

также необходимо согласовать с сотрудниками ИПП и при необходимости внести в него изменения. По каждому новому процессу необходимо провести работы по идентификации процесса.

5. Разработка Карты процессов.

На основе полученной информации о действующих и новых процессах необходимо сформировать Карту процессов в организации. Карту процессов необходимо согласовать с сотрудниками, реализующими ИПП, и при необходимости внести в нее изменения. На основе Карты процессов необходимо создать окончательный вариант «Перечня процессов в организации». Затем документально Карта процессов и «Перечень процессов в организации» утверждается руководством.

6. Оценка уровня качества процессов ИПП.

Методика оценки уровня качества процессов ИПП достаточно полно освещена в работе [5].

7. Управление процессами ИПП.

Управление процессами с помощью соответствующих показателей может проводиться двумя способами. Один из них заключается в том, что сразу после определения значения того или иного показателя и выявления его отклонения от допустимого значения осуществляется регулирующее воздействие. Другой способ состоит в сборе значений показателей процесса в течение определенного промежутка времени, определении тенденции изменений процесса и, при необходимости, его корректировке. Также необходимо, чтобы значения характеристик процесса не только фиксировались, но и периодически анализировались.

8. Оптимизация процессов ИПП.

Оптимизация должна касаться всех процессов в организации ИПП. Анализ процессов и возможностей их оптимизации осуществляется, как правило, группа специалистов организации, которая при необходимости может привлечь к этому внешнего эксперта. Люди, участвующие в процессе, лучше всего знают, где есть проблемы. Задача руководства – создать климат доверия к проведению анализа. Один из главных моментов состоит в деловой оценке исходной ситуации. При этом следует учитывать сложность процессов [6].

9. Документация СУК ИПП.

Процессно-ориентированный подход дает возможность осуществлять комплексную оптимизацию ИПП. Ориентация на цепочку

создания добавленной стоимости (ценности) позволяет определить причины брака, дефектов, повышенных затрат и неоправданно больших размеров вложенного капитала. В связи с этим чрезвычайно важной становится форма документов: они должны быть наглядными, понятными и «прозрачными», иначе документы «не живут», т.е. не воспринимаются сотрудниками. Кроме того, документы следует составлять так, чтобы в них можно было легко и быстро вносить изменения. Наиболее важные разделы документа должны быть быстро и точно находимыми [2].

Таким образом, применение ПП к организации и управлению ИПП, позволяет отечественным машиностроительным предприятиям вплотную подойти к решению проблем совершенствования инструментальной подготовки производства, которые приобрели особую актуальность в последние годы в связи с повышением технического уровня средств труда, их производительности и начальной стоимости.

Список использованной литературы

1. Стандарты ИСО 9001:2000 и процессный подход // Все о качестве. Отечественные разработки. – М.: НТК «Трек», 2004. – №1 (28). – С. 19-32.
2. Шадрин А.Д. Процессный подход. Основы и методика реализации. Обзор // Все о качестве. Отечественные разработки. – М.: НТК «Трек», 2002. – №16-17.
3. ДСТУ ISO 9001:2001 Система управління якістю. Вимоги.
4. Адлер Ю. Вісім принципів які змінюють світ // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – №4. – С. 47-54.
5. Залого В.А., Ивченко А.В. К вопросу об использовании карты технического уровня при управлении качеством процесса эксплуатации режущего инструмента. // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научно-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – Вып. 66 – С. 61-67.
6. Матюшин В.А. Информатизация процессного подхода в менеджменте качества // Созвездие качества – 2001. – Сб. докладов 4-й Межд. конференции «Откройте новый мир качества», Киев, 2001 – Ч. 3, С. 32.

УДК 62.543, 681.513.672

В.М.Пестунов, канд.техн.наук, О.В.Лысенко, канд.техн.наук
Кировоградский национальный технический университет, г.Кировоград, Украина

ГИДРОПРИВОДЫ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНЫХ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ

В статье рассмотрены гидроприводы станочных систем, созданных по агрегатно-модульному принципу. Предложенные конструкции разработаны с учетом упрощения кинематической схемы и с использованием систем автоматического (адаптивного) управления, предназначенных для стабилизации параметров процесса обработки. Этим достигается повышение качества обработки на таких станочных системах и расширение их технологических возможностей.

