

УДК 681.513.6

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ПРИВОДОВ РОБОТОВ С ПЕРЕМЕННЫМИ ИНЕРЦИОННЫМИ И СИЛОВЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Рассказчиков Н.Г., Егоров И.Н., Назаров А.А.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: rasskazchikov_ng@mail.ru

Нестационарность инерционных и силовых параметров роботов является следствием взаимовлияния звеньев, изменения массы объекта манипулирования, величины припуска при абразивной зачистке и динамического передаточного отношения силового редуктора. В настоящей работе при решении вопросов структурно-алгоритмического построения приводов манипуляционных и технологических роботов с переменными инерционными и силовыми параметрами за основу принято адаптивное управление. Роботизация операций абразивной зачистки требует применения систем стабилизации мощности резания, реализуемых с помощью исполнительных электроприводов. В двухдвигательных системах стабилизация мощности резания достигается за счет регулирования скорости привода главного движения или (и) скорости привода подачи. В однодвигательных приводах эта задача решается, в частности, формированием как двухканальных, так и одноканальных управляющих сигналов. Особое место занимают структуры приводов со стабилизацией мощности, затрачиваемой на подачу. На основании анализа работ по разработке адаптивных приводов была разработана структура наблюдателя момента инерции нагрузки и припуска. Моделирование системы с контуром самонастройки показало эффективность алгоритма адаптации при контурной обработке с постоянной мощностью.

Ключевые слова: промышленный робот, электропривод, адаптивное управление, абразивная зачистка

QUESTIONS DEVELOPMENT DRIVE ROBOTS WITH VARIABLE INERTIAL AND FORCE PARAMETERS

Rasskazchikov N.G., Egorov I.N., Nazarov A.A.

Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Vladimir state University named by Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs», Vladimir, e-mail: rasskazchikov_ng@mail.ru

Nonstationarity inertial and force parameters of robots is the result of interference of links, changes in the mass of the object of manipulation, when the value of the allowance by grinding and dynamic load gear transmission ratio. In this paper, in addressing the structural and algorithmic construction of drives and technological manipulation robots with variable inertia and power parameters taken as a basis for adaptive management. Robotics abrasive cleaning operations require the use of cutting power stabilization systems, implemented with the help of electric actuators. The twin-engine systems cut power stabilization is achieved by controlling the speed of main drive and (or) speed of the drive tray. The single-engine drives this problem is solved in particular, the formation of both dual and single channel control signals. A special place is occupied by the structure leads to the stabilization of power required to file. Based on the analysis of work on the development of adaptive drive has been developed structure observer inertia load allowance. Modeling of systems with self-tuning loop showed the effectiveness of the adaptation algorithm when contouring with constant power.

Keywords: industrial robot, electric drive, adaptive control, abrasive cleaning

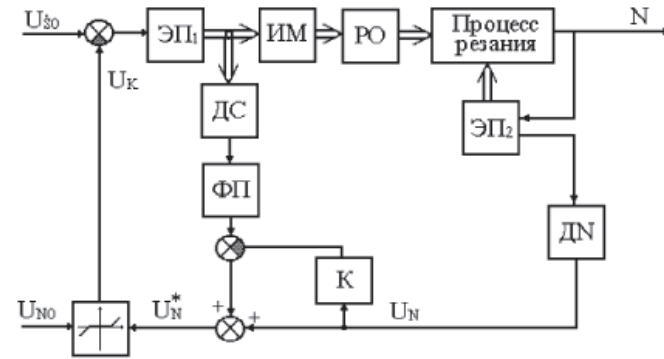
Нестационарность инерционных и силовых параметров исполнительных устройств (ИУ) роботов является следствием взаимовлияния звеньев ИУ, изменения массы объекта манипулирования, величины припуска при абразивной зачистке и динамического передаточного отношения силового редуктора [5]. Задача обеспечения инвариантности к переменным инерционным и силовым параметрам решается применением комбинированного управления, систем с бесконечно большим коэффициентом усиления или глубокими обратными связями, систем с переменной структурой, систем и специальных алгоритмов как адаптивного управления, так и управления на основе обратных задач динамики [6, 7]. В настоящей работе при решении вопросов структурно-алгоритмического

построения электроприводов (ЭП) манипуляционных и технологических роботов (МР и ТР) с переменными инерционными и силовыми параметрами за основу принято адаптивное управление, высокая эффективность применения которого в робототехнике показана в работах [1, 2, 7].

