

УДК 621.798.3

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСНЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА

Лазуткина Н.А.

*Муromский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
Муrom, e-mail: center@mivlgu.ru*

В работе рассмотрена техническая реализация управления переносным движением манипулятора для изготовления упаковки с различным профилем поперечного сечения. В качестве приводов переносного движения манипулятора предложено использовать систему двух гидроцилиндров, установленных на раме. Питание цилиндров и осуществляется от насосов регулируемой производительности. При этом образуется замкнутая гидрообъемная передача «насос – гидроцилиндр», закон изменения производительности которой задается с помощью профильного устройства системы программного управления. Для реализации требуемых законов переносного движения манипулятора, определенных ранее, выведены уравнения движения штоков левого и правого гидроцилиндров. Кроме уравнений движения штоков гидроцилиндров в работе определен расход жидкости, поступающей в гидроцилиндры. Результаты исследований по выводу законов управления переносным движением могут быть использованы при разработке технико-экономического обоснования на создание манипулятора с пространственно-планетарной роликовой головкой для изготовления упаковки различного профиля поперечного сечения.

Ключевые слова: манипулятор, пространственно-планетарная роликовая головка, принципиальная гидравлическая схема, управление переносным движением

TECHNICAL IMPLEMENTATION OF THE PORTABLE CONTROL MOVEMENT OF THE MANIPULATOR

Lazutkina N.A.

Murom Institute of Vladimir State University, Murom, e-mail: center@mivlgu.ru

The paper considers the technical implementation of portable control movement of the manipulator for the manufacture of packaging with different profile cross-section. The drives of the portable motion of the manipulator is proposed to use a system of two hydraulic cylinders mounted on the frame. The power is supplied from cylinders and pumps of adjustable capacity. This forms a closed-loop hydrostatic transmission «pump-hydraulic cylinder», the law changes the performance which is set with the profile device program control system. For implementation of the required laws of motion of the handheld manipulator, previously defined, equations of motion of the left and right rods of hydraulic cylinders. In addition to the equations of motion of rods of hydraulic cylinders to define fluid flow entering the cylinders. The results of studies on the output control portable motion can be used in the development of a feasibility study on the establishment of a manipulator with spatial planetary roller head for packaging of different cross-sectional profile.

Keywords: manipulator, spatial planetary roller head, hydraulic schematic diagram, control portable traffic

В разработанной принципиальной гидравлической схеме управления переносным движением манипулятора в качестве силовых гидроцилиндров используются гидроцилиндры Ц1 и Ц2, штоки которых соединены с осью манипулятора (рис. 1). Питание цилиндров Ц1 и Ц2 осуществляется от насосов регулируемой производительности Н4 и Н5. При этом образуется замкнутая гидрообъемная передача «насос – гидроцилиндр», закон изменения производительности которой задается с помощью профильного устройства системы программного управления.

Управление переносным движением манипулятора

Механизм управления МУ1 представляет собой следящий золотник, гильза ко-

торого кинематически жестко связана с гидроцилиндром-приемником Ц8, золотник кинематически связан с задающим устройством-копиром (рис. 2). С другой стороны, сам следящий золотник гидравлически связан с насосом управления Н1 и регулятором скорости РС1, управляющим производительностью насоса Н4. Механизм управления МУ1, суммируя полученные перемещения со стороны гидроцилиндра Ц8 и задающего устройства-копира, подает рабочую жидкость от насоса Н1 в поршневую или штоковую полость гидроцилиндра – регулятора скорости РС-1.

Механизм управления производительностью насоса Н4 состоит из гидроцилиндра с неподвижным двухсторонним штоком, причем диаметры штоков разные, а корпус механически жестко связан с люлькой

насоса Н4. Гидроцилиндр с двухсторонним штоком питается от насоса Н2 через следящий золотник, гильза которого кинематически жестко связана с гидроцилиндром, а шток – с регулятором скорости РС-1. Перемещение со стороны регулятора скорости РС-1 преобразуется в угол поворота люльки насоса Н4, который приводит к изменению производительности основного приводного насоса Н4 замкнутой гидрообъемной передачи «насос – цилиндр». Подпитка этой си-

стемы осуществляется от насоса Н2 через подпиточные клапаны КО5 и КО6.

При работе всех насосов гидросистемы исполнительного органа основные приводные насосы Н4 и Н5 в исходном положении имеют нулевую производительность (люлька насоса находится в нейтральном положении). Для начала работы гидроцилиндров перемещения исполнительного органа Ц1 и Ц2 приводится в действие задающее устройство – копир.