Как известно [1], гидропривод – это система агрегатов и машин, служащая для передачи механической энергии с помощью жидкости. В станочных системах гидропривод выполняет чрезвычайно разнообразные функции (рис. 1): от движений формообразования исполнительных органов до контроля и диагностики. Особенно эффективен гидропривод в системах функциональной связи узлов станочных систем, построенных по агрегатно-модульному принципу.

Создание нового технологического оборудования по агрегатно-модульному принципу позволит приблизить источник энергии

(двигатель) к месту ее потребления или применительно к станочным системам – к инструменту и заготовке, а значит укоротить кинематические связи, повысить их жесткость и точность [1].

В процессе обработки вследствие ряда случайных факторов происходит изменение технологической нагрузки [2], что ведет к изменению скорости рабочей подачи [3]. Это происходит потому, что с изменением технологической нагрузки в процессе обработки в гидросистеме меняется давление, от величины которого зависят утечки, истощающее которых приводит к непостоянству параметров процесса обработки, например скорости подачи исполни-

тельного механизма. В результате ухудшается качество обработки (точность, шероховатость). Изменение скорости подачи может быть неприемлемо по технологическим причинам для некоторых видов обработки.

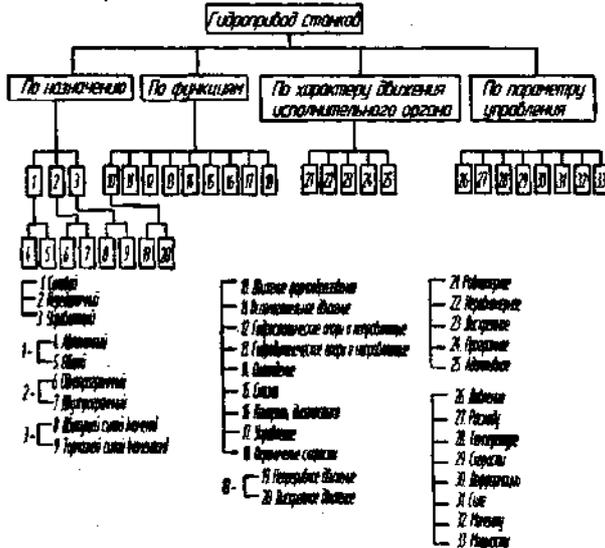


Рис. 1. Классификация гидротрибов, применяемых в станочном оборудовании

Одним из путей решения этой проблемы может быть применение различного рода систем автоматического (адаптивного) управления [4, 5] для стабилизации параметров процесса обработки (подача, скорость резания и др.) путем их регулирования в функции технологической нагрузки.

В данной работе предложены разработанные по агрегатно-модульному принципу конструкции станочных систем для различных видов обработки, решающих проблему как упрощения кинематической схемы, так и адаптивного управления для стабилизации, наиболее влияющих на точность, параметров процесса обработки.

Упрощение станка на основе функциональной связи привода главного движения с механизмом подвода СОЖ решает схема [3] показанная на рис. 2. В результате взаимодействия указанных приводов система выполняет функции механизма подачи. Это возможно благодаря тому, что винтовая передача, осуществляющая движение подачи, расположена соосно шпинделю, а направление ее винтовой нарезки совпадает с направлением рабочего вращения шпинделя.

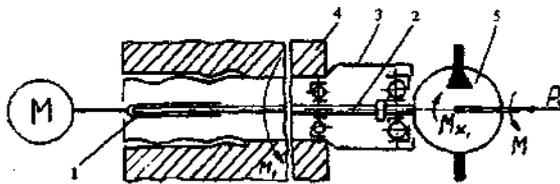


Рис. 2. Схема привода сверлильной головки

От электродвигателя М (рис. 2) через шлицевое соединение 1 вращение получает шпиндель 2. Шпиндель 2 установлен на подшипниках в пиньоли 3, которая через винтовую передачу связана с корпусом 4. На шпинделе 2 установлен ротор гидронасоса 5 СОЖ. В процессе работы станка реактивный момент насоса создает движущий момент поворота пиньоли 3, в резьбовом соединении с корпусом, осуществляя движение подачи.

Осевая сила в резьбовом соединении пиньоль 3 корпус 4 определяется как:

$$P = \frac{2 \cdot M}{D \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta)}, \quad (1)$$

где D – диаметр резьбы; α – угол подъема резьбы; β – угол трения в резьбе.

