

**АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА**

Н. А. Симанин¹, В. В. Коновалов¹, Ю. В. Родионов²

Кафедра «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» (1), г. Пенза, Россия; кафедра «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВО «ТГТУ» (2), г. Тамбов, Россия; nsimanin@mail.ru

Ключевые слова: адаптивное управление; гидравлический привод; измерительный преобразователь вращающего момента; металлорежущий станок.

Аннотация: Рассмотрено адаптивное управление гидроприводом металлорежущего станка как этап автоматизации технологического оборудования. Обосновано создание гидравлических систем автоматического регулирования, использующих единую с приводами рабочую среду (жидкость). Приведены оригинальные конструкции нескольких типов измерительных преобразователей вращающего момента, созданные на базе элемента «сопло–заслонка», и рассмотрен пример их использования в системе адаптивного управления гидравлическим приводом подачи металлорежущего станка.

Наряду с широко распространенными системами числового программного управления работой различного промышленного оборудования актуальным и эффективным остается аналоговое, в первую очередь адаптивное, управление. Нередки случаи, когда оба вида управления сочетаются в одной машине.

В промышленном оборудовании с гидравлическими приводами рабочих органов нашли применение различного рода системы автоматического регулирования и управления, функционирующие на основе информации о силовых параметрах технологического процесса [1]. Важным элементом таких систем является динамометрическое устройство (измерительный преобразователь или датчик силовых параметров контролируемого процесса), служащее источником информации о контролируемом параметре в режиме реального времени.

Как показали многочисленные исследования, для оборудования с гидравлическими приводами весьма актуальной является разработка автоматических систем регулирования или управления, для работы которых используется единая с приводами рабочая среда (жидкость) [2, 3]. В данном случае измерительный преобразователь должен обеспечить выходной сигнал, достаточный по мощности для управления автоматическим регулятором. Если условие выполняется, то отпадает необходимость в элементах системы управления преобразующих один вид сигнала в другой и усиливающих сигнал по мощности. Такое конструктивное решение ведет к существенному упрощению структуры автоматической системы, повышению ее надежности и основных технических характеристик.

Разработаны несколько типов конструкций измерительных преобразователей вращающего момента на базе гидравлического элемента «сопло–заслонка». Измерительные преобразователи открытого типа со свободным сливом жидкости в окружающее пространство предназначены для установки на шпиндель станка внутри коробки скоростей и служат источником информации о силовых параметрах процесса резания [4 – 7]. Такое место установки преобразователя является предпочтительным, так как находится в непосредственной близости от места действия измеряемой нагрузки, и при использовании в качестве рабочей жидкости минерального масла обеспечивает обильную смазку трущихся поверхностей деталей коробки скоростей.

На рисунке 1 показана одна из конструкций измерительного преобразователя вращающего момента открытого типа [4]. Устройство содержит жестко закрепленный на валу ведомый элемент 1 с фигурной головкой (крестовиной), в диаметрально противоположных тангенциальных цилиндрических расточках которой однонаправлено размещены неподвижные сопла 2 и 3.

Ведущий элемент 4 с корпусом, в котором выполнены упоры, взаимодействующие с соплами, концентрично установлен на ведомом элементе 1 на опоре качения 5. Ведущий и ведомый элементы связаны между собой четыре упругих элемента (винтовые или тарельчатые пружины) 6, расположенные в цилиндрических тангенциальных расточках корпуса. Предварительный натяг упругих элементов 6 задан регулировочными винтами 7. Рабочая жидкость от источника питания подводится к соплам 2 и 3 через коллекторы 8 и 9. Сопла 2 и 3 соединены по дифференциальной схеме, включающей в себя постоянные дроссели 10, 11 и управляющий элемент 12 (дросселирующий гидравлический распределитель) системы автоматического регулирования.

