

6. Khoroshun L.P., Shikula E.N. Micromechanics of the short-time damage-ability of granular composite materials under unlimited microdurability // International Applied Mechanics.-2008.-vol.44, №11.-pp.
7. Максимов Р.Д., Иргенс Л.А., Янсонс Ю.О., Плумэ Э.З. Механические свойства полиэфирного полимербетона // Механика композитных материалов.- 1999.- 35, №2.- С. 147-162.
8. Голуб В.П., Павлюк Я.В., Фернати П.В. Нестационарная ползучесть линейных вязкоупругих материалов при одноосном растяжении и сжатии // Теорет. и прикл. механика.- 2007.- Вып.43, сс.40 - 49.
9. В.П.Голуб, Я.В.Павлюк, П.В.Фернати Расчёт деформаций ползучести полимербетона при переменном нагружении с использованием ε_α - оператора Работнова // Проблемы оптимального проектирования сооружений. – Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2008, сс. 98-108.
10. Работнов Ю.Н., Паперник А.Х., Степанычев Е.И. Нелинейная ползучесть стеклопластика ТС8/3-250 // Механика полимеров.- 1971.- №3, сс. 391-397.
11. Findley W.N., Peterson D.B. Prediction of long-time creep with ten-year creep data on four plastic laminates // Proc. ASTM.- 1958.- Vol. 58, pp. 841-855.
12. Findley W.N. Prediction of stresses relaxation from creep tests of plastics // Proceedings of Third U.S. National Congress of Applied Mechanics: Brown University.- 1958, pp. 521-526
13. Керштейн И.М., Степанов Р.Д., Огибалов П.М. Область линейности деформационных свойств стеклопластика контактного формования // Механика полимеров.- 1970.- №3, сс. 404-410.
14. Golub V.P., Fernati P.V., Lyashenko Ya.G. To the problem of determination of parameters of the fractional – exponential hereditary kernels of linearly viscoelastic materials // International Applied Mechanics.- 2008.- vol.44, №44, №9. – pp.
15. More J.J., Garbow B.S., and Hillstrom K.E. Users guide to minipack // Argone National Laboratory Publication ANL-80-74, 1980, 238 p.

УДК 621.9.06-08

**В. М. Пестунов, канд.техн.наук, проф., А. С. Стеценко, канд.техн.наук, доц.,
Н. А. Ковришкин, канд.техн.наук, доц.
Кировоградский национальный технический университет, г.Кировоград, Украина**

МЕХАНИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ В ПРИВОДЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье рассмотрены конструктивные схемы повышения эффективности робототехнических комплексов путем использования механических усилителей мощности в приводе движения формообразования. Это позволяет упростить кинематику привода, снизить потери и улучшить выходные характеристики станочных систем.

In article constructive circuits of increase of efficiency technical robots complexes are considered by use of mechanical amplifiers of capacity in a drive of forming movement. It allows to simplify kinematics of a drive, to lower losses and to improve target characteristics machine tools systems.

По современным представлениям робототехническим комплексом (РТК) в металлообработке и сборке принято называть станочную систему, включающую технологическое оборудование и роботы [1–4]. Строгого разделения функций между технологическим оборудованием и роботами обычно нет. Это можно объяснить тем, что транспортные движения, осуществляемые роботами и технологические движения формообразования всегда могут быть синтезированы из элементарных составляющих возможных движений инструмента и заготовки в пространстве.

Эти движения описываются схемой, показанной на рис. 1.

В соответствии со схемой движение формообразования и транспортных перемещений в системе координат РТК XYZ может быть синтезировано из элементарных составляющих движений инструмента и заготовки. Так, движение формообразования поверхности $ABCD$ можно синтезировать из общего числа вращательных движений вокруг осей $X_1Y_1Z_1$ и поступательных движений вдоль этих осей инструмента и вращательных движений вокруг осей $X_2Y_2Z_2$ и поступательных движений вдоль этих осей заготовки. Аналогично синтезируются и транспортные движения инструмента и заготовки.

Механическим усилителем мощности принято называть двухпоточный привод с функциональным его разделением по потокам на силовой и управляющий [1–4]. Такое разделение функций породило традиционное название кинематических цепей, обеспечивающих эти потоки мощности на силовую и управляющую.

В общем виде структурную схему, обобщающую такой привод можно представить в виде графа (Рис. 2). На схеме обозначены: M – электродвигатель; $ЗН$ – звено настройки кинематической цепи; $МУ$ – механизм распределения потоков мощности; $U_1, U_2, \dots, U_n$ – исполнительные органы привода; $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ – управляющие системы.