Для осуществления движения подачи необходимо чтобы сила P была равна или больше осевой составляющей силы резания P_x , которая определяется как:

$$P_x = C \cdot d \cdot S^p, \quad (2)$$

где C – коэффициент; d – диаметр сверла; S – подача; p – показатель степени.

Приравняв (1) и (2) и разрешив уравнение, относительно подачи, получим:

$$S^p = \frac{2 \cdot M}{D \cdot C \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta)}, \quad (3)$$

На основании формулы (3) построены графики (рис. 3) зависимости подачи от величины реактивного момента в гидронасосе СОЖ для различных диаметров сверления при $p = 0.75$, $C = 163$, $D = 60$ мм, $\alpha = 16^\circ$.

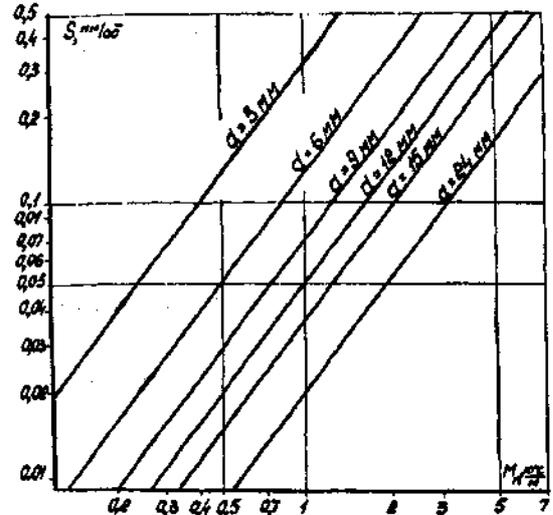


Рис. 3. Графики зависимости подачи от момента нагрузки

Приведенные графики позволяют определить необходимый диапазон регулирования подачи в соответствии с технологической характеристикой привода подачи.

Дросселирование канала подвода СОЖ обеспечивает изменение рабочей подачи. Возвращение пиньоли в исходное положение обеспечивается реверсом привода. Более широкий диапазон регулирования скорости поступательного движения пиньоли может обеспечиваться электромагнитной муфтой установленной между шпинделем 2 и пиньолью 3.

Проблему расширения технологических возможностей решает схема привода с ограничителем скорости подачи [4], показанная на рис. 4. В результате такого взаимодействия привода главного движения с ограничителем скорости поступательного движения отпадает необходимость в традиционном приводе подачи. Кроме того, такая система может обеспечивать кинематическое дробление стружки.

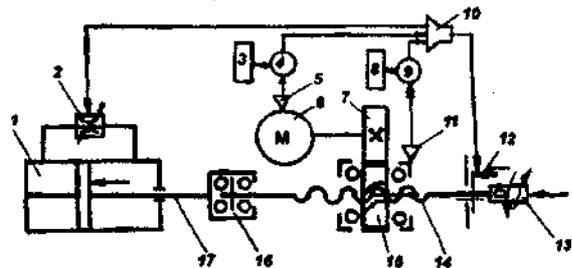


Рис. 4. Схема привода с упрощенным механизмом подачи

Шпиндель 13 через несомтормозящую винтовую передачу 14, зубчатые колеса 15 и 7 связан с электродвигателем 6. Одновременно шпиндель через упорные подшипники 16 соединен со штоком 17 гидравлического ограничителя скорости поступательного движения. Полости ограничителя соединены дросселем 2. В процессе работы привода датчик 5 контролирует нагрузку двигателя и через сравнивающее 4, программное 3 и управляющее 10 устройства изменяет режим торможения муфты 12, а значит, и величину осевой силы в винтовой передаче 14. В процессе рабочей подачи датчик 11 контролирует упругую деформацию направляющих и через сравнивающее 9 программное 8 и управляющее 10 устройства регулирует дроссель 2, изменяя скорость рабочей подачи шпинделя, что повышает точность обработки.

