

*А. А. Родина, И. В. Облицов\*, А. С. Поляков\**

**СИНТЕЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАНКОВ  
СО СЛОЖНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ**

Модульный принцип рационального построения внутренних цепей металлорежущих станков возможно осуществить на основе гидравлических связей в виде дискретного шагового гидравлического привода, где в качестве силового исполнительного органа применяется шаговый гидродвигатель с механической редукцией шага.

В качестве силового исполнительного органа в такой схеме используется специальный гидравлический шаговый двигатель (ГШД), выходной вал которого обрабатывает 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 гидравлические импульсы и распределяет их в определенной последовательности по рабочим камерам гидродвигателя.

Скорость вращения и суммарный угол поворота выходного вала ГШД пропорциональны соответственно частоте и количеству 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 шаговым двигателям привода заготовки и инструмента [1, 2].

Поскольку для получения формообразующего движения необходимо обеспечить жесткую кинематическую связь между заготовкой и инструментом для осуществления требуемой функциональной зависимости между перемещениями рабочих органов, то в данном случае из всех видов шаговых гидродвигателей наиболее приемлемыми для применения во внутренних кинематических цепях являются двигатели с механической редукцией шага.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» В. А. Ванина.

Шаговый гидропривод состоит из автономных функционально и конструктивно завершенных блоков (модулей), которые могут выполнять заданные функции либо самостоятельно, либо совместно с другими подобными модулями в зависимости от сложности и назначения кинематической цепи, количества формообразующих движений, точности кинематической цепи.

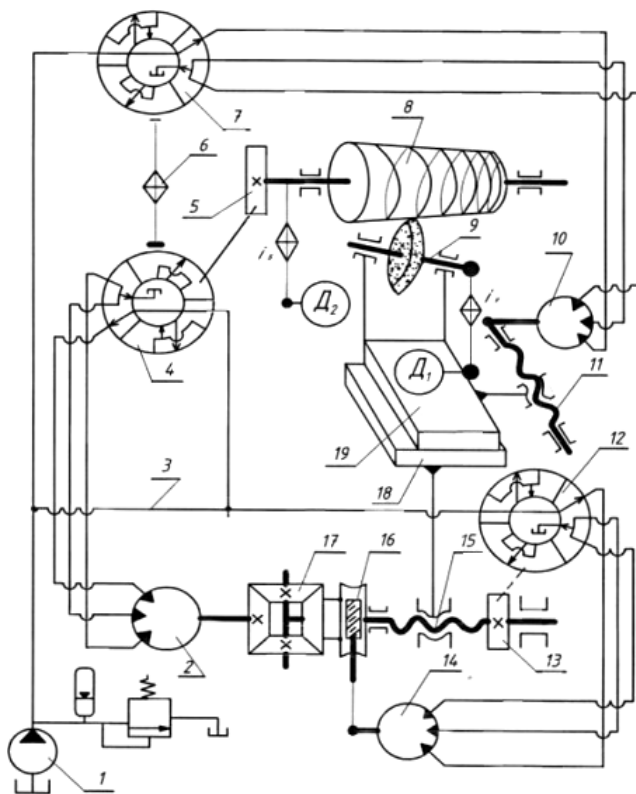
Все узлы шагового гидропривода имеют типовые присоединительные размеры и стыковочные устройства, чем обеспечивается возможность соединения с конечными звеньями кинематических цепей – делительными червячными или винтовыми передачами и выполнения ими заданных функций либо самостоятельно, либо совместно с другими такими же модулями в зависимости от назначения и сложности кинематических цепей, количества формообразующих движений, точности кинематических цепей.

Построение внутренних кинематических цепей на основе шагового гидропривода в виде гидравлических связей возможно благодаря тому, что при использовании гидравлических связей обеспечивается:

- 1) жесткая функциональная кинематическая связь между исполнительными органами с сохранением точного передаточного отношения;
- 2) возможность регулирования скоростей движения исполнительных органов и их передаточных отношений в определенном диапазоне;
- 3) податливость гидравлической цепи не ниже податливости цепи, составленной из механических звеньев.

Применение гидравлических связей во внутренних цепях станков позволяет существенно упростить систему управления, получить достаточную точность при разомкнутой системе управления благодаря однозначному соответствию между количеством и частотой следования управляющих импульсов и величиной и частотой отработки дискретных перемещений (угловых или линейных) на выходе исполнительного органа.

Используя высокие компоновочные качества гидравлического шагового привода представляется возможным применить гидравлические связи к построению внутренних кинематических цепей, требующих точных взаимосвязанных движений заготовки и инструмента. Наиболее наглядно это проявляется в станках, имеющих сложные разветвленные многозвенные цепи значительной протяженности, где наличие тяжелонагруженных протяженных силовых цепей, подверженных значительным механическим и температурным деформациям и износу, требует применения громоздких механических устройств [3, 4].



**Рис. 1. Структурная схема резбошлифовального станка с внутренними гидравлическими связями для шлифования конических резб с неравномерным шагом**

На рисунке 1 представлена структурная схема резбошлифовального станка с гидравлическими формообразующими связями для обработки конических винтовых поверхностей переменного шага.

Станок включает в себя заготовку 8, совершающую вращательное движение от электродвигателя  $D_2$  через звено настройки  $i_s$  и связанную винторезной цепью с инструментом 9.

Кинематическая структура резбошлифовального станка для обработки конических винтовых поверхностей переменного шага включает в себя кинематическую цепь вращения инструмента, кинематическую цепь вращения с заготовкой; кинематическую цепь начального шага, связывающую между собой вращение заготовки и продольное

перемещение продольного суппорта 7 с инструментом 9, получающим вращение от двигателя Д<sub>1</sub>, цепь поперечного перемещения верхних салазок 19 суппорта с инструментом, связывающее между собой продольное перемещение продольного суппорта 18 и поперечное перемещение верхних салазок с инструментом для воспроизведения наклонной образующей конической поверхности; цепь приращения шага винтовой поверхности, связанная с цепью начального шага посредством суммирующего механизма 4, выполненного в виде дифференциала из конических колес.

Продольное перемещение продольного суппорта с инструментом осуществляется от шагового гидродвигателя 2, кинематически связанного с ходовым винтом 15 продольной подачи продольного суппорта 18 и управляемого генератором гидравлических импульсов 4, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 5, жестко закрепленного на шпинделе заготовки 8.

Поперечное перемещение поперечного суппорта 19 с инструментом 9, связанное определенной зависимостью с продольным перемещением продольного суппорта 18 для воспроизведения наклонной образующей, производится шаговым гидродвигателем 10, кинематически связанным с ходовым винтом 11 поперечной подачи поперечного суппорта и управляемого генератором гидравлических импульсов 7, золотниковая втулка получает вращение от генератора гидравлических импульсов 4, управляющего шаговым гидродвигателем 2 цепи продольного перемещения продольного суппорта 18 через несилую гитару сменных зубчатых колес 6.

Дифференциальное движение, необходимое для обработки винтовых канавок с переменным шагом, равное величине приращения шага линии, осуществляется от шагового гидродвигателя 14, кинематически связанного посредством червячной передачи 16 с суммирующим механизмом 17, выполненным в виде дифференциала с коническими колесами и управляемого генератором гидравлических импульсов 12, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 13, жестко закрепленного на ходовом винте 15 продольной подачи суппорта 18. Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки 1 по трубопроводу 3.

### Список литературы

1. *Vanin, V. A. Modular Design Based on Hydraulic Step Drives for Internal Kinematic Chains in Metal-cutting Machines / V. A. Vanin, A. N. Koldin // Russian Engineering Research 30 (12). – 2010. – P. 1248 – 1251.*

2. *Vanin, V. A.* Modular Design Based on Hydraulic Step Drives for Internal Kinematic Chains in Metal-cutting Machines / V. A. Vanin, A. N. Kolodin // Russian Engineering Research 31 (1). – 2011. – P. 56 – 58.

3. *Ванин, В. А.* Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями // В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // СТИН. – 2014. – № 5. – С. 2 – 8.

4. *Ванин, В. А.* Резьбообрабатывающие станки с гидравлическими формообразующими связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей переменного шага / В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина // Вестник машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 37 – 45.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*