

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА МНОГОКООРДИНАТНОГО ВИБРОСТЕНДА

Искович-Лотоцкий Р. Д., Севостьянов И. В.
Винницкий государственный технический университет

Формообразование качественных заготовок сложнофасонных и крупногабаритных изделий из неметаллических порошковых материалов способами вибрационного и виброударного прессования наиболее эффективно осуществляется на специальных инерционных многокоординатных вибропрессах с гидроимпульсным приводом [1].

Известные схемные решения гидроимпульсного привода многокоординатных вибропрессов [2] отличаются сложностью, а их реализация - высокой стоимостью.

Основной задачей исследований гидроимпульсного привода многокоординатного вибростенда, созданного на базе промышленного образца однокоординатного вибропресса ИВГМ - 16, является получение экспериментальных рабочих характеристик давлений $p_{ц1}(t)$, $p_{ц2}(t)$, $p_{ц3}(t)$ в полостях, перемещений $x_{ц1}(t)$, $x_{ц2}(t)$, $x_{ц3}(t)$ рабочих звеньев гидроцилиндров привода при параллельной схеме их подсоединения к управляющей полости вибровозбудителя, а также установление влияния на рабочие характеристики волновых явлений, имеющих место в соединительных гидротрассах 1, 2, 3 при открытии вибровозбудителя.

Экспериментальный вибростенд (рис. 1) содержит два привода: гидроимпульсный и вспомогательный [1] от насосов 4 и 5 с постоянной подачей.

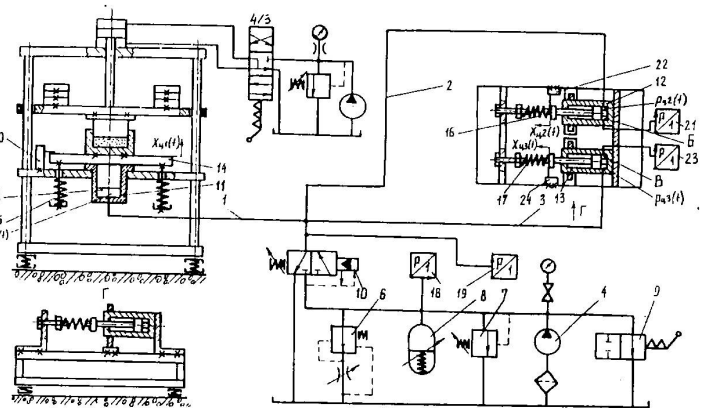


Рис. 1. Принципиальная гидрокинематическая схема экспериментального многокоординатного вибростенда

Гидроимпульсный привод включает кроме насоса 4, регулятор расхода 6, предохранительный клапан 7, одноцикловый пружинный гидроаккумулятор 8, распределитель 9, двухкаскадный трехходовой вибровозбудитель 10, подключенный по схеме "на входе" [1] и три гидроцилиндра 11, 12, 13, рабочие полости А, Б, В которых соединены посредством гидролиний 1, 2, 3 с управляющей полостью УП вибровозбудителя. Вертикальные перемещения вибростола 14, жестко связанного с плунжером гидроцилиндра 11 ограничивают сверху элементы упругого возврата 15. Штоки горизонтальных гидроцилиндров 12, 13 подпружинены пружинами 16, 17. В приведенной ниже таблице указаны численные значения основных параметров гидроимпульсного привода вибростенда.

