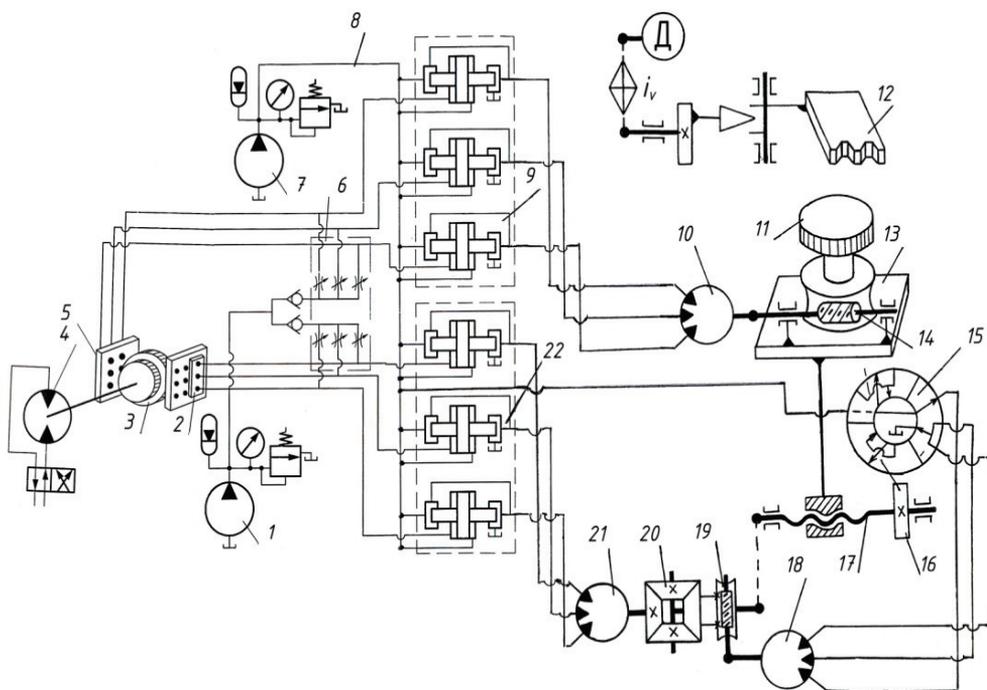


Рис. 1. Структурная схема зубострогального станка с внутренними гидравлическими связями для нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колес зуборезной гребенкой

Дополнительное движение осуществляется шаговым гидродвигателем 18, кинематически связанным с ходовым винтом продольной подачи прямоугольного стола 13 посредством червячной передачи 19 и управляемым генератором гидравлических импульсов 15, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 16, закрепленного на ходовом винте 17 продольного перемещения прямоугольного стола.

Управление шаговыми гидродвигателями 10 и 21 приводов вращения круглого стола с заготовкой 11 и продольного перемещения прямоугольного стола 13 осуществляется от блоков 8 и 9 гидрораспределителей с торцовым распределением рабочей жидкости, выполненных на базе двухкромочного золотника.

Настройка цепи формообразования, связывающая между собой в необходимом соотношении вращение круглого стола с заготовкой и продольное перемещение прямоугольного стола, производится генератором гидравлических импульсов, который представляет собой устройство, выполненное в виде набора кодирующих дисков 5, закрепленных на общей оси и получающих вращение от отдельного гидромотора 4.

Генератор 3 формирует гидравлические импульсы давления и распределяет их по рабочим камерам шаговых гидродвигателей путем периодического в определенной последовательности открытия и закрытия рабочих щелей и обеспечивает постоянное для данной настройки отношение час-

тот гидравлических импульсов давления, а следовательно частот вращения выходных валов шаговых гидродвигателей приводов вращения круглого стола с заготовкой 11 и перемещения прямоугольного стола 13.

Передаточное отношение между исполнительными шаговыми двигателями с гидравлической связью зависит от соотношения частот гидравлических импульсов, формируемых генератором 3 и подаваемых к исполнительным силовым шаговым двигателям, которые приводят во вращение заготовку и ее поступательное перемещение для обеспечения жесткой кинематической связи, и определяется числом гидравлических импульсов, подаваемых за один оборот блока кодирующих дисков генератора 3.

Изменение передаточного отношения цепи обката (деления) производится перемещением ползушек 2 на корпусе генератора 3 относительно периферии кодирующего диска с различным числом выступов, осуществляя при этом коммутацию потоков рабочей жидкости по силовым каналам в зависимости от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент выступом вращающегося кодирующего диска генератора 3.