Из рассмотрения условий равновесия штока 17 (рис. 4) и эмпирических формул для составляющих силы резания при сверлении упрощенно можно записать:

$$P_n = d \cdot S^{0.75} \cdot \left[\frac{2 \cdot C_m \cdot d \cdot \lg(\alpha + \beta)}{D - C_p} \right] \quad (4)$$

где P_n — сила гидравлического сопротивления поршня (рис. 4); d — диаметр сверления [мм]; D — средний диаметр шлицевинтовой передачи [мм]; C_p, C_m — коэффициенты; α — угол подъема шлицевинтовой передачи 7-8 (рис. 4); β — угол трения; S — подача [мм/об].

На основании формулы (4) построены графики (рис. 5) зависимости силы P_n от диаметра сверления при различных конструктивных и эксплуатационных параметров механизма. Из графиков следует, при рациональном выборе конструктивных параметров в соответствии с выполняемой технологической операцией усилие P_n может быть весьма малым.

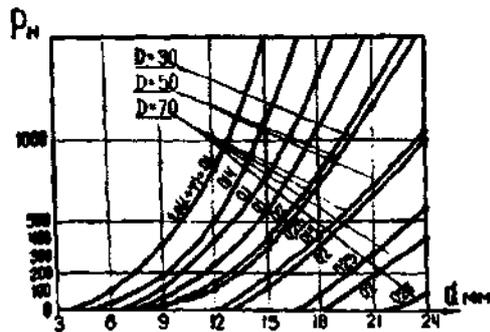


Рис. 5. Влияние различных параметров на нагрузку в ограничителе

Диаметр обработки оказывает значительное влияние на силу P_n . Это снижает универсальность механизма.

На основе разработана конструкция шпиндельного узла с адаптивным управлением подачи в функции технологической нагрузки (рис. 6).

Шпиндельный узел содержит корпус 1, в котором расточено отверстие, образующее с крышками 2 и 3 гидравлический цилиндр. В цилиндре расположен шток 4 с поршнем 5. В штоке 4 на подшипниках установлен шпиндель 6. Шпиндель 6 через шлицевинтовую пару 7-8 (образованную валом 7 и втулкой 8) соединен с приводным валом, кинематически связанным с приводом главного вращательного движения. В шпинделе 6 выполнен кольцевой паз a . В штоке 4 просверлены наклонные отверстия b и $в$. На штоке 4 закреплены шпонки 9 и 10, и тормозная электромагнитная муфта 11.

Шпиндельный узел работает следующим образом. При включении электродвигателя привода главного движения вращение получает вал 7. Через втулку 8, закрепленную на шпинделе, происходит передача вращения на шпиндель 6. Крутящий

момент шпинделя создает осевую силу в шлицевинтовом соединении, осуществляющую перемещение штока 4 с поршнем 5 в гидроцилиндре корпуса 1. Одновременно масло из левой полости гидроцилиндра через отверстие в штоке 4 поступает в правую полость.

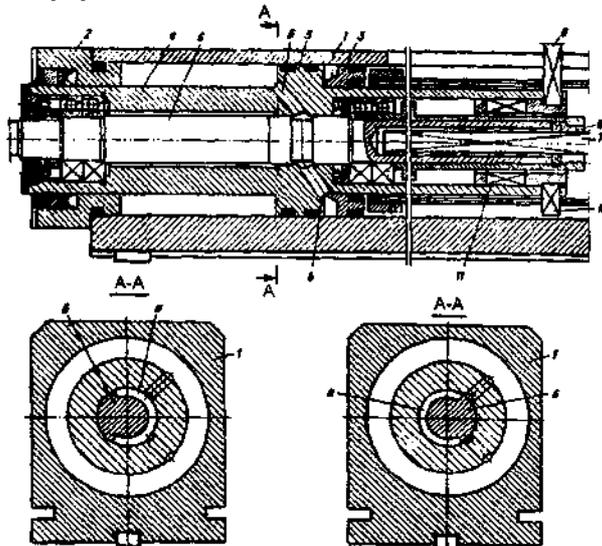


Рис. 6. Шпиндельный узел с адаптивным управлением подачи

Вращающийся шпиндель 6 периодически перекрывает клапан, соединяющий полости гидроцилиндра. Затем канал снова открывается и цикл повторяется до полной обработки.

Отвод шпинделя с инструментом в исходное положение осуществляется путем реверса привода главного движения.

Для осуществления быстрого подвода и быстрого отвода установлена тормозная муфта 11, тормозной момент которой вызывает осевую силу в шлицевинтовой передаче, и выполнен дополнительный канал, соединяющий полости гидроцилиндра с переключателем, управляемым лутевой автоматикой.

