

УДК 621.733

Корчак Е.С.  
Ковалев В. Д.  
Дейнека Д.В.

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ МОЩНОГО КОВОЧНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

В мощных ковочных гидравлических прессах система низкого давления, состоящая из наполнительно-сливного бака (НСБ), наполнительно-сливных клапанов (НСК) и токо-стенного трубопровода большого проходного сечения, обеспечивает заполнение рабочих цилиндров жидкостью низкого давления на ходе приближения подвижной поперечины к поковке. Соответствующие параметры этой системы рассчитываются на основании опыта промышленной эксплуатации и проектирования мощных ковочных гидравлических прессов с использованием элементов математического моделирования на базе, как правило, жестких моделей. При этом главным критерием правильности принятия решений при проектировании системы низкого давления служит отсутствие жидкостного голодания рабочих цилиндров при сохранении достаточно высокой скорости хода приближения [1].

Жидкостное голодание рабочих цилиндров может возникнуть в связи с тем, что они не успевают заполняться жидкостью низкого давления из НСБ [2]. Это приводит к разрыву струи рабочей жидкости в наполнительной магистрали. Для улучшения работы пресса на ходе приближения индивидуальный сервопривод НСК должен управлять его работой таким образом, чтобы клапан принудительно находился в постоянно открытом состоянии, а его принудительное закрытие сервоприводом осуществлялось только перед началом рабочего хода [3]. Такое управление работой НСК исключает недозаполнение рабочих цилиндров жидкостью низкого давления на ходе приближения. Кроме того, НСК других ступеней усилий, которые не задействованы, постоянно полностью открыты, чем обеспечивается надежное заполнение цилиндров этих ступеней жидкостью низкого давления из бака, исключая их самопроизвольное открытие и закрытие, а также интенсивный износ клапанов. Однако улучшение условий работы НСК не решает полностью проблему жидкостного голодания на ходе приближения и сопутствующих ему колебательных и гидроударных явлений. Для их устранения необходимо рационально спроектировать систему низкого давления и правильно рассчитать соответствующие параметры ее составляющих.

Целью данной работы является разработка методики рационального проектирования системы низкого давления и расчета ее основных параметров для обеспечения отсутствия жидкостного голодания рабочих цилиндров при сохранении достаточно высокой скорости хода приближения.

К основным параметрам системы низкого давления пресса относятся:

- давление рабочей жидкости в системе, соответствующее давлению в НСБ;
- маневровый и полный объемы НСБ;
- диаметры наполнительного трубопровода и условного проходного сечения НСК;
- высота НСК над уровнем пола в цехе;
- скорости подвижной поперечины пресса на ходе приближения к поковке.

Система низкого давления мощного ковочного гидравлического пресса (рис. 1) содержит НСБ 1, который гидравлически соединен с НСК 2, снабжен гидроаппаратурой контроля и управления, а также гидравлическими и пневматическими подводами. Полный объем наполнительно-сливного бака  $W_{нсб}$  складывается из следующих составляющих:

$$W_{нсб} = W_{\sigma м} + W_{\sigma р} + W_{\sigma в},$$

где  $W_{\sigma м}$  – маневровый объем рабочей жидкости в баке, равный объему, вытесняемому плунжерами пресса за один полный ход, м<sup>3</sup>;

$W_{бр}$  – резервный объем жидкости ( $W_{бр} \approx 1,5W_{бм}$ ), м<sup>3</sup>;

$W_{бв}$  – объем воздуха в баке ( $W_{бв} \approx 3W_{бм}$ ), м<sup>3</sup>.