Рабочая жидкость при получении управляющих импульсов для гидрораспределителей с торцовым распределением поступает от насосной установки 1 через блок постоянных дросселей 6. Далее от силовой насосной станции 7 рабочая жидкость поступает на вход блоков дискретных гидрораспределителей 9 и 22, а затем, в зависимости от положения гидрораспределителей, по одному из силовых каналов подается в рабочие камеры шаговых гидродвигателей 10 и 21 приводов вращения круглого стола с заготовкой 11 и продольного перемещения прямоугольного стола 13.

На рисунке 2 представлена структурная схема токарно-затыловочного станка с внутренними гидравлическими связями для обработки конических резьбовых затылованных изделий с винтовыми стружечными канавками [7]. Станок включает в себя заготовку 8, совершающую вращательное движение от электродвигателя Д через звено настройки i_v , инструмент 22, взаимодействующий с заготовкой по цепи затылования (деления).

Движение деления (затылования), связывающее между собой вращение заготовки 8 и вращение кулачка затылования 5, от которого получает возвратно-поступательное движение верхняя каретка 14 с инструментом, осуществляется от шагового гидродвигателя 3, управляемого генератором гидравлических импульсов 6, золотниковая втулка с расчетным числом сквозных рабочих щелей которого получает вращение от зубчатого колеса 7, жестко закрепленного на шпинделе изделия.

Продольное перемещение инструмента 22 связано с вращением заготовки 8 винторезной цепью и осуществляется от шагового гидродвигателя 16, кинематически связанного с продольным суппортом 21 посредством ходового винта 19 продольной подачи и управляемого генератора гидравлических импульсов 9, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от привода зубчатого колеса 7.

Поперечное перемещение верхней каретки 14 суппорта с инструментом, необходимое для воспроизведения наклонной образующей при обработке конической поверхности осуществляется гидравлической связью,

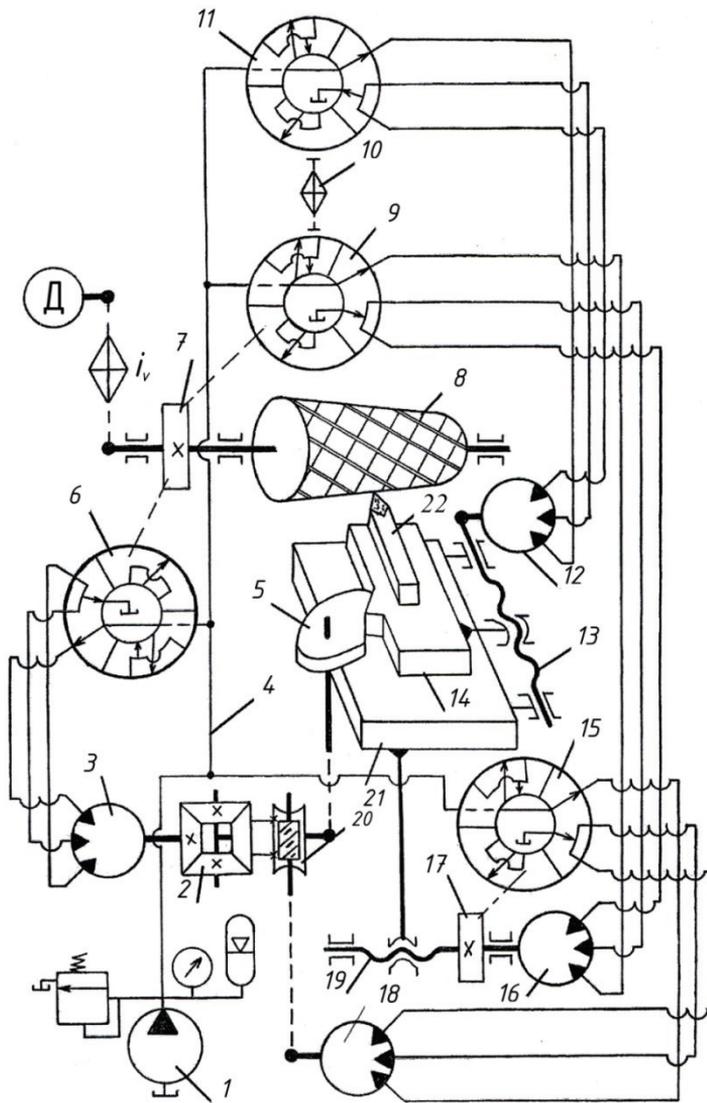


Рис. 2. Структурная схема токарно-затыловочного станка с внутренними гидравлическими связями для обработки конических резьбовых изделий