Известно, что в гидравлических силовых головках с автономным приводом подачи и холостых перемещений на разных этапах цикла требуется определенный расход масла. Поэтому гидропривод рассчитывают на максимальный расход масла, избыток которого при рабочей подаче уходит через предохранительный клапан. Это увеличивает гидравлические потери, вызывает нагрев масла и снижает стабильность заданной скорости рабочей подачи. Эту проблему решает схема гидравлической силовой головки, показанная на рис. 7.

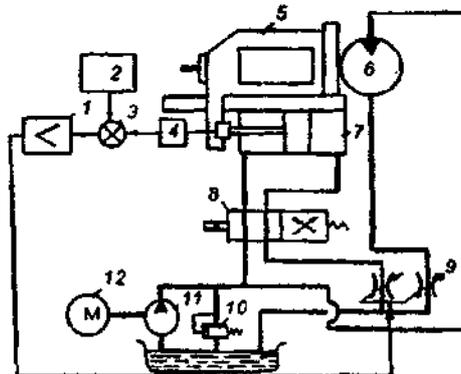


Рис. 7. Схема привода с гидравлической силовой головкой, обеспечивающей малые гидравлические потери и высокую стабильность скорости рабочей подачи

От электродвигателя 12 получает вращение насос 14, который подводит давление к двигателю 6 силовой головки 5. Через распределитель 8 давление подводится к соответствующей

полости гидроцилиндра 7, обеспечивающего полный цикл возвратно-поступательных движений головки 5.

На выходах гидросистем главного движения и подачи установлен делитель потока 9, выполненный в виде дросселей, управляемых в противофазе. Таким образом, в процессе рабочей подачи основная часть потока идет на двигатель 6, а в процессе холостых перемещений – к гидроцилиндру 7. Это снижает потери на клапанах 10 и в гидросистеме.

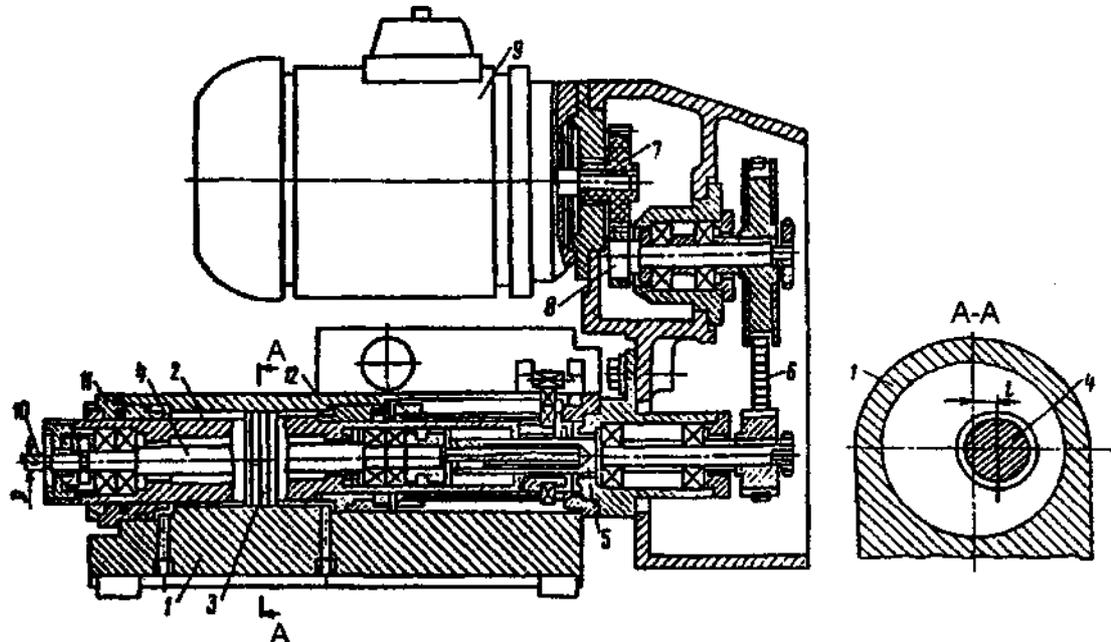


Рис. 8. Модуль агрегатного станка

Модуль 1 содержит пинюль 2, выполненную в виде штока с поршнем 3, шпиндель 4, втулку 5, ремennую передачу 6, зубчатые колеса 7 и 8, двигатель 9, инструмент 10.