Основные параметры гидроимпульсного привода экспериментального многокоординатного вибростенда

Наименование параметра и его обозначение	Единица измерения	Численная величина параметра
Площади плунжера и поршней гидроцилиндров:	-	-
- гидроцилиндра 11 $S_{п1}$	m^2	$1,65 \cdot 10^{-2}$
- гидроцилиндров 12, 13 $S_{п2} = S_{п3}$	m^2	$9,6 \cdot 10^{-4}$
Жесткость пружин упругого возврата:	-	-
- вибростола (суммарная) c_{y1}	H / м	$2,4 \cdot 10^6$
- штоков гидроцилиндров 12, 13 $c_{y2} = c_{y3}$	H / м	$9,3 \cdot 10^4$
Аккумулирующий объем гидросистемы $V_{a.o}$	m^3	$1,64 \cdot 10^{-3}$
Жесткость пружины гидроаккумулятора c_a Длины и площади поперечных сечений гидролиний 1, 2, 3, соответственно:	H / м	$1,13 \cdot 10^6$
- $L_1; f_1$	м; m^2	$0,05; 1,96 \cdot 10^{-3}$
- $L_2; f_2$	м; m^2	$1; 2 \cdot 10^{-4}$
- $L_3; f_3$	м; m^2	$2,12; 2 \cdot 10^{-4}$
Подача насоса $Q_{н1}$	m^3 / c	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Частота следования импульсов ν	Гц	7,7

Гидролиния 1 представляет собой стальную трубу с приведенным модулем объемной упругости $E_{np1} = 2,84 \cdot 10^{10}$ Па, гидролинии 2, 3 - резиновые рукава с металлическими оплетками: $E_{np2} = E_{np3} = 7,4 \cdot 10^8$ Па.

На рис. 2 представлена осциллограмма рабочих характеристик гидроимпульсного привода вибростенда.

Для измерения давления применялись трубчатые тензометрические датчики, для измерения перемещений - тензометрические датчики балочного типа.

Рабочий цикл срабатывания подсистемы гидроимпульсного привода начинается при закрытом вибровозбудителе (левая позиция по схеме на рис. 1), распределитель 9 выключен. Полости А, Б, В посредством гидролиний 1, 2, 3 и каналов вибровозбудителя соединены со сливом. Участок 1А-2А кривой А (см. рис. 2) характеризует этап увеличения давления p_a рабочей жидкости, поступающей от насоса 4, в объеме $V_{a.o}$ от $p_{a.min} = p_2$ - давления закрытия вибровозбудителя (точка 1А), до $p_{a.max} = p_1$ - давления открытия (точка 2А).

В момент открытия вибровозбудителя (правая позиция по схеме) полости УП, гидролинии 1, 2, 3 и полости А, Б, В отсоединяются от сливной гидролинии и соединяются с объемом $V_{a.o}$. Давление p_a падает (участок 2А - 1'А), а давления $p_y, p_{y1}, p_{y2}, p_{y3}$ резко возрастают (участки 1У - 2У, 1Д1 - 2Д1, 1Д2 - 2Д2), причем наблюдается запаздывание $t_{зан2} \cong t_{зан3} = t_{зан}$ начала импульсов p_{y2}, p_{y3} относительно импульса p_y , а также различие величин максимальных давлений $p_{y.max}, p_{y2.max},$

$p_{y3.max}$ (точки 2У, 2Д2, 2Д3), что объясняется эффектом прямого упругого гидравлического удара [3] в присоединяемом объеме $V_{n.o}$ в момент открытия вибровозбудителя.

Условие прямого гидравлического удара [3]

$$t_0 < \tau_{min} = \tau_1 = 2(L_y + L_1)/a_1, \quad (1)$$

можно подтвердить табличным методом [4] для вибровозбудителя со средним быстродействием [1] $t_0 = 10^{-3}$ с [1] и наиболее короткой соединительной гидролинии с наиболее жесткими стенками - гидролинии 1.