Устройство работает следующим образом. При постоянном давлении P_0 рабочая жидкость поступает от источника питания (насосной станции станка) к дросселям 10 и 11, проходит через коллекторы 8 и 9 к соплам 2 и 3 и через зазоры между упорами корпуса ведущего элемента 4 и соплами истекает в окружающую среду с атмосферным давлением. Установка одинаковых начальных зазоров между упорами ведущего элемента и торцами сопел, а также настройка номиналь-

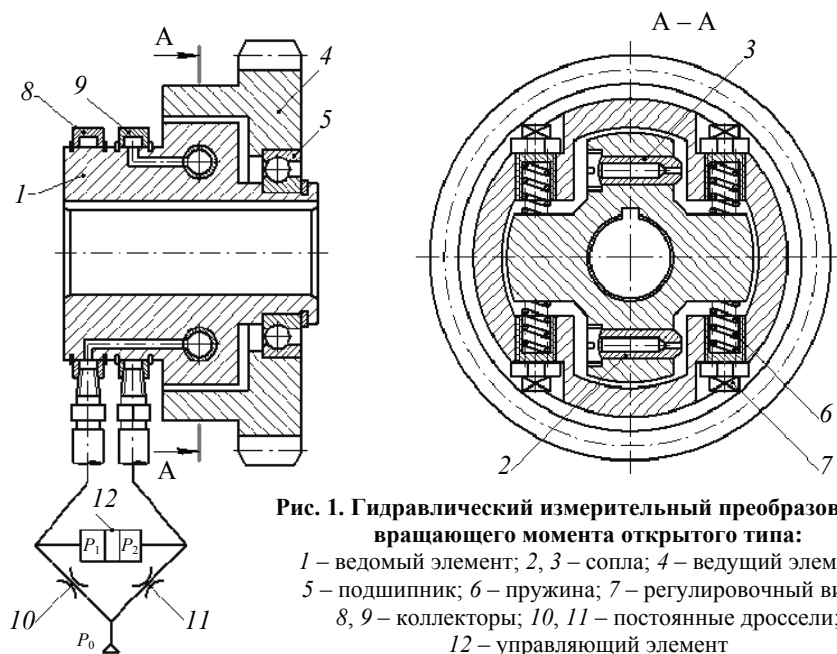


Рис. 1. Гидравлический измерительный преобразователь вращающего момента открытого типа:

- 1 – ведомый элемент; 2, 3 – сопла; 4 – ведущий элемент;
- 5 – подшипник; 6 – пружина; 7 – регулировочный винт;
- 8, 9 – коллекторы; 10, 11 – постоянные дроссели;
- 12 – управляющий элемент

ного вращающего момента на валу осуществляется регулировочными винтами 7 за счет изменения предварительного натяга упругих элементов 6, при этом давления P_1 и P_2 в полостях управляющего элемента 12 должны быть равны.

При нагружении вала вращающим моментом происходит относительный поворот ведущего элемента 4, связанного с приводом вращения, и ведомого элемента 1, неподвижно установленного на валу, что вызывает разнонаправленное изменение зазоров между торцами сопел 2 и 3 и упорами корпуса ведущего элемента. Изменение зазоров вызывает изменение давлений P_1 и P_2 в полостях управляющего элемента 12. Возникающий перепад давлений рабочей жидкости приводит в действие управляющий элемент 12 системы автоматического регулирования режима обработки. В качестве последнего обычно используют золотниковый дросселирующий распределитель, регулирующий соответствующим образом расход жидкости на входе и выходе гидравлического двигателя привода подачи.

В измерительных преобразователях вращающего момента закрытого типа подвод и слив рабочей жидкости осуществляется через неподвижный коллектор [8 – 11], что позволяет устанавливать устройство в любом удобном месте.

Одна из конструкций измерительного преобразователя вращающего момента закрытого типа и его детали показаны на рис. 2 [11]. Преобразователь содержит механизм преобразования вращающего момента в гидравлический сигнал, выполненный в виде ведущего звена 1 с фигурной головкой, в тангенциальных каналах которой однонаправлено установлены сопла 2 и 3, образующие с упорами 4 и 5 корпуса ведомого звена 6 зазоры для прохода рабочей жидкости.