включающей в себя шаговый гидродвигатель *12* кинематически связанный посредством ходового винта *13* поперечной подачи и управляемый генератором гидравлических импульсов *11*, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение посредством несилевой гитары сменных зубчатых колес *10* от вращающейся золотниковой втулки генератора гидравлических импульсов цепи продольных подач. Дифференциальное движение, необходимое при затыловании конических резьбовых изделий с винтовыми стружечными канавками и обеспечивающее добавочный поворот кулачку затылования *5*, от которого совершается возвратно-поступательное движение инструмента при продольном перемещении продольного суппорта *21*, осуществляется шаговым гидродвигателем *18*, кинематически связанным с кулачком затылования через суммирующий

механизм 2 в виде дифференциала с коническими колесами посредством червячной передачи 20 и управляемым генератором гидравлических импульсов 15, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 17, жестко закрепленного на ходовом винте 19 продольной подачи суппорта 21. Рабочая жидкость подводится к генератору гидравлических импульсов от насосной установки 1 по трубопроводу 4.

На рисунке 3 приведена структурная схема резбифрезерного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания цилиндрических винтовых поверхностей переменного шага с модифицированным механизмом приращения шага.

Станок включает в себя инструмент 8, представляющий собой дисковую фрезу с профилем, соответствующим профилю нарезаемой винтовой поверхности, и совершающий вращательное движение от электродвигателя Д1 через звено настройки i_{v1} и заготовку, которая совершает вращение (движения круговой подачи) от электродвигателя Д через звено настройки i_v . Резбифрезерный станок включает в себя кинематическую цепь вращения инструмента (дисковую фрезу); кинематическую цепь вращения шпинделя с заготовкой (движения круговой подачи); кинематическую цепь начального шага, связывающую между собой вращение шпинделя с заготовкой и продольное перемещение суппорта с фрезерной головкой от ходового винта продольной подачи; цепь приращения шага винтовой поверхности связывающая цепь начального шага и суммирующий механизм, задающий закон изменения шага, выполненный в виде коррекционной линейки в комбинации с червячной передачей.

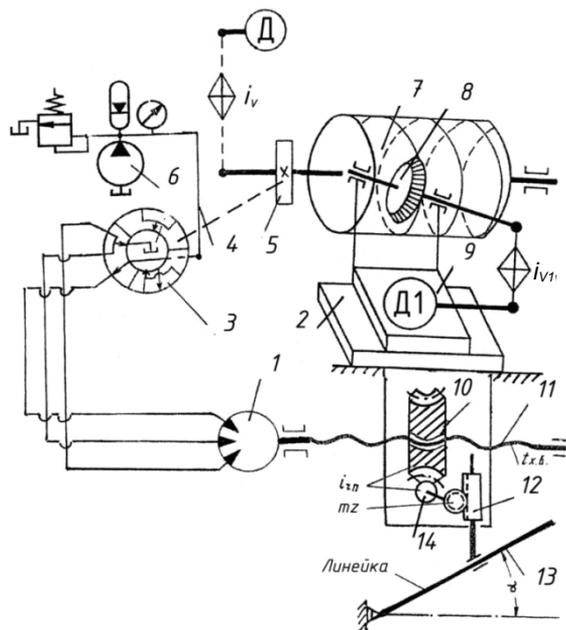


Рис. 3. Структурная схема резбифрезерного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания цилиндрических винтовых поверхностей переменного шага

Переменный шаг винтовой поверхности образуется в результате сложения двух движений, передаваемых одновременно суппорту станка при его движении: одно движение равномерное продольное перемещение по кинематической цепи начального шага от ходового винта и другое движение – дополнительное перемещение по цепи приращения шага винтовой поверхности при включении суммирующего механизма, выполненного в виде, коррекционной линейки в комбинации с червячной передачей.

Продольное перемещение суппорта 2 с фрезерной головкой 9, несущей инструмент 8 (цепь начального шага винтовой поверхности) осуществляется от шагового гидродвигателя 1, управляемого генератором гидравлических импульсов 3, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 5, жестко закрепленного на шпинделе заготовки 7.

Дополнительное перемещение продольного суппорта с инструментом, необходимое для получения величины приращения шага винтовой поверхности при продольном перемещении суппорта, осуществляется от коррекционной линейки 13, установленной под углом к линии центра станка.

При перемещении продольного суппорта 2 с фрезерной головкой 9 одновременно будет перемещаться в поперечном направлении к линии центра станка зубчатая рейка 12, шарнирно связанная с установленной под углом коррекционной линейкой 13, и поворачивать реечное колесо, кинематически связанное с суммирующим механизмом, выполненным в виде червячной передачи на гайке 10 ходового винта 11. Рабочая жидкость к генератору гидравлических импульсов поступает от насосной установки 6 по трубопроводу 4.