Давления $p_{y.max}, p_{y1.max}, p_{y2.max}, p_{y3.max}$ соответствующие значения ударных давлений [3] $\Delta p_{yy}, \Delta p_{y2}, \Delta p_{y3}$ в полостях УП, А, Б, В определяются из уравнений балансов энергии на основании условия, что работа сжатия жидкости и деформирования стенок в объеме $V_{a.o}$, а также работа деформирования пружины гидроаккумулятора переходит в кинетическую энергию жидкости K_j в объемах $V_{a.o}, V_{n.o}$, потери на трение и в местных сопротивлениях, работу сжатия жидкости и деформирования стенок - $\Pi_{с.д}$ в объеме $V_{n.o}$, работу перемещения K_p подвижных рабочих звеньев и деформирования Π_y пружин упругого возврата, работу сил сухого и вязкого трения $K_{тр}$. Вследствие громоздкости уравнений баланса они в статье не приводятся. Искомые значения ударных давлений входят

в формулы составляющих работ $\Pi_{с.д}$ [3]

$$\Pi_{с.д} = \Delta p_y^2 L f (E_{ж'} + E_{np}) / 2 E_{ж'} E_{np} \quad (2)$$

где $E_{ж'}$ - модуль объемной упругости жидкости с учетом содержания нерастворенного воздуха V_a [4]

$$E_{ж'} = E_{ж} (V_{ж} / V_a + 1) / (V_{ж} / V_a + E_{ж} p_0 / p^2), \quad (3)$$

$V_{ж}$ и $E_{ж}$ - объем жидкой фазы и адиабатный модуль упругости жидкости при атмосферном давлении p_0 ;
 p - рабочее давление в гидролинии или полости.
 Расхождение величин давлений $p_{y.max} = \Delta p_{yy} > p_{y2.max} = \Delta p_{y2}, p_{y3.max} = \Delta p_{y3}$ объясняется большими потерями энергии прямой ударной волны в полостях А, Б, В по сравнению с потерями в полости УП

$$A_{потр.л} = \Pi_{с.д.ул} \quad (4)$$

$$\text{Для } i\text{-го гидроцилиндра } (i = 1, 2, 3) \quad (5)$$

$$A_{потр.и} = \Pi_{с.д.и} + K_{ж.и} + K_{р.и} + \Pi_{y.и} + K_{тр.и} \quad (6)$$

$$\text{Значения скорости ударной волны [3]} \quad (7)$$

$$a_y = p_{y.max} / \rho_{ж} v_{y.ж} > a_3 = p_{y3.max} / \rho_{ж} v_{3.ж} > a_2 = p_{y2.max} / \rho_{ж} v_{2.ж}$$

$$\text{где } \rho_{ж} \text{ - плотность рабочей жидкости;}$$

$$v_{y.ж}, v_{2.ж} = v_{3.ж} \text{ - скорости течения жидкости в УП и гидролиниях.}$$

$$\text{Тогда}$$

$$t_{зан2} = (L_y + L_2) / a_2, t_{зан3} = (L_y + L_3) / a_3 > t_{зан.y} = L_y / a_y \quad (7)$$

При импульсном увеличении давлений в полостях А, Б, В начинается рабочий ход плунжера и поршней гидроцилиндров (участки 1П1 - 2П1, 1П2 - 2П2, 1П3 - 2П3).