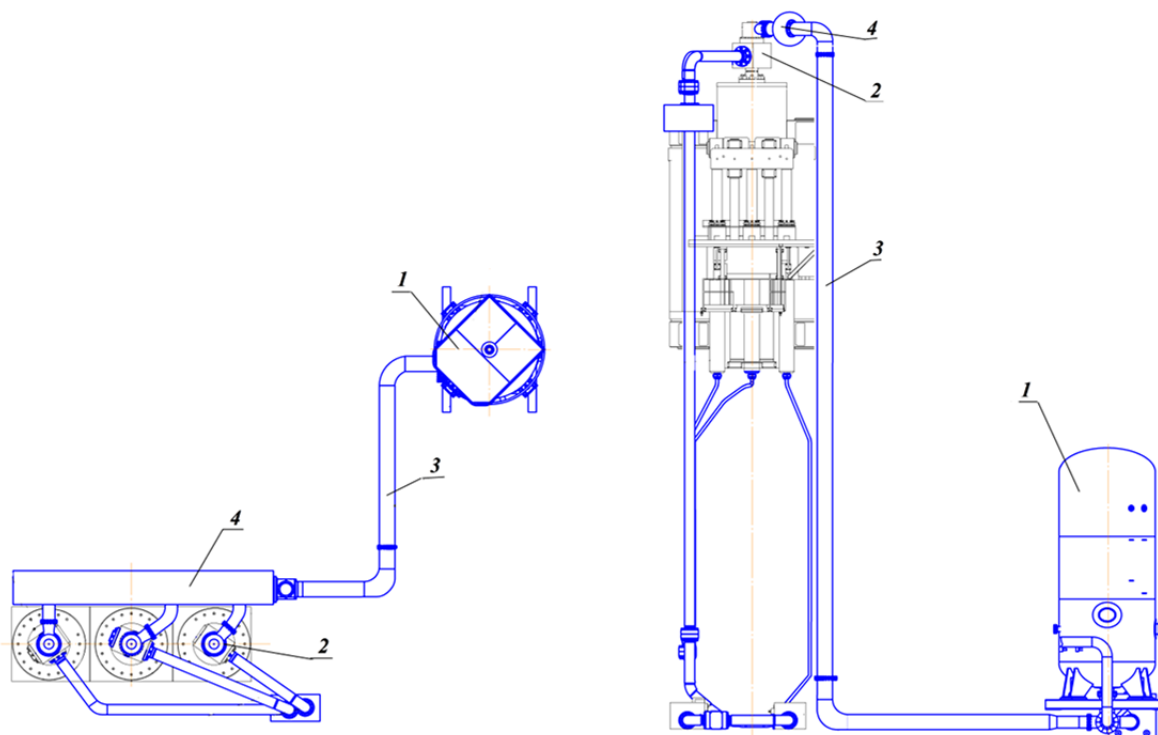


Рис. 1. Система низкого давления мощного ковочного гидравлического пресса

Проходное сечение наполнительного трубопровода 3 (рис. 1), соединяющего наполнительно-сливной бак 1 с рабочим цилиндром, определяют из условия неразрывности струи в трубопроводе 3 при заполнении цилиндра жидкостью низкого давления из бака 1 на ходе приближения поперечины к поковке.

При этом площадь  $f_{нт}$  и диаметр  $d_{нт}$  проходного сечения наполнительного трубопровода 3 рассчитывают по формулам:

$$f_{нт} = F_p \frac{V_{xx}}{[V_{жс}]_{нт}}; \quad d_{нт} = \sqrt{\frac{f_{нт}}{0,785}},$$

где  $F_p$  – площадь плунжера рабочего цилиндра, м<sup>2</sup>;

$[V_{жс}]_{нт}$  – допустимая скорость жидкости в наполнительном трубопроводе ( $[V_{жс}]_{нт} \approx 5 \dots 7$  м/с);

$V_{xx}$  – наибольшая скорость опускания поперечины на холостом ходе (обычно принимается в диапазоне 300...350 мм/с).

НСК 2 (рис. 1) служит для соединения полости рабочего цилиндра с НСБ 1 на ходе приближения поперечины к поковке и разобщения их во время рабочего хода.

Площадь  $f_{нск}$  и диаметр  $d_{нск}$  проходного сечения НСК определяются по формулам:

$$f_{нск} = F_p \frac{V_{xx}}{[V_{жс}]_{нск}}; \quad d_{нск} = \sqrt{\frac{f_{нск}}{0,785}},$$

где  $[V_{жс}]_{нск}$  – допустимая скорость жидкости в наполнительно-сливном клапане ( $[V_{жс}]_{нск} \approx 8 \dots 10$  м/с).

Движение поперечины на ходе приближения подчиняется уравнению Рикатти [1]. Наибольшая установившаяся скорость опускания поперечины определяется по выражению:

$$V_{xx \max} = \sqrt{\frac{c_{xx}}{b_{xx}}},$$

где  $c_{xx}$  – активная сила прессы на ходе приближения поперечины к поковке, Н;

$b_{xx}$  – коэффициент, характеризующий вязкое гидравлическое сопротивление движению поперечины, кг/м.

Величины  $c_{xx}$  и  $b_{xx}$  определяются по следующей методике:

$$c = Mg + p_a F_p - p_b F_b - R_{mp} - p_a F_{yp} - \rho g \Delta h_{yp},$$

где  $M$  – масса металлических подвижных частей, кг;

$p_b, p_a$  – давление в НСБ и аккумуляторе, МПа;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$F_b, F_{yp}$  – площади плунжеров возвратных и уравновешивающих цилиндров, м<sup>2</sup>;

$R_{mp}$  – сила трения в направляющих подвижной поперечины, Н;

$\rho$  – плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta h_{yp}$  – разность уровней жидкости в НСБ и рабочих цилиндрах, м.

$$b_{xx} = 0,5 \rho \xi_{nm} F_p + 0,5 \rho \xi_b F_b,$$

где  $\xi_{nm}$  – приведенный коэффициент гидравлического сопротивления магистрали «НСБ – рабочий цилиндр», кг/м;