Заключение

Эффективность использования во внутренних цепях станков гидравлических связей на основе шагового гидропривода с силовыми исполнительными ГШД по сравнению с использованием традиционных механических цепей достигается за счет следующих основных факторов:

1) обеспечения конструктивной однородности формообразующих кинематических цепей между конечными звеньями цепей – заготовкой и инструментом, для станков различного технологического назначения и разных типоразмеров. При этом возможны исключение конструктивного и размерного многообразия кинематических цепей, предназначенных для выполнения однотипных функций, и реализация построения внутренних цепей различных типов металлорежущих станков с большим различием характеристик из небольшого, экономически обоснованного, количества типоразмеров одинаковых агрегатов (модулей), что ведет к упорядочению номенклатуры внутренних (формообразующих) цепей;

2) уменьшения металлоемкости и массы станка за счет исключения из механической цепи промежуточных звеньев при замене ее гидравлической связью;

3) обеспечения унификации элементов привода и приводов в целом для станков различного технологического назначения и разных типоразмеров по отдельным координатам;

4) расширения возможности применения шагового гидропривода для исполнения сложных формообразующих движений в станках со сложными движениями формообразования при сложном пространственном расположении рабочих органов станка и при значительном расстоянии между подвижными рабочими исполнительными органами.

Список литературы

1. Федотенок, А. А. Кинематическая структура металлорежущих станков / А. А. Федотенок. – М. : Машиностроение, 1970. – 403 с.
2. Построение внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков с неравномерными движениями формообразования на основе гидравлических связей / В. А. Ванин [и др.] // *Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского*. – 2013. – № 1(45). – С. 261 – 272.
3. Металлорежущие станки с гидравлическими связями на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях / В. А. Ванин [и др.] // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 167 – 175.
4. Ванин, В. А. Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими связями на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях / В. А. Ванин, Нгуен Нгок Хай // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2011. – Т. 17, № 3. – С. 157 – 167.
5. Пат. 2131337 Российская Федерация, МПК⁶ В 23 F 5/14. Зубострогальный станок для нарезания цилиндрических зубчатых колес зуборезной гребенкой / Ванин В. А. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 96114247/02 ; заявл. 16.07.96 ; опубл. 10.06.99, Бюл. № 16. – 2 с.
6. Пат. 2087276 Российская Федерация МПК⁶ В 23 F 5/06. Цепь обката зубошлифовального станка / Ванин В. А., Трифонов О. Н. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 94040111/02 ; заявл. 27.10.94 ; опубл. 20.08.97, Бюл. № 23. – 2 с.
7. Пат. 2074806 Российская Федерация МПК⁶ В 23 Q 5/26. Гидравлическая цепь подач токарно-затыловочного станка / Ванин В. А., Трифонов О. Н. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 94017478/08 ; заявл. 13.05.94 ; опубл. 10.03.97, Бюл. № 7. – 2 с.

References

1. Fedotenok A.A. *Kinematic structure of machine tools*, Moscow: Mashinostroenie, 1970, 403 p.
2. Vanin V.A., Kolodin A.N., Do M.Z., Damap M.M. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo*, 2013, no. 1(45), pp. 261-272.
3. Vanin V.A., Kolodin A.N., Do M.Z., Damap M.M. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 167-175.
4. Vanin V.A., Nguen Ngok Khai. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 3, pp. 157-167.
5. Vanin V.A., Tambov State Technical University, *Zubostrogal'nyi stanok dlya narezaniya tsilindricheskikh zubchatykh koles zuboreznoi grebenkoi* (Straight bevel gear cutting machine for cylindrical gears Gear comb), Russian Federation, Pat. 2131337.
6. Vanin V.A., Trifonov O.N., Tambov State Technical University, *Tsep' obkata zuboshlifoval'nogo stanoka* (Generating chain gear grinding machine), Russian Federation, Pat. 2087276.

7. Vanin V.A., Trifonov O.N., Tambov State Technical University, *Gidravlicheskaya tsep' podach tokarno-zatylovochnogo stanka* (Hydraulic circuit innings lathe machine zatylovochnogo), Russian Federation, Pat. 2074806.

Application of the Hydraulic Drive for the Construction of Stepper Shaping Circuits of Machine Tools with Complex Movements Shaping

V. A. Vanin, A. N. Kolodin, A. S. Averin, N. A. Khramova

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: hydraulic connection; hydraulic stepper drive; hydraulic steppers; internal circuits; shaping circuit.

Abstract: The paper explores the possibility of building internal (formative) kinematic chains of machine tools of various technological purposes in the form of hydraulic bonds on the basis of hydraulic drive to increase the accuracy, reduce metal capacity, design the machine construction using aggregate modular principle.

© В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. С. Аверин, Н. А. Храмова, 2014

Статья поступила в редакцию 24.12.2013 г.