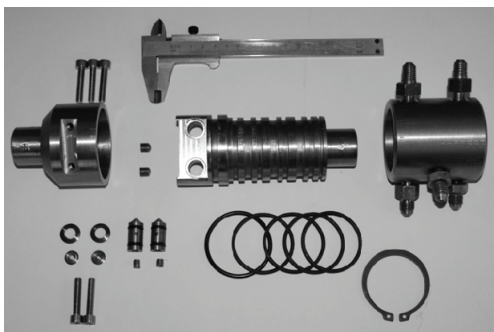
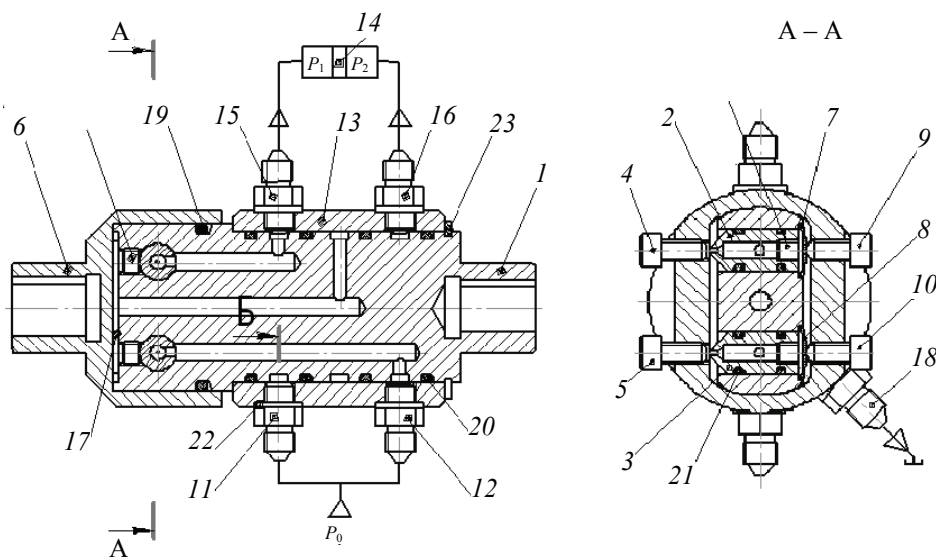


Рис. 2. Гидравлический измерительный преобразователь вращающего момента закрытого типа и его детали:

- 1 – ведущий элемент; 2, 3 – сопла;
- 4, 5 – упоры; 6 – ведомый элемент;
- 7, 8 – пружины; 9, 10 – регулировочные винты; 11, 12, 15, 16, 18 – штуцеры;
- 13 – коллектор; 14 – управляющий элемент (автоматический регулятор);
- 17 – сливная полость; 19 – 22 – уплотнительные кольца;
- 23 – стопорное кольцо

Ведущее и ведомое звенья преобразователя связаны упругими элементами 7 и 8, установленными соосно соплам с одной стороны фигурной головки. Предварительный натяг упругих элементов регулируется винтами 9 и 10. Питание преобразователя рабочей жидкостью от насосной станции осуществляется через постоянные дроссели, которые выполнены в штуцерах 11 и 12 коллектора 13.

Сопла образуют с постоянными дросселями мостовую схему, регистрирующий элемент 14 измерительной системы включен в диагональ моста через штуцеры 15 и 16. Между ведущим и ведомым звеньями преобразователя образована герметичная сливная полость 17, которая через осевой канал, выполненный в ведущем звене, и штуцер 18 коллектора сообщается с баком насосной станции. Для обеспечения герметичности внутренних полостей и каналов преобразователя служат уплотнительные кольца 19 – 22. Положение коллектора на ведущем элементе зафиксировано стопорным кольцом 23.

Измерительный преобразователь работает следующим образом. При постоянном давлении P_0 рабочая жидкость подводится от источника питания (насосной станции) через постоянные дроссели в штуцерах 11 и 12 неподвижного коллектора 13 к соплам 2 и 3. Через зазоры между упорами 4 и 5 корпуса ведомого звена и торцами сопел жидкость истекает в герметичную сливную полость 17, из которой проходит по осевому каналу ведущего звена и через штуцер 18 по сливной линии возвращается в бак насосной станции.