Из схемы (Рис. 2) следует, что потоками мощности на исполнительном органе привода можно управлять по соотношению величин мощности во времени. Иными словами, в соответствии с программой процесса можно непрерывно или дискретно изменять соотношение мощностей потоков и их количество.

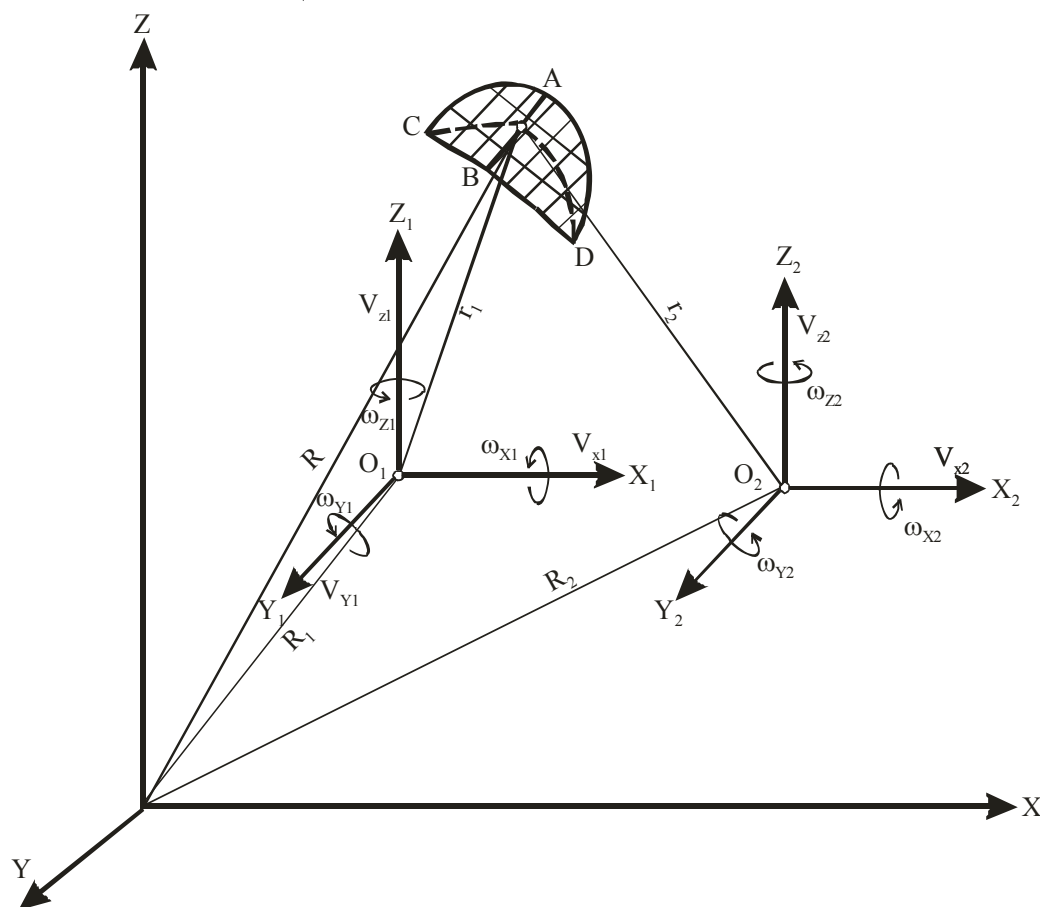


Рис. 1. Универсальная схема обработки

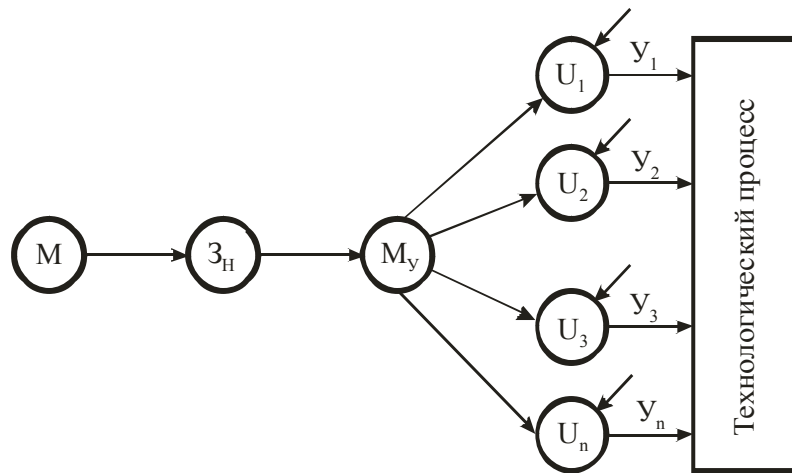


Рис. 2. Структурная схема привода

Это открывает широкие технологические возможности РТК.

