

М. М. МАСЛОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ДЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЪЕМНИКА

Ключевые слова: пневмогидравлический привод, приспособления, расчеты, ресурс, съемник.

Аннотация. Проведен анализ видов приводов, используемых при ремонтно-обслуживающих воздействиях. Разработан съемник на основе пневмогидравлического привода. Приведены основные экономические показатели разработанного приспособления.

На данный момент большинство инструмента, используемого в мастерских хозяйств при проведении ремонтно-обслуживающих воздействий, имеет электрический, механический или гидравлический привод. По непонятным причинам использование пневматического инструмента в нашей стране не получило такого распространения как за рубежом.

Пневмоинструмент по сравнению с электроинструментом, который на данный момент наиболее распространен, имеет ряд преимуществ:

- 1) большой ресурс, по сравнению с электрическим;
- 2) более безопасен;
- 3) позволяет экономить электроэнергию.

Однако использование пневмопривода при необходимости большого усилия ограничивается габаритными размерами. Для уменьшения габаритов привода возможно использование пневмогидравлических систем.

Пневмогидравлические приводы являются весьма эффективным средством получения больших усилий выходного звена при использовании сжатого воздуха низкого давления цеховых магистралей (0,4–0,6 МПа). Пневмогидравлические приводы по сравнению с гидравлическими имеют ряд преимуществ.

1. Создают и поддерживают в течение длительного времени высокое давление масла без расхода энергии и образования тепла в гидросистеме. Сжатый воздух расходуется только при перемещении поршней гидроцилиндров.

2. Управление гидросистемой производится в пневмосистеме усиления давления. Это сокращает использование дорогостоящих распределителей и регулирующей аппаратуры.

3. Более компактны и просты, чем идентичные им гидравлические приводы. Это позволяет располагать их в любой части оборудования или около него.

4. Отсутствие вращающихся частей в приводе увеличивает его ресурс.

В качестве примера использования пневмогидравлического привода приведем пример аналога гидравлического съемника, выполненного с использованием пневмогидравлического привода.

В качестве прототипа был принят универсальный гидравлическим съемник с комплектом сменных захватов, разработанный сотрудниками Сибирского филиала ГОСНИТИ (рис. 1) [1, с. 128].

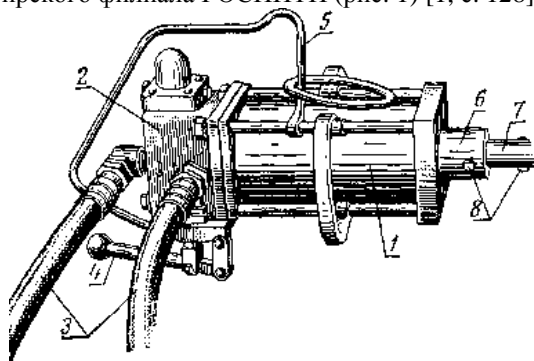


Рисунок 1 – Универсальный гидравлическим съемник с комплектом сменных захватов

Он состоит из гидроцилиндра 1, на задней крышке которого установлен золотник 2, управляемый рычагом 4, и комплекта сменных захватов. Ход штока 120 мм.

Мобильность данного устройства ограничена подводом гидравлических шлангов. Для решения этой проблемы было принято решение обеспечить давление от пневмосистемы мастерской. Так же это облегчит подключение устройства как в условиях мастерской, так и в полевых условиях.

Для преобразования усилия сжатого воздуха в гидравлическое усилие сжатой жидкости было принято решение использовать пневмогидравлический преобразователь следующей конструкции (рис. 2).

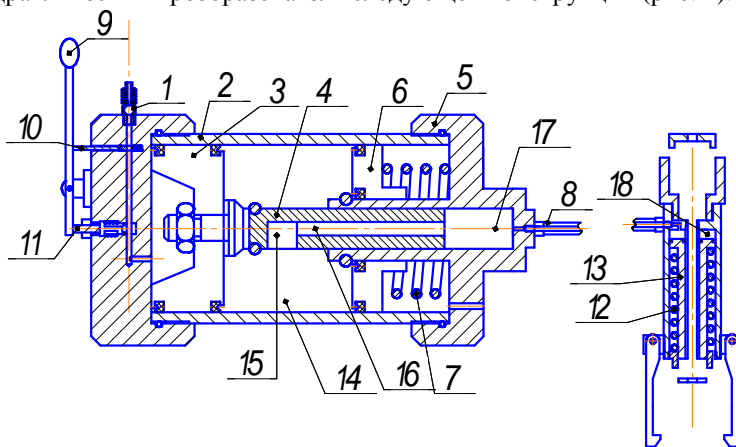


Рисунок 2 – Универсальный пневмогидравлический съемник (УПГС)
 1 – быстроразъемный штуцер; 2 – цилиндр; 3 – пневмопоршень; 4 – плунжер; 5 – задняя крышка; 6 – шайба; 7 – пружина гидрокомпенсатора; 8 – шланг высокого давления; 9 – рычаг управления распределителя; 10 – впускной клапан; 11 – выпускной клапан; 12 – возвратная пружина; 13 – поршень рабочего гидроцилиндра; 14 – полость с маслом; 15 – окно быстрого подвода; 16 – канал быстрого подвода

Универсальный пневмогидравлический съемник (УПГС) представляет собой устройство, служащее для осуществления разборно-сборочных работ. Устройство обладает двумя рабочими средами – воздух и жидкость (гидравлическое масло). Помимо универсального трехлапчатого крепления съемник обладает набором из втулок и шайб, что позволяет осуществлять выпрессовку деталей из резины или металла. Применяется в широком спектре разборно-сборочных работ. Например, выпрессовка сайленблоков или выпрессовка шестерен.

Съемник уменьшает трудоемкую и занимающую много времени ручную работу при разборно-сборочных операциях и по сравнению с механическими съемниками имеет много преимуществ.

Универсальный пневмогидравлический съемник обладает обширными возможностями и может найти широкое применение в любой ремонтной мастерской и станции технического обслуживания автомобилей.

УПГС представляют собой три цилиндра, управляющего аппарата, шланга, трехлапчатого крепления, болта и втулки с шайбой. Первый цилиндр является пневматическим и служит для передачи энергии сжатого воздуха поршню, являющемуся одновременно штоком первого гидроцилиндра. Первый гидроцилиндр соединен со вторым посредством гибкого шланга, что обеспечивает большую маневренность рабочей части.

Исходной энергией в пневмогидравлических приводах является потенциальная энергия сжатого воздуха, получаемого из компрессорных установок. Воздух в систему поступает через пневмораспределители. Проектирование проводилось в соответствии с рекомендациями В. А. Марутова [1, с. 150].

В УПГС применен пневмогидравлический преобразователь (мультипликатор-усилитель давления), нагнетающий масло в гидросистему при поступлении сжатого воздуха в пневматическую полость усилителя, и пневмогидравлические насосы, непрерывно нагнетающие масло в гидросистему. Пневмогидравлический преобразователь является преобразователем прямого (одинарного) действия, потому что является наиболее простым по конструкции. Он состоит из пневматического и гидравлического цилиндров. Шток поршня пневматического цилиндра является одновременно плунжером гидравлического цилиндра. Управление усилителем осуществляется пневматическим распределительным краном. Для осуществления быстрого подвода штока предусмотрено отверстие в плунжере.

Сжатый воздух подводится через быстроразъемный штуцер 1 от компрессорной установки мастерской или пневматической системы машины в распределительную систему. Распределительная система управляется рычагом 9 и имеет 3 положения: нейтральное, выдвижение и спуск. При нахождении рычага в среднем положении система является замкнутой, и поршень находится в неподвижном состоянии. При движении рычага 9 к установке клапан 10 открывается и поршень 3 в цилиндре 2 под давлением сжатого воздуха перемещается вправо, создавая в полости 14 гидроцилиндра 2, заполненной маслом, небольшое давление. Последнее создается за счет сжатия пружины 7 подвижной шайбой 6. Масло через окно 15 и канал 16 в штоке 4 вытесняется в полость 17 гидроцилиндра, при этом вытесняя масло в шланг 8. Через шланг 8 масло под давлением поступает в полость 18 рабочего гидроцилиндра. При этом поршень 8 перемещается быстро вправо до контакта штока 13 и выполняет непосредственную работу. Обратный ход привода происходит за счет усилия сжатия пружины 12 в рабочем гидроцилиндре.

Для определения среднего усилия, необходимого при выполнении разборочно-сборочных работ, были проведены соответствующие расчеты.

При запрессовке и выпрессовке усилие зависит от множества факторов: материала, из которого сделаны детали, наличия смазки, чистоты обработки, размера конуса концевой части и т. д. Так как съемник используется и для выпрессовки сайленблоков, усилие выпрессовки которых больше, то для расчета принимается усилие выпрессовки сайленблока максимального диаметра и длины.

Для определения усилия запрессовки используем формулу 1 [1, с. 85]

$$F = f_{zan} \cdot \pi \cdot d \cdot \rho \cdot L, \quad (1)$$

где f_{zan} – коэффициент трения при запрессовке. Для резины он равен 0,4 [4, с. 547]; d – номинальный диаметр отверстия, мм; L – длина отверстия, мм; ρ – удельное давление на поверхность контакта, Па или кгс/мм².

Удельное давление можно определить по формуле 2 [2, с. 185]:

$$\rho = \frac{\delta}{d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^3} = 1,517 \text{ кгс/мм}^2, \quad (2)$$

где $\delta = 20$ – расчетный натяг, мкм; E_1 и E_2 – модуль упругости материала охватываемой и охватывающей деталей: для стали $(21-22) \cdot 10^3$ и для резины $(10-11) \cdot 10^3$; кгс/мм² [2, табл. 12].

C_1 и C_2 – коэффициенты. Их значения можно определить по формулам [2, стр. 186]:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad C_2 = \frac{d^2 + d_2^2}{d^2 - d_2^2} - \mu_2, \quad (3)$$

где μ_1 и μ_2 – коэффициент Пуассона, равный для стали 0,3, а для резины 0,33 [2, табл. 12].

Для определения усилия запрессовки используем формулу [2, с. 186]

$$F = f_{zan} \cdot \pi \cdot d \cdot \rho \cdot L = 4518 \text{ Н.} \quad (4)$$

Во время работы машины в их неподвижных соединениях происходят процессы (окисление металла, старение масла и т. д.) которые в значительной степени затрудняют их разъединение.

Многочисленные опыты З. С. Колясинского и других авторов позволили сделать вывод, что при расчетах усилия распрессовки необходимо брать больше, чем усилие запрессовки, на 25–30 % [2 с. 187]. Тогда усилие распрессовки равно:

$$F_p = F_3 \cdot 1,3 = 4518 \cdot 1,3 = 5864 \cdot H . \quad (5)$$

Номинальное давление в гидросистеме назначают в соответствии с нормальным рядом давлений по ГОСТ 6540-74 и ГОСТ 12445-77 (МПа): 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32.

Для пневматической составляющей системы выбираем номинальное давление, равное 0,63 МПа, а для гидравлической – 6,3 МПа.

Таким образом, для достижения необходимого усилия в соответствии со стандартными типоразмерами (ГОСТ 17752) принимаем диаметр рабочего цилиндра 50 мм, а диаметр рабочего цилиндра 170 мм. Дальнейший расчет ведется для проверки правильности выбора соответствующих диаметров поршней по условию выполнения равенства [1, с. 87]:

$$F_p \leq F , \quad (6)$$

где F_p – максимальное усилие распрессовки, F – максимальное усилие, развиваемое пневмогидроцилиндром.

Упрощенно предлагаемая нами разработка представляет пневмогидравлический преобразователь давления прямого действия (рис. 3). Он состоит из пневматического цилиндра, в котором перемещается поршень 2, и гидравлического цилиндра 4 со штоком-плунжером 3, связанным с поршнем 2. Под действием давления сжатого воздуха поршень вместе со штоком-плунжером движется вправо, создавая при этом высокое давление масла во всей гидравлической системе.

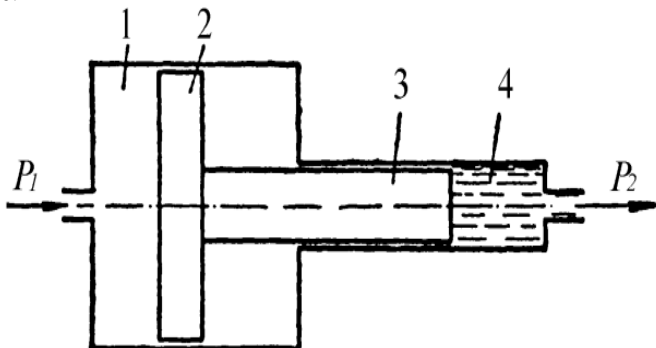


Рисунок 3 – Схема пневмогидравлического преобразователя давления прямого действия

Так как система поршень-шток в рабочем состоянии находится в равновесии, усилие, с которым сжатый воздух действует на поршень, равно усилию, с которым масло воздействует на шток-плунжер, то есть [3]:

$$F_1 = F_2, \quad (7)$$

где F_1 – усилие, приложенное к поршню; F_2 – усилие, приложенное к штоку-плунжеру;

или
$$p_1 \cdot S_1 = p_2 \cdot S_2, \quad (8)$$

где p_1 – давление воздуха в пневмоцилиндре; p_2 – давление масла в гидроцилиндре; S_1 – площадь поршня пневмоцилиндра; S_2 – площадь шток-плунжера.

Откуда p_2 равно [3]:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{S_1}{S_2}. \quad (9)$$

Поэтому давление масла, создаваемое в гидравлическом цилиндре преобразователя давления, во столько раз больше давления сжатого воздуха в пневмоцилиндре, во сколько раз площадь воздушного поршня больше площади шток-плунжера.

Так как:

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \text{ и } S_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}, \quad (10)$$

где d_1 – диаметр поршня пневмоцилиндра, d_2 – диаметр шток-плунжера,

то p_2 равно:

$$p_2 = \left(p_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \right). \quad (11)$$

Давление масла в преобразователе увеличивается по сравнению с давлением воздуха в пневмосистеме прямо пропорционально отношению квадратов их диаметров.

Принимая во внимание потери на трение в уплотнениях поршня и штока, составляющие примерно 10–15 %, т. е. учитывая коэффициент полезного действия передачи η , равный примерно 0,9–0,85 [3],

$$p_2 = \left(p_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \right) \cdot \eta_n \cdot \quad (12)$$

Как видно из приведенных соотношений, пневмогидравлические преобразователи при соответствующем выборе диаметров поршня и штока позволяют получить очень большое увеличение давления.

Практически давление масла, создаваемое пневмогидравлическими преобразователями, колеблется в пределах 6–15 МПа.

Силу F на штоке гидроцилиндра 4 (рис. 3) определяют следующим образом. Так как пневмоцилиндр 1 развивает на штоке силу [3]:

$$F_1 = \left(\frac{\rho_1 \cdot \pi \cdot d_1}{4} \right) \cdot \eta_n \cdot \quad (14)$$

где $\eta_n = 0,85$ – КПД пневмоцилиндра,

то на штоке гидроцилиндра 4 развивается сила F, равная:

$$F = \left[\left(\frac{\rho \pi}{4} \right) \cdot \left(\frac{d_1^2 \cdot d_3^2}{d_2^2} \right) \right] \cdot \eta_n \cdot \eta_z \cdot \quad (15)$$

где $\eta_r = 0,85$ – КПД гидроцилиндра.

$$F = \left[\frac{p \cdot \pi}{4} \cdot \frac{d_1^2 \cdot d_3^2}{d_2^2} \right] \eta_\partial \cdot \eta_z = \left[\frac{0,6 \cdot 3,14}{4} \cdot \frac{170^2 \cdot 50^2}{50^2} \right] 0,85 \cdot 0,85 = 9835 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^2 \quad (16)$$

Проверка условия работы пневмогидравлического съемника:

$$F_p \leq F \\ 5864 \leq 9835.$$

Таким образом, как видно из равенства расчетного усилия съемника, усилия гарантированно хватит на распрессовку данного изделия.

Для определения экономических показателей приспособления были произведены соответствующие расчеты на примере её внедрения в мастерскую ОАО «Плодопитомник» Лысковского района Нижегородской области. Были получены следующие результаты: себестоимость изготовления конструкции составила 3 795 руб. при годовой экономии 2 272 руб.

Из приведенных выше расчетов видно, что применение пневмогидравлического привода для приспособлений, используемых при разборочно-сборочных работах, является целесообразно, так как это позволяет уменьшить размер приспособлений, а следовательно, и их

металлоемкость. Также использование пневмогидравлического привода позволяет повысить их надежность и уменьшить себестоимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марутов В. А., Павловский С. А. Гидроцилиндры. М.: Машиностроение. 1992. 173 с.
2. Семенов В. М. Нестандартный инструмент для разборочно-сборочных работ. М.: Колос, 1998. 303 с.
3. Комбинированный привод [Электронный ресурс] / ООО «НПО ПП» – режим доступа: <http://nppor.com/hydraulic/combined>.
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.1. 9 изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. М.: Машиностроение. 2006. 928 с.

APPLICATION OF PNEUMOHYDRAULIC DRIVE FOR REPAIR ON THE EXAMPLE OF UNIVERSAL REMOVER

Keywords: adaptation, calculations, pneumatic drive, puller, resource.

Annotation. Article analyzes the types of drives used in the repair and servicing actions. On the basis of a remover pneumaticallyhydraulic drive is developed. The main economic indicators of developed device are considered.

МАСЛОВ МАКСИМ МИХАЙЛОВИЧ – ассистент кафедры технического сервиса, Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (mslvmax@bk.ru).

MASLOV MAXIM MIKHAYLOVICH – assistant of the chair of technical service, Nizhny Novgorod State Engineering and Economics Institute, Russia, Knyaginino, (mslvmax@bk.ru).