Установка одинаковых начальных зазоров между упорами и соплами осуществляется винтами 9 и 10, настройка номинального вращающего момента на валу производится регулировочными винтами 9 и 10 за счет изменения предварительного натяга упругих элементов 7 и 8. При правильной настройке преобразователя давления P_1 и P_2 под торцами регистрирующего элемента 14 должны быть равны.

При нагружении вала вращающим моментом, большим по величине, чем номинальный, происходит поворот ведущего звена относительно ведомого, что вызывает разнонаправленное изменение зазоров между торцами сопел 2 и 3 и упорами 4 и 5. Изменение зазоров приводит к изменению сопротивлений течения жидкости из сопел и изменению давлений P_1 и P_2 под торцами элемента 14. Возникающий перепад давлений рабочей жидкости приводит в действие регистрирующий элемент 14, перемещение которого пропорционально изменению вращающего момента.

Сигнал в виде разности давлений на выходе измерительного преобразователя можно использовать для приведения в действие управляющего элемента системы автоматического регулирования (золотникового дросселирующего распределителя), изменяющего соответствующим образом расход жидкости на входе и выходе гидравлического двигателя машины.

Для обеспечения автономной работы (без дополнительного источника питания) были разработаны безрасходные измерительные преобразователи [12 – 14], одним из которых является устройство, показанное на рис. 3 [13]. Устройство предназначено для установки на выходном валу привода машины (например, шпинделе станка) внутри коробки скоростей или шпиндельной бабки и содержит втулку 1, где на опоре 2 установлено ведущее звено 3 и подвижное в осевом направлении ведомое звено 4 с фланцем. Звено 3 получает вращение от входного или промежуточного вала привода и передает его звену 4 посредством зацепления кулачков трапецеидального профиля, выполненных на торцах ведущего и ведомого звеньев.

Кулачки звена 4 поджаты к кулачкам звена 3 пружиной 5, предварительный натяг которой можно регулировать гайкой 6, и образуют механизм преобразования вращающего момента в осевое перемещение в виде упругой кулачковой муфты.

Поршни 7 и 8 размещены в цилиндрических каналах неподвижной втулки 9 соосно, навстречу друг другу, по обе стороны фланца ведомого звена и находятся в постоянном контакте с ним за счет действия давления рабочей жидкости.

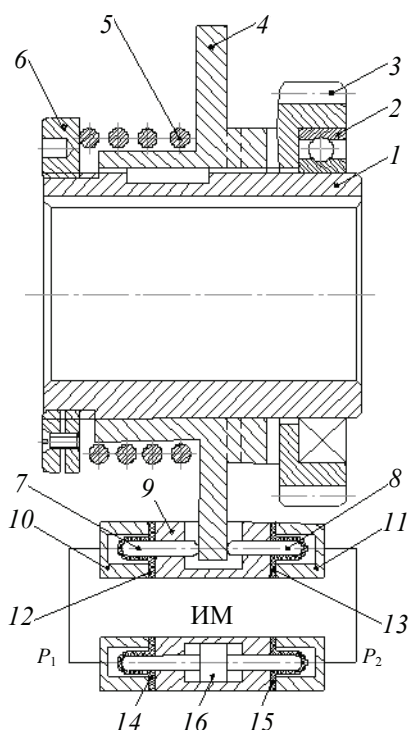


Рис. 3. Безрасходный гидравлический измерительный преобразователь вращающего момента:

- 1, 9 – втулки; 2 – опора; 3, 4 – ведущее и ведомое звенья соответственно; 5 – пружина; 6 – гайка; 7, 8 – поршни; 10, 11 – крышки; 12 – 15 – эластичные уплотнения; 16 – исполнительный механизм (ИМ) (автоматический регулятор)

тому звену 4 и далее через втулку 1 выходному валу привода. В случае, когда момент сил сопротивления превышает настроенную номинальную величину вращающего момента на выходном валу машины, происходит относительный поворот ведущего звена 3 измерительного преобразователя и ведомого звена 4, что приводит к осевому смещению последнего в сторону сжатия пружины 5, то есть влево.