Так, изменяя во времени число потоков мощности привода исполнительного органа можно увеличить разрешающую способность системы управления и тем самым повысить точность позиционирования РТК.

Примером такого решения является схема РТК, показанная на рис. 3. Двухконтурная система управления рукой робота обеспечивает транспортирование заготовки на сравнительно большие расстояния с высокой точностью позиционирования.

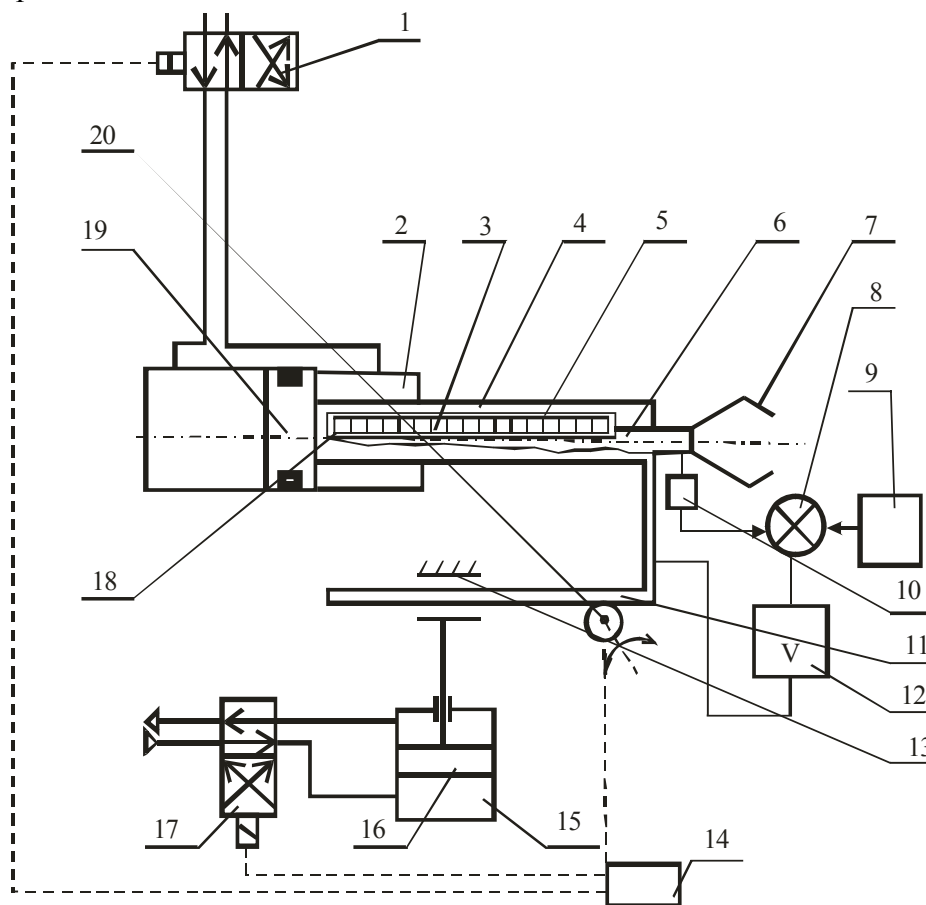


Рис. 3. Схема привода робота

Кисть 7 робота с закрепленной заготовкой осуществляет полный цикл возвратно поступательных движений с наперед заданной точностью. Это достигается тем, что пневматический привод, включающий цилиндр 2, поршень 19, шток 4, золотник 1 осуществляет заданные перемещения руки 6. Система управления 14 датчиком 20 контролирует заданные перемещения и с помощью золотников 1 и 17 управляет движением. В заданном положении с помощью цилиндра 15, поршня 16 и тормоза 13 шток 4 фиксируется с невысокой точностью ($\approx 0,1$ мм).

Затем датчик 10 измеряет фактическое положение руки 6. Это положение устройством 8 сравнивается с заданным программным устройством 9. Результирующий сигнал через преобразователь 12 включает второй контур управления. Исполнительным органом этого контура является магнитострикционный двигатель, содержащий втулки 5–18 и расположенную между ними катушку 3.

Питание катушки по программе перемещения кисти 7 с заготовкой обеспечивает заданную точность позиционирования ($<0,01\text{мм}$).

Таким образом, многопоточная и многоконтурная система управления обеспечивает позиционирование с требуемой точностью независимо от величины перемещения и технологической нагрузки.

Проблему адаптивного управления точностью решает схема привода станка, показанная на рис. 4.