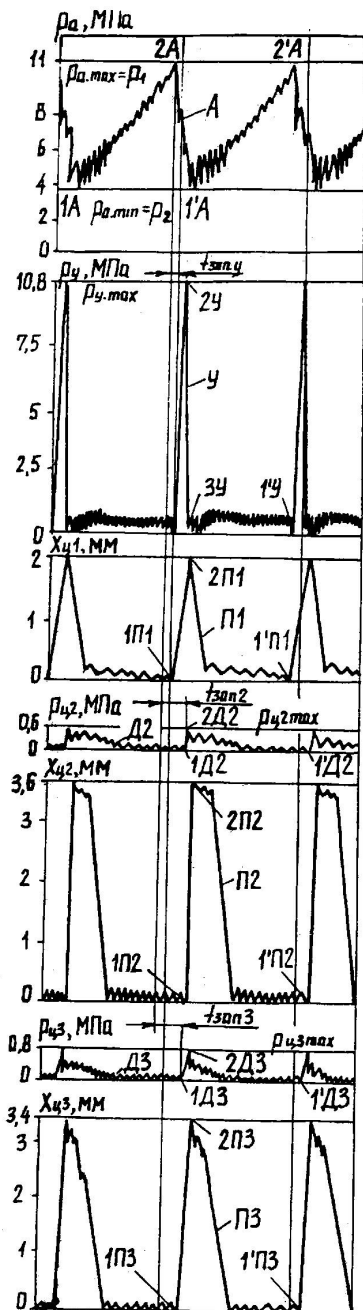


Рис. 2 Осциллограмма рабочего режима гидроимпульсного привода экспериментального многокоординатного вибростенда:
 - кривая А - давление p_a в аккумуляторной гидролинии, датчик 18 (см. рис. 2);
 - кривая У - давление p_y в управляющей полости вибровозбудителя, датчик 19;
 - кривая П1 - перемещения x_{y1} вибростола 14, датчик 20; - кривая Д2 - давление p_{u2} в полости Б гидроцилиндра 12, датчик 21; - кривая П2 - перемещения x_{u2} штока гидроцилиндра 12, датчик 22; - кривая Д3 - давление p_{u3} в полости В гидроцилиндра 13, датчик 23;
 - кривая П3 - перемещения x_{u3} штока гидроцилиндра 13, датчик 24.

В момент уменьшения давления p_a до величины p_2 (точка 1'А) вибровозбудитель закрывается (левая позиция по схеме), соединяя полости УП, А, Б, В со сливом. Давление p_a вновь начинает расти (участок 1'А - 2'А), тогда как в полостях УП, А, Б, В происходят затухающие, вследствие трения в гидролиниях, колебания давлений (участки 3У - 1'У, 2Д2 - 1'Д2, 2Д3 - 1'Д3), которые обусловлены периодическим наложением друг на друга прямых волн выравненного (сливного) давления, возникающих на входе в сливной бак и направленных от полости УП к полостям А, Б, В и прямых ударных волн давлений, создаваемых плунжером и поршнями гидроцилиндров на холостом ходу (участки 2П1 - 1'П1, 2П2 - 1'П2, 2П3 - 1'П3) при переходе работы сжатия пружин упругого возврата 15, 16, 17 в кинетическую энергию рабочей жидкости в гидролиниях 1, 2, 3, работу ее сжатия и деформирования стенок гидролиний.

Рабочий цикл срабатывания гидроимпульсного привода вибростенда вновь повторяется.

Экспериментально подтвержденные аналитические зависимости между рабочими параметрами гидроимпульсного привода многокоординатного вибростенда - максимальными давлениями в полостях гидроцилиндров, запаздываниями (сдвигами по фазе) начала их увеличения при параллельной схеме подсоединения гидроцилиндров к управляющей полости вибровозбудителя и конструктивными параметрами вибростенда могут быть использованы при проектировании многокоординатных вибропрессов на базе промышленных моделей однокоординатных вибропрессов ИВГМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искович-Лотоцкий Р. Д., Матвеев И. Б., Крат В. А. Машины вибрационного и виброударного действия. - Киев: Техника, 1982. - 208 с.
2. Искович-Лотоцкий Р. Д., Обертюх Р. Р. До питання синтезу схем гідроімпульсних вібромашин з декількома робочими ланками. - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 1994, № 1 (2), с. 82 - 88.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. - М.: Машиностроение, 1982. - 423 с., ил.
4. Абрамов Е. И., Колесниченко К. А., Маслов В. Т. Элементы гидропривода: Справочник. - Киев: Техника, 1977. - 320 с.

УВАГА! АВТОРИ СТАТТЕЙ!

Якість і швидкість надрукування Ваших матеріалів залежить від Вас самих. Уважно читайте і виконуйте вимоги до підготовки рукописів (стор. 67). Обов'язково разом з рукописом надсилайте дискети із змістом Вашої статті.

Оскільки наше видання не комерційне і не прибуткове, для компенсування витрат на видання журналу вартість надрукування однієї сторінки друкованого тексту (разом з малюнками) становить 2 гривні.