Осевое смещение фланца звена 4 вызывает разнонаправленное смещение поршней 7 и 8 в цилиндрических каналах неподвижной втулки 9, что приводит к росту давления P_1 и уменьшению давления P_2 в каналах управления исполнительного механизма 16. Разность давлений P_1 и P_2 прямо пропорциональна величине изменения вращающего момента от номинального значения. Неподвижные эластичные уплотнения 12 – 15 не допускают утечки рабочей жидкости из полостей под торцами поршней и под торцами подвижного элемента ИМ, что обеспечивает поддержание точности измерения вращающего момента в процессе эксплуатации измерительного преобразователя.

Сигнал в виде разности давлений в каналах управления ИМ на выходе измерительного преобразователя можно использовать для приведения в действие управляющего элемента системы автоматического регулирования или зарегистрировать по показаниям контрольного прибора.

Полости под торцами поршней образованы цилиндрическими расточками в крышках 10 и 11, жестко закрепленных на втулке 9, и попарно соединены с полостями под торцами подвижного элемента исполнительного механизма 16.

Неподвижные эластичные уплотнения 12 – 15 герметично закрывают полости под торцами поршней и полости под торцами подвижного элемента исполнительного механизма и не допускают утечки рабочей жидкости. Давления P_1 и P_2 в каналах управления исполнительным механизмом 16 устанавливаются изменением положения втулки 9 относительно фланца ведомого звена. Оптимальной является настройка, при которой $P_1 = P_2$.

Номинальная величина передаваемого вращающего момента регулируется гайкой 6 путем настройки предварительного натяга пружины 5, прижимающей торцовые кулачки звена 4 к кулачкам звена 3.

Измерительный преобразователь работает следующим образом. Вращающий момент от входного или промежуточного вала привода машины посредством зубчатого зацепления передается ведущему звену 3, затем через торцовые кулачки ведомому звену 4 и далее через втулку 1 выходному валу привода.

Вариант использования преобразователя в гидравлической системе адаптивного управления гидравлическим приводом вертикальной подачи модернизированного станка ЛФ260МФ1 показан на рис. 4. Станок оснащен электромеханическим приводом главного движения (вращения инструмента) и гидравлическим приводом вертикальной подачи. Питание измерительного преобразователя вращающего момента (**ИПВМ**) системы управления и цилиндра вертикальной подачи (**ЦВП**) режущего инструмента осуществляется от общего источника – насосной станции станка.

Гидравлическая система адаптивного управления приводом подачи инструмента призвана обеспечить стабилизацию силы резания и необходимое качество переходных процессов, что достигается путем выработки автоматическим регулятором управляющего воздействия, направленного на стабилизацию силы или мощности резания.

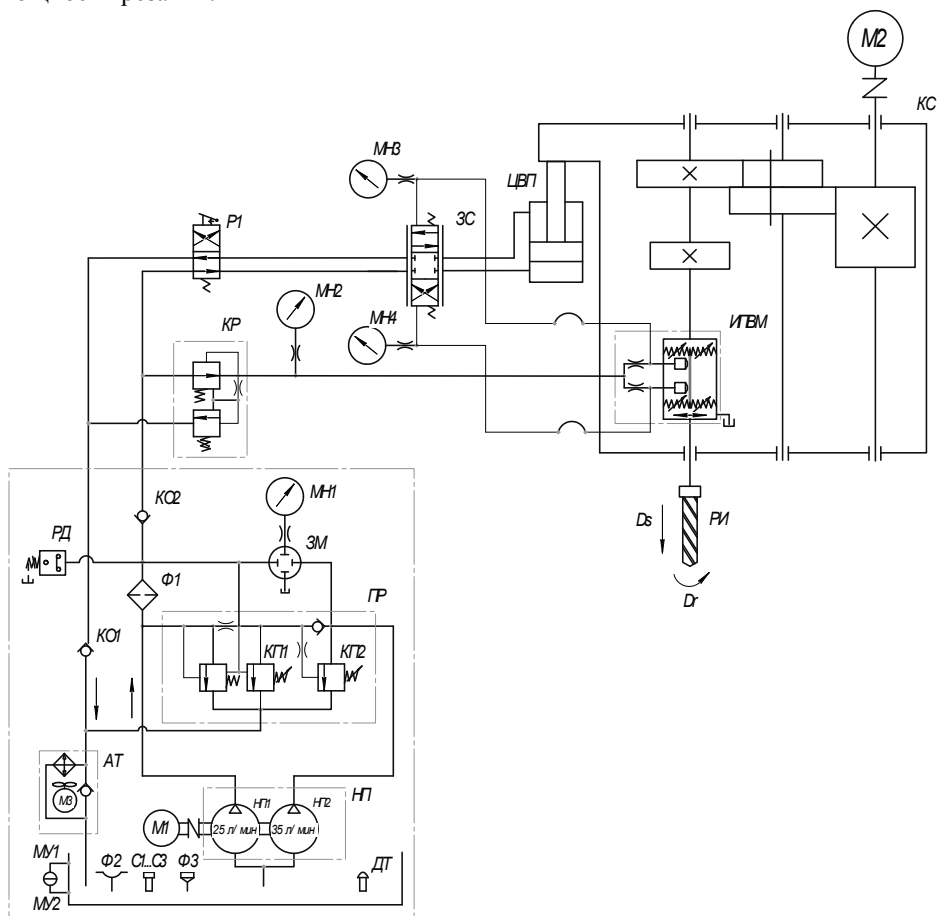


Рис. 4. Комбинированная схема приводов главного движения и вертикальной подачи станка ЛФ260МФ1 с системой адаптивного управления:

М1 – М3 – электродвигатели; МН1 – МН4 – манометры; КС – коробка скоростей; КР – клапан редукционный; ПР – панель разделительная; КО1, КО2 – клапаны обратные; РД – реле давления; Ф1 – Ф3 – фильтры; МУ1, МУ2 – указатели уровня масла; НП – насос пластинчатый двоярный; РИ – режущий инструмент; ЗС, ЗМ – золотники следящий и манометра соответственно; АТ – теплообменник; ДТ – датчик температуры; Р1 – реверсивный распределитель; КП1, КП2 – клапаны предохранительные; D_s, D_r – движение подачи (поступательное и вращательное соответственно)

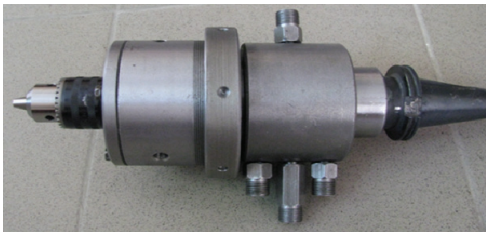


Рис. 5. Измерительный преобразователь вращающего момента закрытого типа, предназначенный для установки в шпиндель станка

Превышение предварительно настроенной величины нагрузки (момента сопротивления вращению от сил резания) на шпинделе приводит к относительному повороту ведущего и ведомого элементов ИПВМ, что вызывает изменение сопротивлений на выходе сопл и, как следствие, изменение давлений в полостях управления под торцами золотника дросселирующего распределителя ЗС, включенного в диагональ измерительного моста. Дрос-

селирующий распределитель является автоматическим регулятором адаптивной системы управления приводом вертикальной подачи. Золотник смещается от заданного начального положения, изменяя проходящий расход жидкости в сторону уменьшения сигнала рассогласования. Например, если нагрузка на режущем инструменте возросла, то распределитель уменьшит расход масла на входе и выходе цилиндра ЦВП, что приведет к уменьшению величины вертикальной подачи, а, следовательно, уменьшению силы резания до заданной величины.