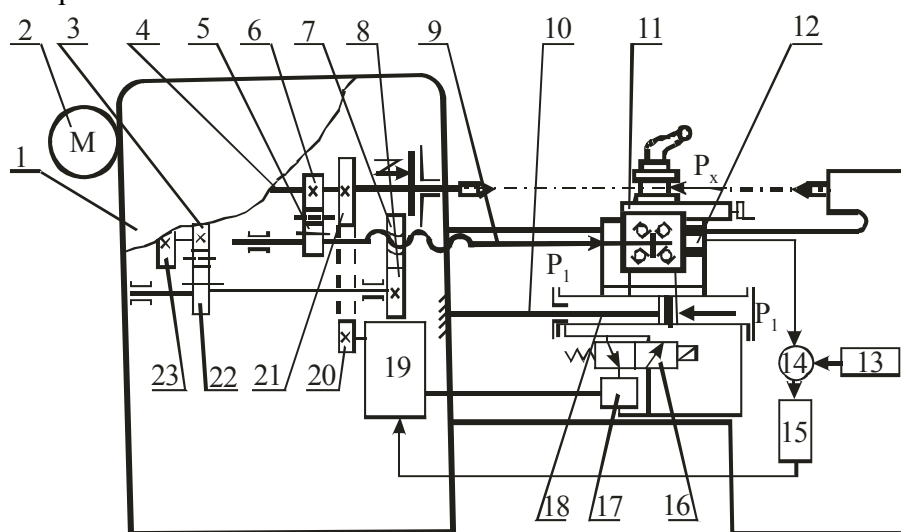


Рис. 4. Схема привода станка

От электродвигателя 2 через коробку скоростей 1 содержащую реверсивные механизмы 3–22–23 и 5–6–21 вращение получает шпиндель 4. На шпинделе установлен тормоз. Суппорт 11 через винтовую несамотормозящую передачу 7–9 соединен с приводом главного движения. В процессе работы вращение винту 9 сообщается через передачу 8–7. При передаче крутящего момента через винтовую передачу возникает осевая сила P_1 приложенная к суппорту 11. Движение подачи ограничивается гидроцилиндром 18, полости которого соединены через дозатор 17, который может отключаться золотником 16. Вращающийся дозатор 17 через вариатор 19 и шестерню 20 соединен с приводом главного движения.

В процессе рабочей подачи суппорт 11 находится в равновесии под действием сил:

$$P = P_X + P_1 + F_T, \quad (1)$$

где P – движущая сила в винтовой передаче; P_X – технологическая нагрузка; P_1 – тормозная сила в гидравлическом ограничителе скорости; F_T – сила трения в направляющих станка.

Из приведенного соотношения (1) следует, что при постоянных параметрах винтовой передачи нагрузка в гидравлическом ограничителе не зависит от режимов работы. Вращающийся дозатор обеспечивает дискретную подачу и дробление стружки.

При увеличении нагрузки датчик 12 через сравнивающее 14, программное 13 и управляющее 15 устройства изменяет передаточное отношение вариатора 19 и тем самым скорость рабочей подачи в функции нагрузки.

Холостые перемещения суппорта осуществляются при выключенном дозаторе 17 золотником 16 и включенном тормозе шпинделя 4.

По этой же схеме (рис. 2) многопоточного привода создан механизм медленных перемещений на заданные расстояния показанный на рис. 5.

Исполнительный орган 2 находится в равновесии под действием сил:

$$Q_{ДВ} = P_P + Q_{УП} + F_{ТР}, \quad (2)$$

где $Q_{ДВ}$ – движущая сила пневмоцилиндра 1; $Q_{УП}$ – тормозная сила управляющего механизма; $F_{ТР}$ – сила трения в направляющих; P_P – рабочая нагрузка.

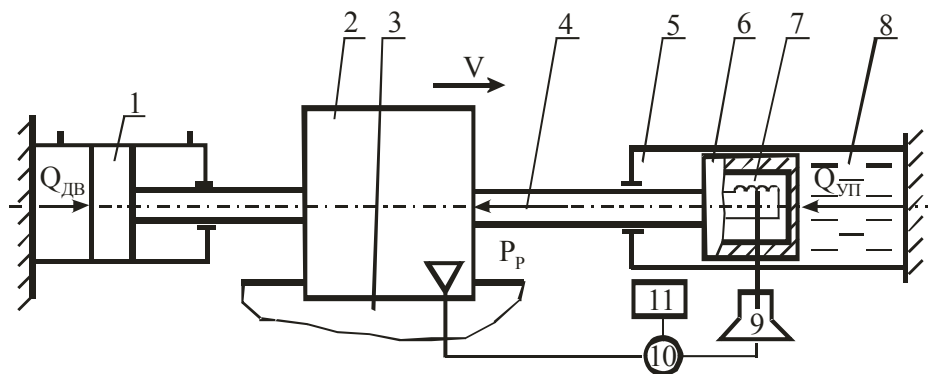


Рис. 5. Механизм медленных перемещений

Управляющий механизм выполнен в виде цилиндра 5 поршень 6 которого через шток 4 соединен с исполнительным органом 2. Поршень 6 опирается на лед 8. В поршне 6 расположена спираль 7.