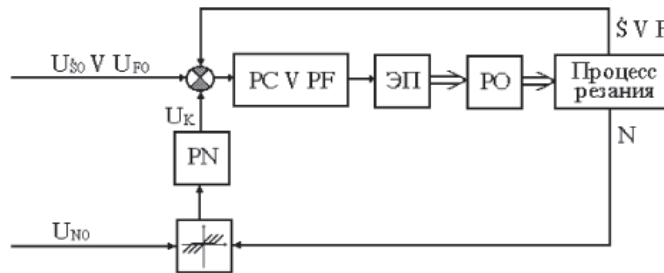
Роботизация операций абразивной зачистки требует применения систем стабилизации мощности резания, реализуемых с помощью исполнительных ЭП. В двухдвигательных ЭП стабилизация мощности резания достигается за счет регулирования скорости ЭП главного движения или (и) скорости ЭП подачи. В однодвигательных приводах эта задача решается, в частности, формированием как двухканальных, так и одноканальных управляющих сигналов.

Двухдвигательные ЭП со стабилизацией мощности строятся [2] по схеме двухканального управления (рис. 1, а). Сигнал U_{s_0} задает требуемую скорость перемещения РО робота, и U_{n_0} – с зоной нечувствительности определяют уровень стабилизируемой мощности. Сигнал корректирующей связи U_K действует посредством уменьшения U_{s_0} при $U_N > U_{N_0}$. Датчик скорости с функциональным преобразователем применяется для организации упреждающей коррекции.

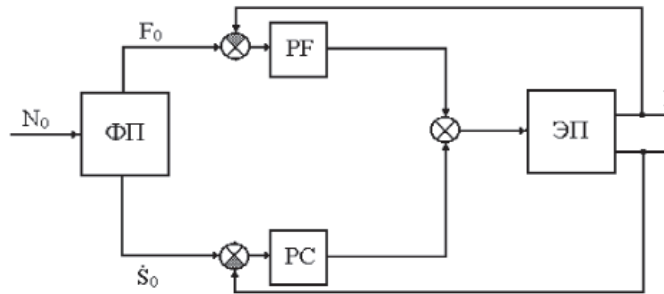
Двухканальные однодвигательные ЭП со стабилизацией N_0 строятся (рис. 1, б) по аналогии с приводом изображенным на рис. 1, а, в основе которого лежит применение технологических корректирующих связей. Другой путь, как уже отмечалось, заключается в формировании управляющих сигналов в функции $N_0 = \text{const}$ (рис. 1, в, г). Схема ЭП, представленная на рис. 1, г, служит основой для построения ЭП двухзонного зависимого или независимого регулирования.



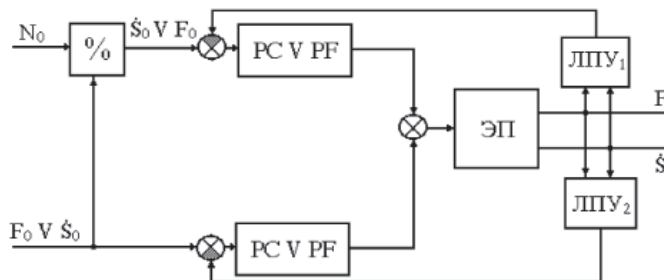
а



б



в



г

Рис. 1. Функциональные схемы ЭП со стабилизацией мощности

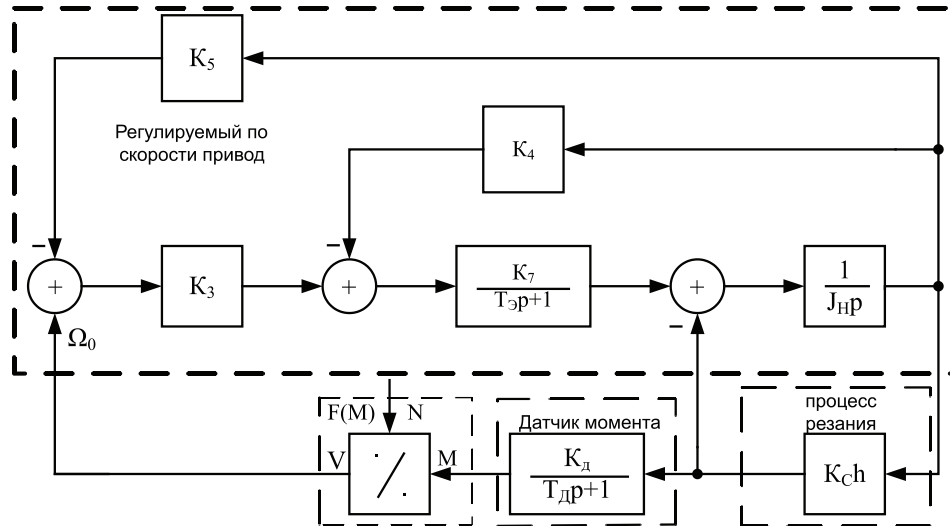


Рис. 2. Структурная схема ЭП со стабилизацией мощности N , затрачиваемой на подачу

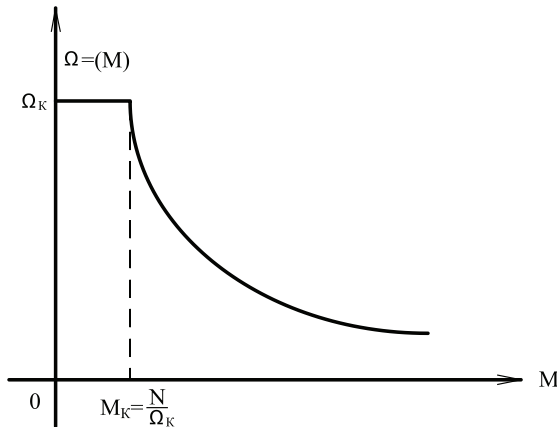


Рис. 3. Нелинейный элемент $F(M)$ типа «одноквадратный делитель с ограничением»

Особое место занимают ЭП со стабилизацией мощности N , затрачиваемой на подачу. В качестве примера на рис. 2 приведена структурная схема подобного привода [8].

Путем деления уставки по мощности N_o на момент M от силы резания (рис. 3) формируется сигнал задания по скорости Ω_o (рис. 2). Возможен и второй вариант привода, когда блок деления с уставкой N_o , расположенный в контуре обратной связи по скорости, формирует сигнал задания по моменту M_o .

Рассматриваемые приводы являются системами с параметрическим возмущением (т.е. с переменным параметром). Это следует из математической модели процесса резания. Поскольку возмущающим воздействием является изменение глубины резания, то при этом будет изменяться и коэффициент передачи объекта регулирования, а следовательно, и всего привода. Поэтому

при синтезе необходимо учитывать изменения параметров K_c и h . Качество переходных процессов определяется как величиной припуска h ($K_c = \text{const}$), так и коэффициента усиления K_3 по скорости. Так как коэффициенты уравнения динамики эти величины входят в обратно пропорциональной зависимости, то можно сделать вывод, что для поддержания заданных показателей качества необходимо изменять коэффициент K_3 в зависимости от изменения h по следующей зависимости

$$K_3 = K_{3н} \cdot \frac{h}{h_{ном}}$$

где $K_{3н}$ – коэффициент K_3 , рассчитанный для заданных показателей качества и при номинальной величине припуска $h_{ном}$. Очевидно, что максимальное значение $K_3^{ном}$ должно быть при максимальном припуске, а минимальное – при минимальном.

Для структурной схемы регулируемого ЭП передаточная функция по управляющему воздействию без учета K_4 и нелинейного контура имеет вид

$$W(p) = \frac{k_7 k_3 k_5 (k_c h)^{-1}}{(T_3 p + 1) (J_n (k_c h)^{-1} p + 1)}$$

Откуда следует, что кроме общего коэффициента усиления с изменением припуска h , как уже отмечалось, изменяется постоянная времени $T = J_n (k_c h)^{-1}$ в знаменателе передаточной функции $W(p)$, что подобно изменению момента инерции J_n .

В [3] рассмотрен самонастраивающийся привод, у которого контурный коэффициент усиления изменяется вследствие изменения приведенного момента инерции. Так

как изменение величины $k_c h$ равноценно изменению момента инерции J_n , то данная структура может применяться для стабилизации контурного коэффициента в рассматриваемом приводе. На основании анализа работ по разработке адаптивных приводов МР была разработана структура наблюдателя момента инерции нагрузки J_n и припуска h [4], особенностью которой является более высокое быстродействие процесса оценки момента инерции и припуска по сравнению с известными структурами.

Структурная схема самонастраивающегося ЭП с наблюдателем параметра $J_n (k_c h)^{-1}$ и стабилизацией мощности представлена на рис. 4 [4].

В приводе с нелинейностью $F(M)$, обеспечивающей поддержание постоянной мощности подачи, коэффициент передачи аддитивной параметрической обратной связи изменяется так, что стабилизация общего коэффициента усиления осуществляется автоматически без необходимости изменения коэффициента усиления регулятора скорости.

Графики переходных процессов в системе по структурной схеме ЭП с контуром самонастройки (рис. 4) приведены на рис. 5, а, б, откуда следует, что при изменении припуска h в 2 раза качество переходных процессов сохраняется.

В системе без наблюдателя момента

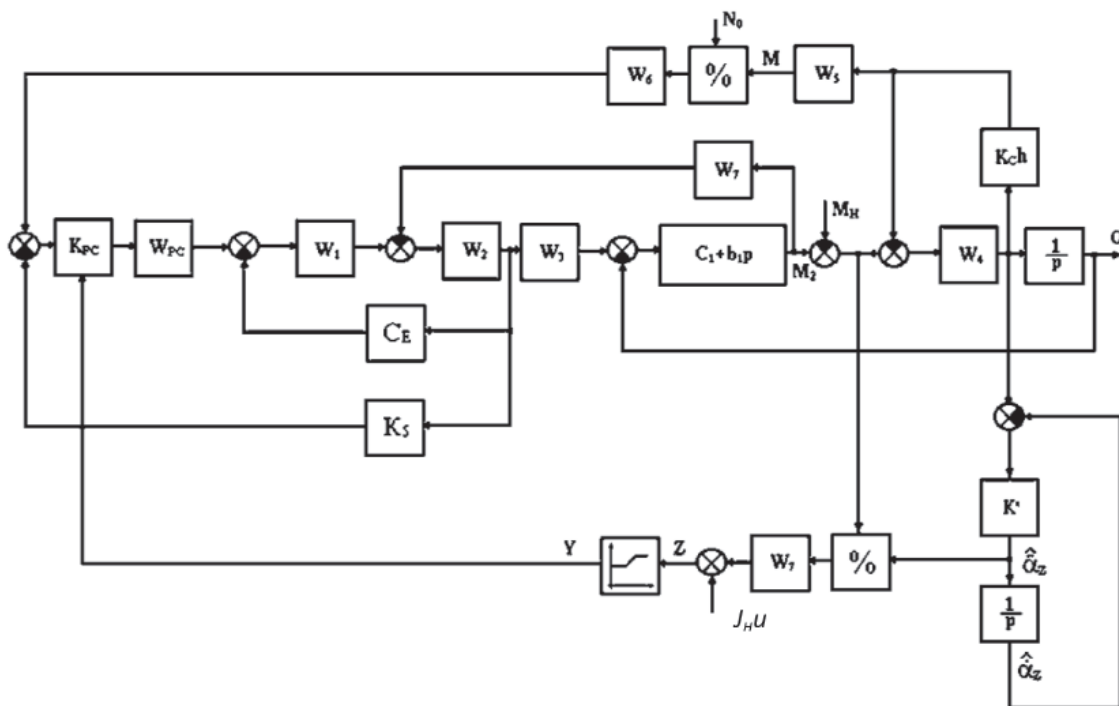


Рис. 4. Структурная схема самонастраивающегося ЭП с наблюдателем J_n

$$W_1 = K_7(T_3 p + 1)^{-1}; \quad W_2 = (J_1 p)^{-1}; \quad W_3 = (U p)^{-1};$$

$$W_4 = (J_n p)^{-1}; \quad W_5 = K_d(T_d p + 1)^{-1};$$

$$W_6 = U(K_4 + K_3 K_5 K_3^{-1}); \quad W_7 = U^{-1}.$$

Таким образом, синтез привода состоит из двух этапов: синтеза главного контура в статике и динамике для некоторого расчетного усредненного значения (математического ожидания) величины припуска h и синтеза дополнительного контура самонастройки коэффициента K_3 усиления регулятора скорости.

инерции переходные процессы по скорости и моменту становятся колебательными.

Полученные результаты моделирования системы с контуром самонастройки показывают эффективность использования алгоритма адаптации к переменной величине момента инерции и припуска при контурной обработке с постоянной мощностью.

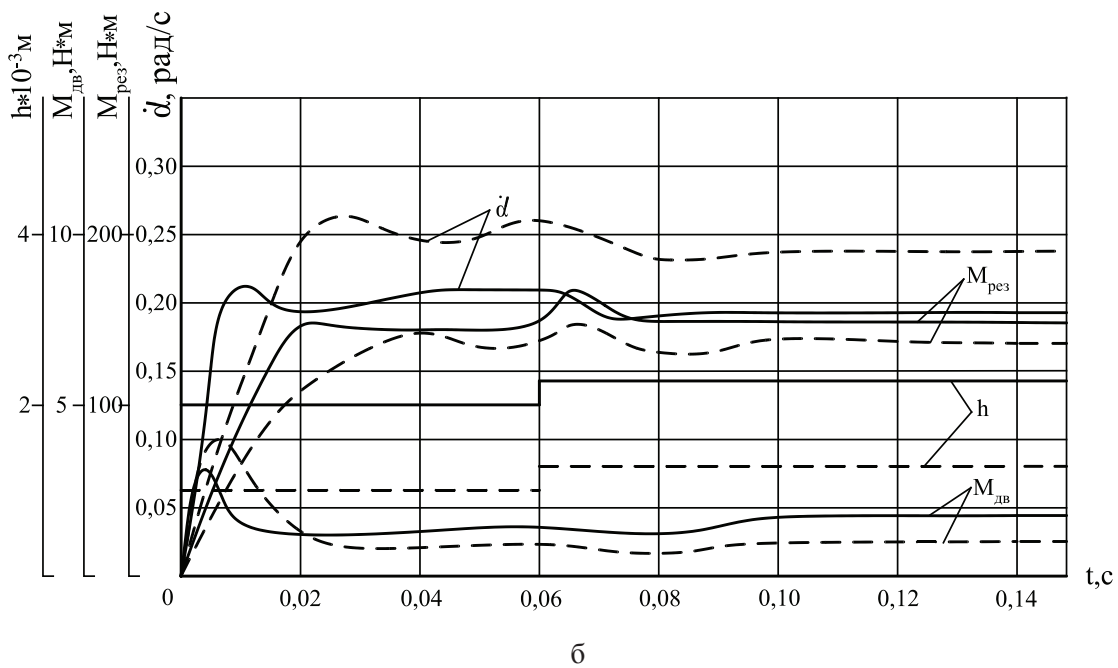
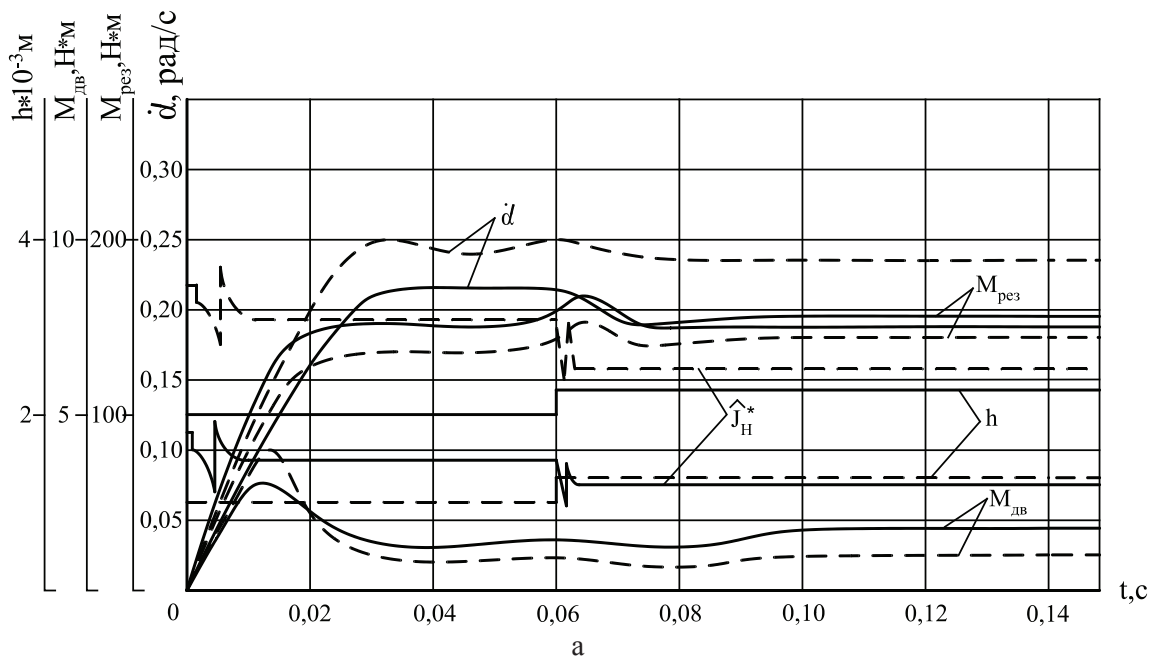


Рис. 5. Переходные процессы в ЭП:
 а – переходные процессы в ЭП с контуром самонастройки;
 б – переходные процессы в ЭП без контура самонастройки

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-08-01364).

Список литературы

1. Вукобратович М., Стокич Д., Кирчански Н. Неадаптивное и адаптивное управление манипуляционными роботами. – М.: Мир, 1989. – 376 с.

2. Егоров И.Н. Позиционно-силовое управление робототехническими и мехатронными устройствами: монография / Владим. гос.ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 192 с.

3. Егоров И.Н. А.с. 1277065 СССР, G 05 В 13/00 Самонастраивающаяся система управления / И.Н. Егоров, А.А. Назаров, А.А. Кобзев и др.; (СССР). Опубл.15. 12.86, Б.И. № 46.

4. Егоров И.Н. А.с. 1462242 СССР, G 05 В 13/00 Самонастраивающаяся система управления / В.Л. Афонин, Л.Я. Глейзер, И.Н. Егоров и др. (СССР). Оpubl.28.02.89, Б.И.№ 8.

5. Егоров И.Н. Управление робототехническими системами с силомоментным очувствлением: учеб. пособие / И.Н. Егоров, А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, В.А. Немонтов; под ред. проф. И.Н. Егорова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005. – 276 с.

6. Крутько П.Д. Управление исполнительными системами роботов. – М.: Наука, 1991. – 332 с.

7. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 332 с.

8. Рассказчиков Н.Г. Управление промышленными роботами для абразивной зачистки с использованием силомоментной адаптации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: www.science-education.ru/120-16772 (дата обращения: 24.10.2015).

References

1. Vukobratovich M., Stokich D., Kirchanski N. Neadaptivnoe i adaptivnoe upravlenie manipuljacionnymi robotami. M.: Mir, 1989. 376 s.

2. Egorov I.N. Pozicionno-silovoe upravlenie robototekhnicheskimi i mehatronnymi ustrojstvami: monografija / Vladim. gos.un-t. Vladimir: Izd-vo Vladim. gos. un-ta, 2010. 192 p.

3. Egorov I.N. A.s. 1277065 SSSR, G 05 V 13/00 Samonastraivajushhajasja sistema upravlenija / I.N. Egorov, A.A. Nazarov, A.A. Kobzev i dr.; (SSSR). Opubl.15.12.86, B.I. no. 46.

4. Egorov I.N. A.s. 1462242 SSSR, G 05 V 13/00 Samonastraivajushhajasja sistema upravlenija / V.L.Afonin, L.Ja. Glejzer, I.N. Egorov i dr. (SSSR). Opubl.28.02.89, B.I. no. 8.

5. Egorov I.N. Upravlenie robototekhnicheskimi sistemami ssilomomentnym ochuvstvleniem: uceb. posobie / I.N. Egorov, A.A. Kobzev, Ju.E. Mishulin, V.A. Nemontov ; pod red. prof. I.N. Egorova; Vladim. gos. un-t. Vladimir: Izd-vo Vladim. gos. un-ta, 2005. 276 p.

6. Krutko P.D. Upravlenie ispolnitelnymi sistemami robotov. M.: Nauka, 1991. 332 p.

7. Timofeev A.V. Adaptivnye robototekhnicheskie kompleksy. L.: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1988. 332 s.

8. Rasskazchikov N.G. Upravlenie promyshlennymi robotami dlja abrazivnoj zachistki s ispolzovaniem silomomentnoj adaptacii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 6; URL: www.science-education.ru/120-16772 (data obrashhenija: 24.10.2015).