$\xi_b$  – приведенный коэффициент гидравлического сопротивления магистрали «возвратные цилиндры – НСБ» длиной  $l_b$ , кг/м.

$$\xi_{nm} = F_p^2 \left( \lambda \frac{l_{nm}}{d_{nm}} \frac{1}{f_{nm}^2} + \sum \zeta_{nm} \frac{1}{f_{nm}^2} \right),$$

где  $l_{nm}$  – длина дополнительного трубопровода ( $l_{nm} \approx 10 \dots 25$  м);

$\sum \zeta_{nm}$  – сумма местных гидравлических сопротивлений дополнительного трубопровода.

На ходе приближения происходит заполнение рабочего цилиндра жидкостью низкого давления из НСБ. При этом важно, чтобы давление в рабочем цилиндре не упало ниже атмосферного и не произошло разрыва струи в дополнительном трубопроводе [2]. Скорость опускания поперечины должна соответствовать пропускной способности дополнительной системы, т. е. должно выполняться следующее условие:

$$p_{xx} = p_b - \Delta p_{zn} - \Delta p_{cm} \geq p_{\min},$$

где  $p_{xx}$  – давление в рабочем цилиндре на ходе приближения, МПа;

$\Delta p_{zn}$  – потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений дополнительного трубопровода, МПа;

$\Delta p_{cm}$  – потери напора из-за разницы уровней жидкости в рабочем цилиндре и дополнительно-сливном баке, МПа;

$p_{\min}$  – минимально допустимое давление в рабочем цилиндре прессы на ходе приближения ( $p_{\min} = 0,1 \dots 0,05$  МПа).

Величины давлений  $\Delta p_{zn}$  и  $\Delta p_{cm}$  могут быть определены из зависимостей:

$$\Delta p_{zn} = 0.5 \xi_{nm} V_{xx \max}^2 ; \quad \Delta p_{cm} = \rho \Delta h_{yp} g .$$

Если  $p_{xx} < p_{\min}$ , снижают скорость опускания поперечины на ходе приближения к поковке за счет повышения коэффициента гидравлического сопротивления магистрали «возвратный цилиндр – НСБ»  $\xi_v$  путем, например, уменьшения диаметра сливной магистрали возвратных цилиндров либо за счет увеличения диаметра наполнительного трубопровода ( $d_{nm}$ ), понизив тем самым скорость опускания поперечины ( $V_{xx \max}$ ) прессы.

Как показывает производственный опыт, для мощных гидравлических прессов актуальным является введение в состав системы низкого давления такого элемента, как коллектор 4 (рис. 1), посредством которого наполнительный трубопровод 3 соединяется с НСК 2. Диаметр коллектора 4 определяется из условия:

$$d_k > \sqrt{F_p \frac{V_{xx \max}}{0,785 [V_{жс}]_{nm}}} .$$

Коллектор 4 всегда заполнен рабочей жидкостью низкого давления. При этом рекомендуется увеличить маневровый объем НСБ 1 на величину емкости коллектора 4.

Соответствующие параметры системы низкого давления такие, как длины и диаметры магистралей, местные гидравлические сопротивления, разницы уровней жидкости в НСБ и рабочих цилиндрах, определяются по чертежам разводок трубопроводов прессы на базе известных теоретических зависимостей. При этом НСБ максимально приближают к прессу, наполнительный трубопровод разгружают от лишних гидравлических сопротивлений, а основную часть общего сопротивления этой магистрали сосредотачивают на НСК.

## ВЫВОДЫ

Рационально спроектированные по приведенной методике элементы системы низкого давления мощного ковочного гидравлического прессы – наполнительно-сливной бак, наполнительно-сливной клапан, трубопровод низкого давления и коллектор – позволяют развивать на ходе приближения поперечины к поковке значительные скорости при гарантированном отсутствии жидкостного голодания рабочих цилиндров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование / Ю. А. Бочаров. – М. : Академия, 2008. – 480 с.
2. Корчак Е. С. Разработка системы ускоренного заполнения рабочих цилиндров гидравлических прессов жидкостью низкого давления / Е. С. Корчак // Заготовительные производства в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 2011. – № 7. – С. 26–28.
3. Пат. 38880 України, МПК В21 В15/00. Спосіб керування роботою наповнювально-сливної системи гідравлічного преса / Шинкаренко О. М., Корчак О. С. ; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200809688 ; заявл. 24.07.2008 ; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.

Корчак Е. С. – канд. техн. наук, доц., докторант ДГМА;

Ковалев В. Д. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. КМСИТ ДГМА;

Дейнека Д. В. – магистр ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: helen\_korchak@ukr.net

Статья поступила в редакцию 24.12.2013 г.