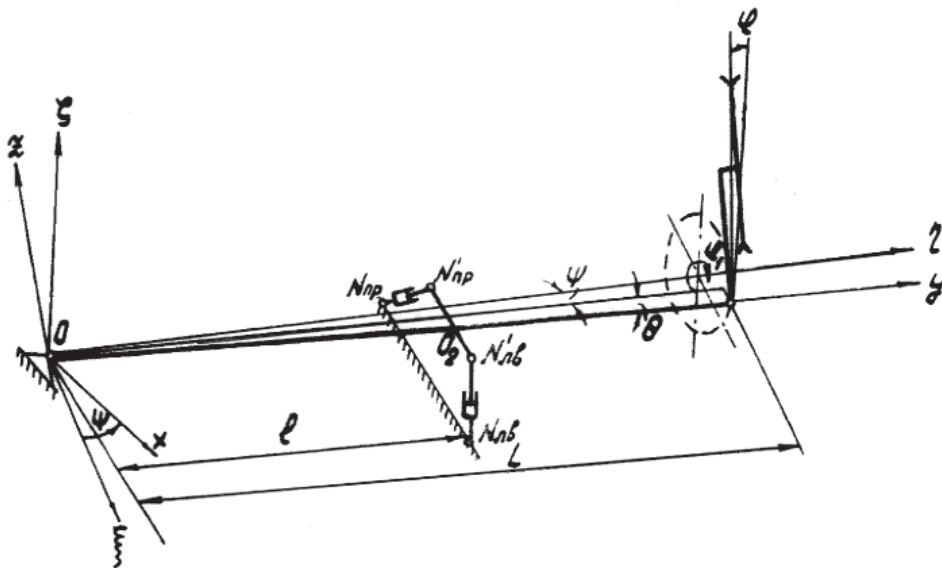


Рис. 1

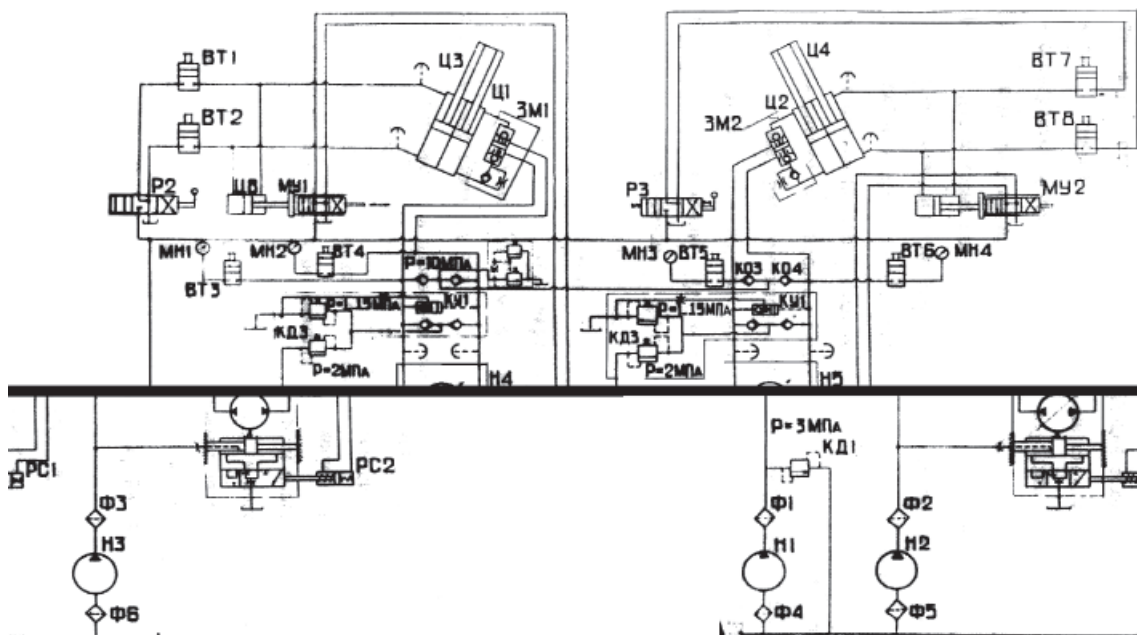


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема

При перемещении золотника механизма управления МУ1 от копира, например, влево (по чертежу происходит подача рабочей жидкости от насоса Н1 через следящий золотник в штоковую полость гидроцилиндра РС1 и этим самым следящий золотник насоса Н4 переместится вправо (по чертежу)). Это приводит к тому, что рабочая жидкость от насоса Н2 поступает в обе полости гидроцилиндра РС1 и, поскольку диаметры штоков гидроцилиндра не равны, то происходит перемещение корпуса гидроцилиндра тоже вправо (по чертежу) и изменение производительности насоса Н4.