В процессе работы датчик контролирует нагрузку в направляющих 3 и через сравнивающее 10, программное 11 и управляющее 9 устройства управляет током питания спирали и скоростью рабочей подачи.

Таким образом, на основе (2) обеспечивается адаптивное управление подачей в функции нагрузки, повышается точность обработки.

Проблему компенсации упругой деформации технологической системы станка решает схема привода, построенная по многопогочному методу передачи мощности от электродвигателя к исполнительным органам.

От электродвигателя 10 (рис. 6) через раздаточную коробку 9 вращение получают три не самотормозящие винтовые передачи 8. Гайки винтовых передач соединены с ведущим валом шпиндельной коробки 3. Шпиндели 2 с инструментом обрабатывают заготовку 1.

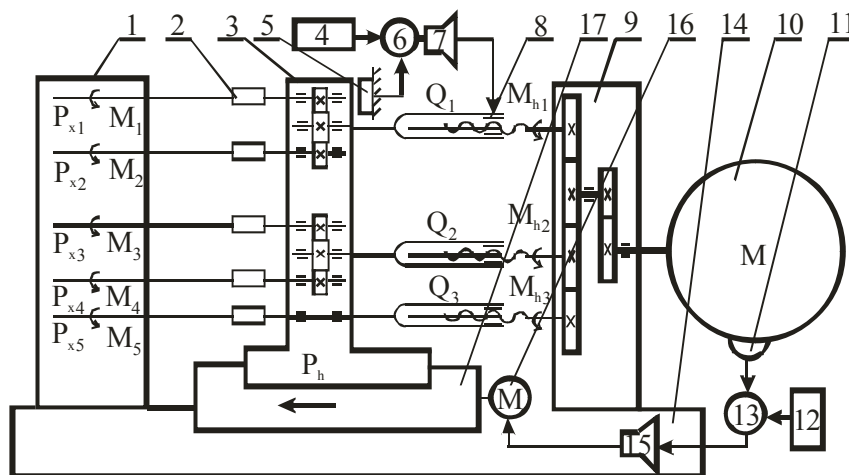


Рис. 6. Схема привода станка

Шпиндельная коробка 3 установлена на платформе силового стола 17, осуществляющего полный цикл возвратно-поступательных движений с помощью электродвигателя 16.

В процессе рабочей подачи датчик 11 контролирует нагрузку двигателя 10 и через сравнивающее 13, программное 12 и управляющее 15 устройства изменяет частоту вращения двигателя. Таким образом, осуществляется адаптивное управление скоростью рабочей подачи в функции нагрузки привода главного движения.

Для компенсации упругой деформации шпиндельной коробки в трех точках, не лежащих на одной прямой, расположены датчики 5 упругой деформации, которые через сравнивающие 6, программные 4 и управляющие 7 устройства изменяет угол наклона винтовых передач. Таким образом осуществляется адаптивное управление усилиями Q_1 , Q_2 и Q_n в функции величины упругой деформации шпиндельной коробки 3. Это повышает точность обработки.

На рис. 7 показана схема привода возвратно-поступательных движений стола, работающего в режиме механического усилителя мощности.

Платформа 3 стола приводится в движение пневмодвигателем 2, шток которого закреплен на станине 1. На платформе 3 закреплена рейка 16, сопрягаемая с колесом 17 закрепленным на валу. На валу установлена тормозная муфта 6 и датчик скорости 13.

В процессе работы датчик 13 контролирует скорость платформы и через сравнивающее 14, программное 15 и управляющее 9 устройства управляет скоростью поступательного движения платформы 3 в соответствии с программой цикла.

В процессе рабочей подачи датчик 12 через сравнивающее 10, программное 11 и управляющее 9 устройства изменяет скорость рабочей подачи, осуществляя тем самым адаптивное управление подачей в функции деформации направляющих.

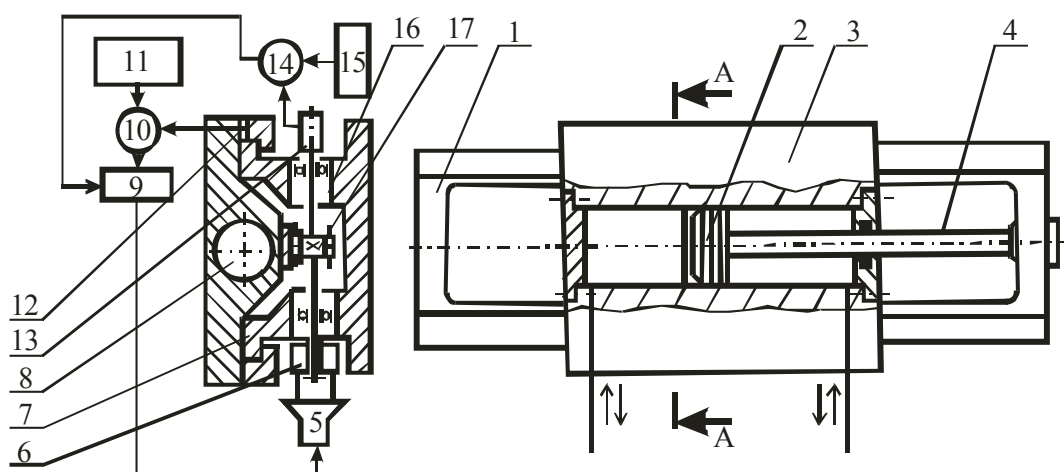


Рис. 7. Схема привода стола

Проблему расширения технологических возможностей привода с "мягкой" нагрузочной характеристикой (пневматической) решает схема, показанная на рис. 8.

Шток 2 пневмоцилиндра 1 через последовательно установленные не самотормозящие винтовые передачи 3–4, втулку 15 и 6–5 соединен с опорой 9 исполнительного органа 8 привода поступательного движения. На винте 5 установлена тормозная муфта 7. В процессе рабочих и транспортных перемещений исполнительного органа 8 по направляющим станины 10 датчик 17 контролирует нагрузку в приводе и через сравнивающее 18, программное 19 и управляющее 12 устройства регулирует ток питания муфты 7 и режим торможения якоря 14. Таким образом, обеспечивается программное управление циклом.

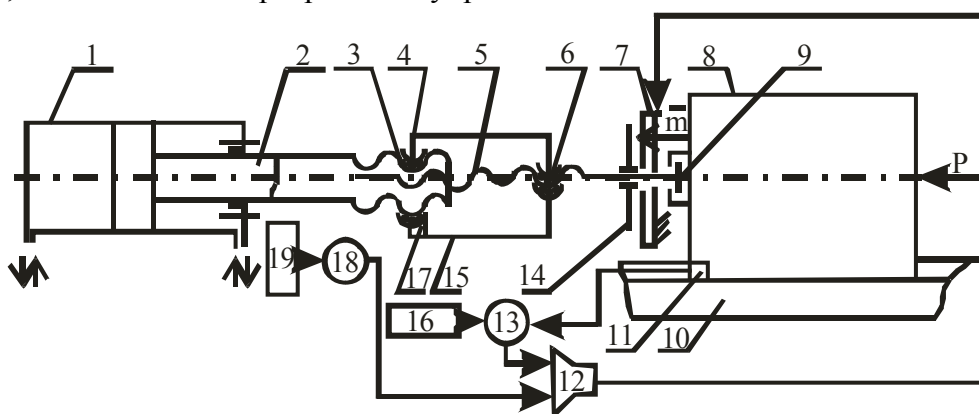


Рис. 8. Схема привода поступательных движений

В процессе рабочей подачи датчик 11 контролирует нагрузку (деформацию) направляющих и через сравнивающее 13, программное 16 и управляющее 12 устройства изменяет скорость рабочей, обеспечивая адаптивное управление подачей в функции нагрузки.

Проблему дроблення стружки с адаптивним управлінням привода технологического ротора решает схема, показанная на рис. 9.

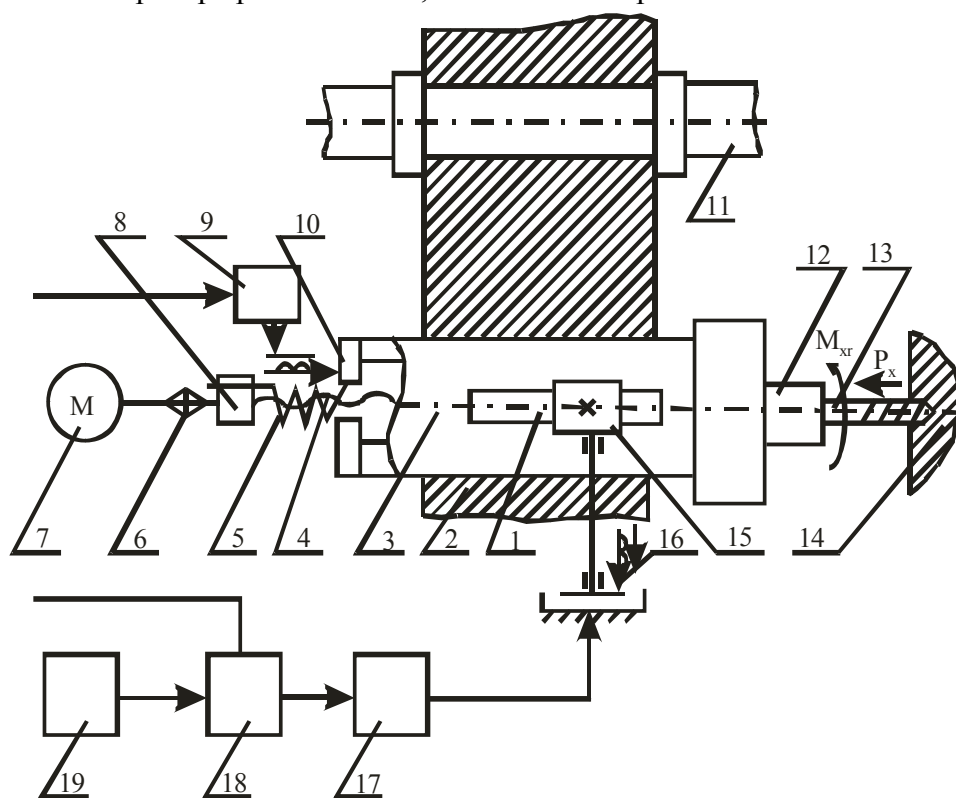


Рис. 9. Схема привода ротора

От электродвигателя 7 через передаточный механизм 6, включающий звено настройки скорости вращения получает винт 4 сопряженный с гайкой 10, установленной свободно на пиноли 3 и соединенной с ней муфтой. На пиноли 3 нарезана рейка 1, которая через колесо 15 связана с тормозной муфтой 16.

В процессе рабочего хода муфта 16 и муфта гайки 10 включается системой управления, содержащей программное устройство 19, распределитель 18 и исполнительные механизмы 9–17 поочередно. Это обеспечивает дискретную подачу инструменту 13 шпинделя 12, обрабатывающего заготовку 14.

Технологический ротор 2 установлен на оси и осуществляет обработку в процессе транспортного движения заготовки.

На рис. 10 показана схема винтового пресса, привод которого работает в режиме механического усилителя мощности с двумя потоками мощности.

От силового двигателя 18 через зубчатые колеса 13–12 вращение получает гайка 7, образующая с винтом 8 не самотормозящую передачу. Винт 8 через фрикционную опору 9 соединен с пуансоном 10, обрабатывающего заготовку 11. С другой стороны винт 8 через опору 2 соединен с гайкой 5. Винтовая самотормозящая передача 5–6 через передаточный механизм соединена с двигателем 4.

В процессе рабочего хода датчик 16 контролирует нагрузку двигателя 18 и через сравнивающее 15, программное 14 и управляющее 17 устройства изменяет скорость

вращения двигателя 4, осуществляя адаптивное управление подачей в функции нагрузки.