В корпусе 1 выполнен цилиндр гидропривода подачи, в котором расположена пинюль 2. С торцов цилиндр закрыт крышками 11 и 12, которые являются опорами пинюли 2. В пинюли на подшипниках установлен шпиндель 4. Шпиндель 4 через шпонку соединен с втулкой 5, которая через ремennую передачу 6 и зубчатые колеса 7 и 8 соединена с двигателем 9.

При включении двигателя 9 по указанной кинематической связи получает вращение шпиндель 4. На шпинделе крепится инструмент 10, который обрабатывает заданную поверхность.

Гидравлический привод подачи обеспечивает возвратно-поступательное движение поршня пинюли 2 и вместе с ней шпинделю 4 с инструментом 10.

Поршень 3 выполнен с эксцентрично расположенным штоком, поэтому при создании давления в цилиндре на рабочую поверхность поршня действует движущая сила, которая расположена эксцентрично относительно оси шпинделя 4 и обеспечивает движение поршня 3 вместе с пинюлью 2 и шпинделем 4. Одновременно эта сила обеспечивает прижатие пинюли 2 к одной и той же поверхности направляющих, выполненных в крышках 11 и 12. Это создает определенность базирования пинюли 2 в течение всего рабочего и холостых перемещений не зависимо от изменения величины и направления технологической нагрузки. Для исключения поворота пинюли в цилиндре корпуса на пинюли 2 установлена шпонка, непоказанная на чертеже, которая входит в паз корпуса 1 силовой головки. Соотношение $l/D \geq 1$, где l – величина эксцентриситета; D – максимальный диаметр концевой инструмента, устанавливаемого в шпинделе, обеспечивает постоянное прижатие пинюли 2 к одной и той же поверхности крышек 11 и 12. Это повышает точность обработки.

Выводы: 1. Благодаря своим свойствам, возможности бесступенчатого регулирования скорости движения, большому диапазону

В процессе рабочей подачи датчик 4 контролирует нагрузку и с помощью сравнивающего 3, программного 2 и управляющего 1 устройств обеспечивает повышение точности за счет адаптивного управления скоростью в функции нагрузки.

Повышение точности обработки позволяет достичь модуль агрегатного станка, конструкция которого показана на рис. 8.

регулирования скорости движений исполнительных органов, способности обеспечивать плавность перемещения рабочих органов станка, эксплуатационной надежности и возможности автоматического управления, гидроприводы получили широкое распространение в станочных системах. 2. Создание станочных систем по агрегатно-модульному принципу позволит приблизить источник энергии (двигатель) к месту ее потребления – к инструменту и заготовке, а значит укоротить кинематические связи, повысить их жесткость и точность. 3. Применение систем автоматического управления для стабилизации параметров процесса обработки при создании станочных систем по агрегатно-модульному принципу позволяет добиться повышения выходных характеристик и расширения технологических возможностей этих систем.

Список використаної літератури

1. Гидроприводы та гідропневмоавтоматика: Підручник / В.О. Федоренко, М.Н. Педченко, В.Б. Струтинський та ін. За ред. В.О. Федоренка. – К.: Вища шк., 1995. – 463 с.
2. Адаптивне управління станками / Б.М. Базров, Б.С. Балакшин, И.М. Баранчуков и др. / Под ред. Б.С. Балакшина – М.: Машиностроение, 1973, – 688 с.
3. Косарев В.И., Трифонов О.Н. Стабилизация скорости рабочей подачи гидропривода поступательного движения. В сб. Гидравлические системы металлорежущих станков: Межвуз. сборник научных трудов. Моск. станкоинструмент. институт / Под ред. О.Н. Трифоновой. – М.: Мосстанкин: Вып. 2, 1977 – С. 3-12.
4. Адаптивное управление технологическими процессами / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, С.П. Протопопов и др. – М.: Машиностроение. – 1980. – 536 с.
5. Пестунов В.М. Новые схемы гидравлического привода подачи станков на основе ограничителей скорости. – СТИН №1. 1996 г. – С.26-29.