Для установки внутри коробки скоростей станка можно использовать измерительные преобразователи открытого типа или безрасходные устройства. Преобразователи закрытого типа можно устанавливать непосредственно в шпиндель станка вне коробки скоростей (рис. 5). Устройство имеет стандартный хвостовик для установки и крепления в коническом отверстии шпинделя станка, а также трехкулачковый самоцентрирующий патрон для установки и закрепления режущего инструмента (сверл, зенкеров, фрез и др.). Подвод и отвод рабочей жидкости производится к преобразователю через коллектор, который должен быть зафиксирован от поворота.

Список литературы

1. Симанин, Н. А. Гидравлические системы автоматического управления технологическими операциями в машиностроении / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технолог. университета, 2009. – 155 с.
2. Симанин, Н. А. Совершенствование систем автоматического регулирования гидравлических приводов промышленного оборудования / Н. А. Симанин, И. А. Поляков // Итоги диссертационных исследований : материалы V Всеросс. конкурса молодых ученых. – М. : РАН, 2013. – Т. 4. – С. 122 – 132.
3. Симанин, Н. А. Проектирование элементов и систем автоматического регулирования гидравлических приводов технологического оборудования / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технолог. университета, 2014. – 205 с.
4. Пат. 99163 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский, А. А. Блохин, Е. В. Вострокнутов, ГОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 15.06.2010 ; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31.
5. Пат. 99164 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский, А. А. Блохин, Е. М. Устинов, ГОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 01.06.2010 ; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31.

6. Пат. 127460 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин, И. А. Поляков, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 12.02.2013 ; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12.

7. Пат. 138006 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин, О. А. Климкина, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 15.10.2013 ; опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6.

8. Пат. 111290 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский С. Н. Симанин, А. Н. Расстегаев, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 15.06.2011 ; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.

9. Пат. 116636 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский С. Н. Симанин, А. Н. Расстегаев, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 22.02.2012 ; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15.

10. Пат. 124388 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин, И. А. Поляков, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 11.07.2012 ; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2.

11. Пат. 133296 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин И. А. Поляков, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технолог. акад.» ; заявл. 18.07.2013, опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28.

12. Пат. 140998 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин, А. А. Захаркин, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технол. ун-т» ; заявл. 15.10.2013 ; опубл. 27.05.2014, Бюл. № 15.

13. Пат. 157559 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, А. А. Захаркин, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технол. ун-т» ; заявл. 25.05.2015 ; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34.

14. Пат. 157560 Российская Федерация, МПК G01L 3/20 (2006/01). Измерительный преобразователь вращающего момента / Н. А. Симанин, А. А. Захаркин, ФГБОУ ВПО «Пенз. гос. технол. ун-т» ; заявл. 25.05.2015 ; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34.

Adaptive Control of the Hydraulic Drive of the Metal Cutting Machine

N. A. Simanin, V. V. Konovalov, Yu. V. Rodionov

Department of Mechanical Engineering, Penza State Technological University (1), Penza, Russia; Department of Engineering Mechanics and Machine Parts, TSTU (2), Tambov, Russia; nsimanin@mail.ru

Keywords: adaptive control; hydraulic drive; metal cutting machine; torque measuring transducer.

Abstract: Adaptive control of a hydraulic drive of a metal-cutting machine as a stage of automation of process equipment is considered. The creation of hydraulic automatic control systems using a single working medium (fluid) with drives is justified. The original designs of several types of torque transducers based on the element “nozzle-damper” are created; an example of their use in the adaptive control system for the hydraulic drive of a metal cutting machine is considered.