Рабочая жидкость от насоса Н4, например, поступает через гидрозамок и обратный клапан в поршневую полость гидроцилиндра Ц1, а из штоковой полости через гидрозамок в насос Н4. Разница расходов рабочей жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра Ц1 восполняется от насоса Н2 через подпиточный клапан КО6.

Гидроцилиндр-датчик Ц3 перемещается вместе с гидроцилиндром Ц1, подает рабочую жидкость из своей штоковой полости в штоковую полость гидроцилиндра Ц8 и последний, перемещаясь влево (по чертежу), перемещает гильзу золотника также влево (как и золотник от копира). В дальнейшем, если не будет задающего перемещения золотнику со стороны копира, то происходит установка гильзы и золотника в нейтральное положение (показанное на чертеже), и этим самым гидроцилиндр РС1 насоса Н4 становится в нейтральное положение и расход насоса Н4 становится нулевым. Аналогично работает система гидрообъемной передачи «насос Н5 – гидроцилиндр Ц2».

Уравнения движения штоков гидроцилиндров

Для вывода уравнений движения штоков гидроцилиндров необходимо определить закон движения точки O_2 (точка пересечения оси манипулятора и линии, соединяющей штоки гидроцилиндров. Рассмотрим сечение упаковки, профиль которого формируется при вращении конца оси манипулятора в соответствии с уравнением $\varphi_1 = -3\varphi$. Ранее были выведены уравнения движения конца оси манипулятора. Уравне-

ния, определяющие закон движения точки O_2 , будут представлять

$$\begin{cases} \xi_{O_2} = \xi_{O_1} \frac{l}{L} = -l \sin \psi \cos \theta; \\ \eta_{O_2} = \eta_{O_1} \frac{l}{L} = -l \cos \psi \cos \theta; \\ \zeta_{O_2} = \zeta_{O_1} \frac{l}{L} = -l \sin \theta. \end{cases}$$

Выпишем координаты точек $N'_{лв}$, $N'_{пр}$ в системе координат $OXYZ$:

$$XN'_{лв} = l_4; \quad XN'_{пр} = -l_4; \quad YN'_{лв} = l;$$

$$YN'_{пр} = l; \quad ZN'_{лв} = l_2; \quad ZN'_{пр} = l_2.$$

Воспользовавшись матрицей перехода от системы координат $OXYZ$ к системе $O\xi\eta\zeta$

	(ξ)	(η)	(ζ)
(X)	$\cos \psi$	$\sin \psi$	0
(Y)	$-\sin \psi \cos \theta$	$\cos \psi \cos \theta$	$\sin \theta$
(Z)	$\sin \psi \cos \theta$	$-\cos \psi \sin \theta$	$\cos \theta$

определим координаты точек $N'_{лв}$, $N'_{пр}$ в системе $O\xi\eta\zeta$

$$\begin{cases} \xi N'_{лв} = l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta; \\ \eta N'_{лв} = l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta; \\ \zeta N'_{лв} = l \sin \theta + l_2 \cos \theta. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \xi N'_{пр} = -l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta; \\ \eta N'_{пр} = -l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta; \\ \zeta N'_{пр} = l \sin \theta + l_2 \cos \theta. \end{cases}$$

Заметим, что уравнения представляют собой закон движения точек крепления штоков гидроцилиндров оси манипулятора исполнительного органа.

Теперь воспользовавшись, выпишем координаты точек крепления гидроцилиндров к раме манипулятора $N_{лв}$, $N_{пр}$

$$\xi N_{лв} = l_1 - l; \quad \xi N_{пр} = -l_2;$$

$$\eta N_{лв} = l; \quad \eta N_{пр} = l;$$

$$\zeta N_{лв} = -l_1; \quad \zeta N_{пр} = -l_1.$$

Зная координаты точек $N_{лв}$ и $N'_{лв}$, $N_{пр}$ и $N'_{пр}$, определим суммарную длину штоков и гидроцилиндров:

$$(l_{ц} + l_{шлв})^2 = (\xi N_{лв} - \xi N'_{лв})^2 + (\eta N_{лв} - \eta N'_{лв})^2 + (\zeta N_{лв} - \zeta N'_{лв})^2;$$

$$(l_{ц} + l_{шпр})^2 = (\xi N_{пр} - \xi N'_{пр})^2 + (\eta N_{пр} - \eta N'_{пр})^2 + (\zeta N_{пр} - \zeta N'_{пр})^2.$$