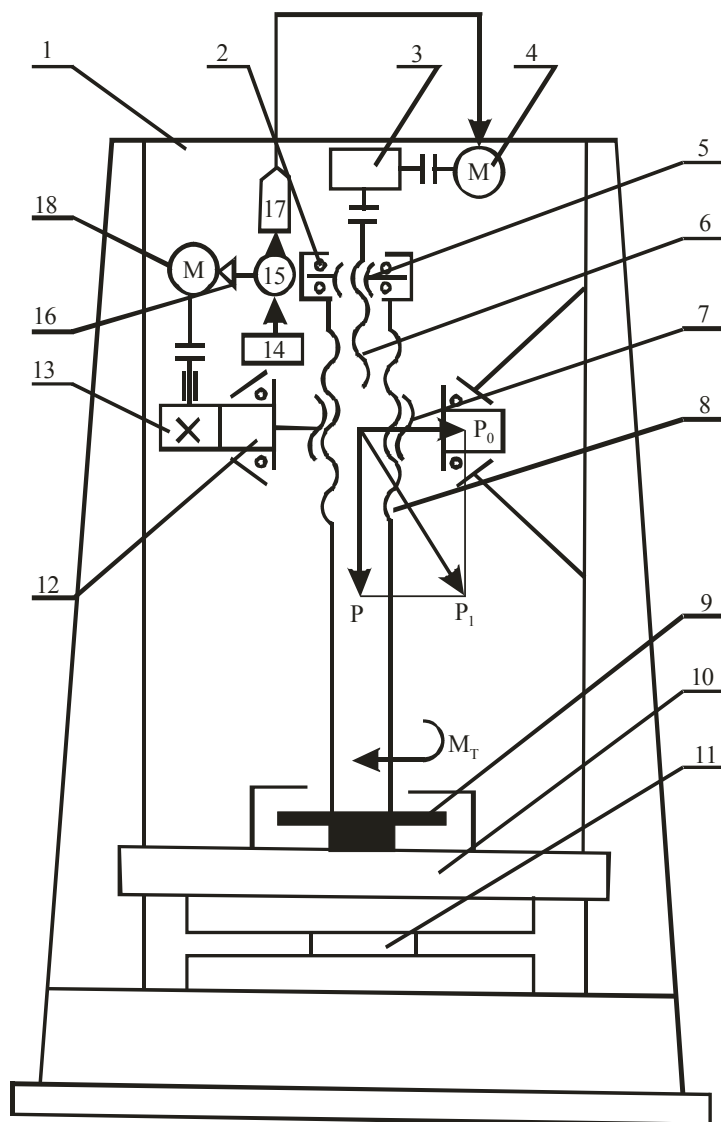


Рис. 10. Схема винтового пресса

Полный цикл возвратно-поступательных движений пуансона 10 по направляющим станины 1 осуществляется двигателем 4 управляющей кинематической цепи. А при возникновении технологической нагрузки и момента трения (M_T) в опоре 9 в винтовой передаче 7–8 возникает осевая сила (P) осуществляющая процесс обработки давлением.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Универсальная схема обработки дает основу проектирования приводов станочного оборудования с новыми функциональными возможностями по упрощению и снижению металлоемкости и повышению точности.

2. Одновременно приведенные механизмы упрощают управление и расширяют технологические возможности станочного оборудования.

Список литературы

1. Базров Б.М. Модульная технология изготовления деталей. – М., 1986. – 92 с.
2. Пестунов В.М. Основы теории привода с перераспределенной нагрузкой металлорежущих станков: Автореферат дис. д-ра техн. наук: 05.03.01: МВТУ им. Н.Э.Баумана. – М., 1983. – 32 с.
3. Металлорежущие системы машиностроительных производств / Под ред. Г.Г.Земскова и О.В.Таратынова. – М.: Высшая школа, 1988. – 464 с.
4. Пестунов В.М., Кариков Е.А. Повышение точности и производительности металлорежущих станков. – К.: Техника, 1979. – 96 с.

УДК 539.3

Я.І. Лавренко, асп.

НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

В данной статье определены коэффициенты концентрации интенсивности напряжений и деформаций с учетом поврежденности материала. Приведен численный расчет чашки ротора лабораторной центрифуги изготовленной из алюминиевого сплава 7075-T73. Определено напряженное состояние в наиболее опасной точке сечения в случае использования эффективной диаграммы деформирования.

In this work the intensity concentration coefficients of stress and strain with account of damage were defined. Numerical calculation of a rotor cup of lab centrifuge made of AL7075-T73 was shown. The stress state in the most dangerous point of cross-section in case of use of the effective straining diagrammes was made.

Одним із конструктивних елементів, який працює при змінних навантаженнях, є ротор, що обертається. В даній роботі в якості об'єкту розглядається ротор центрифуги.

При експлуатації подібних конструкцій до них висувуються вимоги, що за гарантований термін роботи повинна бути забезпечена безаварійність і безпечність. Ці вимоги забезпечується тим, що елементи конструкції, які обертаються, не повинні руйнуватись під час гарантованого строку служби і наявністю протиаварійної оболонки.

В теперішній час існуючі методи не дозволяють визначити точно термін життєздатності конструкції, тому є необхідність використовувати протиаварійні оболонки, міцність яких і, відповідно, їх вага береться з великим запасом.

Конструкції сучасних механізмів і машин розвиваються в напрямку збільшення потужності та швидкохідності при одночасному зменшенні ваги. В зв'язку з цим збільшуються динамічні навантаження, а відповідно, і вплив вібрацій на машини, механізми та їх частини.

Метою роботи є підвищення точності прогнозування терміну експлуатації машини і, відповідно, більш точного вибору параметрів протиаварійної оболонки з метою полегшення їх ваги. Для того, щоб прогнозувати термін служби конструктивних