References

1. Simanin N.A., Golubovskii V.V. *Gidravlicheskie sistemy avtomaticheskogo upravleniya tekhnologicheskimi operatsiyami v mashinostroenii* [Hydraulic system of automatic control technological operations in engineering], Penza: Izd-vo Penz. gos. tekhnolog. universiteta, 2009, 155 p. (In Russ.)
2. Simanin N.A., Polyakov I.A. *Sovershenstvovanie sistem avtomaticheskogo regulirovaniya gidravlicheskikh privodov promyshlennogo oborudovaniya* [Improvement of automatic control systems of hydraulic drives of industrial equipment], Proceedings of the 5th All-Russian Competition for Young Scientists, Moscow: RAN, 2013, vol. 4, pp. 122-132. (In Russ.)
3. Simanin N.A., Golubovskii V.V. *Proektirovanie elementov i sistem avtomaticheskogo regulirovaniya gidravlicheskikh privodov tekhnologicheskogo oborudovaniya* [Design elements and systems of automatic control of hydraulic drives of technological equipment], Penza: Izd-vo Penz. gos. tekhnolog. universiteta, 2014, 205 p. (In Russ.)
4. Simanin N.A., Golubovskii V.V., Blokhin A.A., Vostroknutov E.V., Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2010, Pat. 99163. (In Russ.)
5. Simanin N.A., Golubovskii V.V., Blokhin A.A., Ustinov E.M., Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2010, Pat. 99164. (In Russ.)
6. Simanin N. A., Simanin S. N., Polyakov I. A., FGBOU VPO "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2013, Pat. 127460. (In Russ.)
7. Simanin N.A., Simanin S.N., Klimkina O.A., FGBOU VPO "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2014, Pat. 138006. (In Russ.)
8. Simanin N.A., Golubovskii V.V. Simanin S.N., Rasstegaev A.N., FGBOU VPO "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2011, Pat. 111290. (In Russ.)
9. Simanin N.A., Golubovskii V.V. Simanin S.N., Rasstegaev A.N., FGBOU VPO "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2012, Pat. 116636. (In Russ.)
10. Simanin N.A., Simanin S.N., Polyakov I.A., FGBOU VPO "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, Pat. 124388. (In Russ.)
11. Simanin N.A., Simanin S.N. Polyakov I.A., FGBOU VPO "Penzenskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2013, Pat. 133296. (In Russ.)
12. Simanin N.A., Simanin S.N., Zakharkin A.A., FGBOU VPO "Penzenskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet"; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2014, Pat. 140998. (In Russ.)

13. Simanin N.A., Zakharkin A.A., FGBOU VPO “Penzenskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet”; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2015, Pat. 157559. (In Russ.)

14. Simanin N.A., Zakharkin A.A., FGBOU VPO “Penzenskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet”; *Izmeritel'nyi preobrazovatel' vrashchayushchego momenta* [Torque converter], Russian Federation, 2015, Pat. 157560. (In Russ.)

Adaptive Steuerung von dem hydraulischen Antrieb der spanabhebenden Werkzeugmaschine

Zusammenfassung: Es ist die adaptive Steuerung von dem Hydroantrieb der spanabhebenden Werkzeugmaschine wie die Etappe der Automatisierung der technologischen Ausrüstung betrachtet. Es ist die Bildung der hydraulischen Systeme der Regelung, die das mit den Antrieben einheitliche Arbeitsmedium verwenden (die Flüssigkeit), rechtfertigt. Es sind die originellen Konstruktionen einiger Typen der Messreformatoren des drehenden Momentes, die auf Grund vom Element “die Düse – die Klappe” geschaffen wurden, angeführt und es ist das Beispiel ihrer Nutzung im System der adaptiven Steuerung von dem hydraulischen Antrieb der Zuführung der spanabhebenden Werkzeugmaschine betrachtet.

Commande adaptative hydraulique de la machine de coupe

Résumé: Est examinée la commande adaptative hydraulique de la machine de coupe comme une étape de l'automatisation des procédés technologiques. Est justifiée la création des systèmes hydrauliques du contrôle automatique utilisant l'unique milieu avec des commandes (le liquide). Sont citées les constructions originales de plusieurs types des capteurs de couple créés à la base de l'élément “bec – barrage », est considéré l'exemple de leur utilisation dans le système de la commande adaptative de la gestion hydraulique de la machine de coupe.

Авторы: *Симанин Николай Алексеевич* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»; *Коновалов Владимир Викторович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия; *Родионов Юрий Викторович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Соколов Михаил Владимирович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.