Разрешив это уравнение относительно $l_{шлв}$ и $l_{шпр}$ и используя формулы, найдем уравнения движения штоков гидроцилиндров:

$$l_{шлв} = l_{шлв}(\psi, \theta) = [(l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta + l_2 - l_1)^2 + (l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta - l)^2 + (l \sin \theta + l_2 \cos \theta + l_1)^2]^{1/2} - l_u;$$

$$l_{шпр} = l_{шпр}(\psi, \theta) = [(-l_4 \cos \psi - l \sin \psi \cos \theta + l_2 \sin \psi \sin \theta + l_2)^2 + (-l_4 \sin \psi + l \cos \psi \cos \theta - l_2 \cos \psi \sin \theta - l)^2 + (l \sin \theta + l_2 \cos \theta + l_1)^2]^{1/2} - l_u.$$

Определение расхода жидкости гидроцилиндров

Расход жидкости гидроцилиндров определим по формуле

$$Q = F_n V,$$

где F_n – рабочая площадь поршня; V – линейная скорость поршня. При прямом ходе поршня (когда $l_{ш}$ увеличивается) $F_n = \frac{\pi D^2}{4}$, при обратном ходе поршня (когда $l_{ш}$ уменьшается)

$$F_n = \pi(D^2 - d^2)/4,$$

где D – диаметр поршня; d – диаметр штока.

Линейная скорость движения поршня равна скорости конца штока гидроцилиндра

$$V = \frac{dl_{ш}}{dt} = \frac{dl_{ш}}{d\varphi} \omega_{в},$$

где $\omega_{в} = \dot{\varphi}$ – угловая скорость вращения оси.

Для определения скорости поршня по формуле следует в формулах перейти от зависимости $l_{шлв}(\psi, \theta)$, $l_{шпр}(\psi, \theta)$ к зависимостям $l_{шлв}$ и $l_{шпр}$ от угла поворота оси манипулятора.

Ранее были получены формулы, выражающие зависимость углов ψ и θ от угла поворота оси манипулятора:

$$\sin \psi = -\frac{r \sin 3\varphi}{L \cos \theta}; \quad \sin \theta = -\frac{r \cos 3\varphi}{L}.$$

В формулах преобразуем выражения, стоящие под корнем, в результате получим

$$l_{шлв} = \{2l^2 + (l_1 - l_2)^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 + 2l_1(l_2 \cos \theta + l \sin \theta) + 2(l_2 \sin \theta + l \cos \theta)[l \cos \psi - (l_1 - l_2) \sin \psi] - 2l_4[l \sin \psi + (l_1 - l_2) \cos \psi]\}^{1/2} - l_u;$$

$$l_{шпр} = \{2l^2 + l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 + 2l_1(l_2 \cos \theta + l \sin \theta) + 2(l_2 \sin \theta - l \cos \theta)[l \cos \psi + l_2 \sin \psi] - 2l_4[l \sin \psi - l_2 \cos \psi]\}^{1/2} - l_u.$$

В формулы подставим значения $\sin \psi$, $\sin \theta$, определяемые по формуле, и $\cos \psi$, $\cos \theta$, определяемые по формуле

$$\cos \psi = (1 - \sin^2 \psi)^{1/2} \cdot b \cdot \cos \theta = (1 - \sin^2 \theta)^{1/2}.$$

Выполнив необходимые преобразования, получим

$$l_{шлв} = \left\{ 2l^2 + (l_1 - l_2)^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 - 2\frac{l^2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} - 2\frac{l_2}{L}(l_1 - l_2) \sin 3\varphi - 2\frac{l_1 l r}{L} \cos 3\varphi + 2\frac{l_1 l_2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi + \frac{2}{\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi} [l_4(l_1 - l_2)\sqrt{L^2 - r^2} + l_4 l r \sin 3\varphi - \frac{l_2 r l}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos 3\varphi - \frac{l_2 r_2}{L}(l_1 - l_2) \sin 3\varphi \cos 3\varphi] \right\}^{1/2} - l_u;$$

$$l_{шпр} = \left\{ 2l^2 + l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 - 2\frac{l^2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} - 2\frac{l_2}{L} \left(l_2 \sin 3\varphi - 2\frac{l_1 l r}{L} \cos 3\varphi + 2\frac{l_1 l_2}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi + \frac{2}{\sqrt{L^2 - r^2} \cos^2 3\varphi} [l_4(l_1 - l_2)\sqrt{L^2 - r^2} + l_4 l_2 \sin 3\varphi - \frac{l_2 r l}{L}\sqrt{L^2 - r^2} \cos 3\varphi - \frac{l_2 r_2}{L} l_2 \sin 3\varphi \cos 3\varphi] \right) \right\}^{1/2} - l_u.$$

С помощью полученных формул можно определить расход жидкости гидродринов.

Вывод

Результаты исследований по выводу законов управления переносным движением могут быть использованы при разработке технико-экономического обоснования на создание манипулятора с пространственно-планетарной роликотвой головкой для изготовления упаковки различного профиля поперечного сечения.

Список литературы

1. Аксёнова Т.И., Ананьев Т.В., Дворецкая Н.М. и др.; под ред. Розанцева Э.Г. Технология упаковочного производства: учебник для вузов. – М.: Колос, 2002. – 184 с.
2. Варепо Л.Г. Производство упаковки из бумаги, картона и гофрокартона: уч. пособие. – Омск: Изд-во ОГТУ, 2002. – 198 с.
3. Ефремов Н.Ф., Васильев А.И., Хмелевский Г.К. Проектирование упаковочных производств. Часть 1: учебное пособие. – М.: МГУП, 2004 – 396с.
4. Ефремов Н.Ф., Грогов А.С., Ефремов Д.Н., Сизов Е.В., Фирсова В.Ю., Кононюк Т.М. Автоматизированное проектирование упаковки: учебное пособие. – М.: МГУП, 2005
5. Ефремов Н.Ф., Лемешко Т.В., Чуркин А.В. Конструирование и дизайн тары и упаковки: учебник для вузов. – М.: МГУП, 2004. – 242 с.
6. Лазуткина Н.А. Управление переносным движением манипулятора с пространственно планетарной роликотвой головкой для изготовления упаковки с различным профилем поперечного сечения // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.
7. Лазуткина Н.А. Расчетно-оптимизационная подсистема проектирования манипулятора с пространственно планетарной роликотвой головкой // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4.
8. Стюарт Б. Упаковка как инструмент эффективного маркетинга: учебное пособие; пер. с англ. В.В. Грачёва. – М.: МГУП, 1999. – 144 с.

References

1. Aksjonova T.I., Ananjev T.V., Dvoreckaja N.M. i dr.; pod red. Rozanceva Je.G. Tehnologija upakovocnogo proizvodstva: Uchebnik dlja vuzov. M.: Kolos, 2002. 184 p.
2. Varepo L.G. Proizvodstvo upakovki iz bumagi, kartona i gofrokartona: Uch. Posobie. Omsk: Izd-vo OGTU, 2002. 198 p.
3. Efremov N.F., Vasilev A.I., Hmelevskij G.K. Proektirovanie upakovocnyh proizvodstv. Chast 1: Uchebnoe posobie. M.:MGUP, 2004 396 p.
4. Efremov N.F., Grogov A.S., Efremov D.N., Sizov E.V., Firsova V.Ju., Kononjuk T.M. Avtomatizirovannoe proektirovanie upakovki: Uchebnoe posobie. M.: MGUP, 2005.
5. Efremov N.F., Lemeshko T.V., Churkin A.V. Konstruirovanie i dizajn tary i upakovki: Uchebnik dlja vuzov. M.: MGUP, 2004. 242 p.
6. Lazutkina N.A. Upravlenie perenosnym dvizheniem manipulatora s prostranstvenno planetarnoj rolikotvoj golovkoj dlja izgotovlenija upakovki s razlichnym profilem poperechnogo sechenija. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, no. 5, 2014.
7. Lazutkina N.A. Raschetno-optimizacionnaja podsystema proektirovanija manipulatora s prostranstvenno planetarnoj rolikotvoj golovkoj. Mashinostroenie i bezopasnost zhiznedejatel'nosti, no. 4, 2014.
8. Stjuart B.; Per. s angl. Grachjova V.V. Upakovka kak instrument jeffektivnogo marketinga: Uchebnoe posobie. M.: MGUP, 1999. 144 p.

Рецензенты:

Жизняков А.Л., д.т.н., профессор, первый зам. директора, зав. кафедрой систем автоматизированного проектирования, Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром;

Андреанов Д.Е., д.т.н., профессор, зам. директора по учебной работе, зав. кафедрой информационных систем, Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром.