

УДК 621.733

Корчак Е. С.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УРАВНОВЕШИВАЮЩИХ ЦИЛИНДРОВ НА ДИНАМИКУ ХОДА ПРИБЛИЖЕНИЯ КОВОЧНЫХ ПРЕССОВ С НАСОСНО-АККУМУЛЯТОРНЫМ ПРИВОДОМ

В ковочных гидравлических прессах с насосно-аккумуляторным приводом (НАП) на ходе приближения поперечины к поковке осуществляется заполнение рабочих цилиндров жидкостью низкого давления из наполнительно-сливного бака (НСБ) через открытые наполнительно-сливные клапаны (НСК) [1]. Повышение скорости хода приближения дает возможность повысить производительность пресса, что является желательным для производства. С другой стороны это повышение скорости может стать причиной жидкостного голодания рабочих цилиндров в связи с тем, что они не успевают заполняться жидкостью низкого давления из НСБ [2]. При этом уровень ускорений, развиваемых подвижной поперечиной, будет свидетельствовать о развитых колебательных и гидроударных явлениях в системе управления. Опыт эксплуатации ковочных гидравлических прессов с НАП показал, что улучшение условий работы НСК не решает полностью проблему жидкостного голодания на ходе приближения и сопутствующих ему колебательных и гидроударных явлений в наполнительно-сливной системе пресса. Для их устранения необходимо проанализировать влияние параметров системы гидролиний возвратных и уравновешивающих цилиндров на динамику работы. Наиболее эффективным является проведение такого анализа на базе адекватных математических моделей [3].

Таким образом, целью данной работы является анализ коэффициентов математической модели хода приближения, позволяющий на этапе проектирования системы управления прессом подобрать оптимальные величины основных параметров системы гидролиний возвратных и уравновешивающих цилиндров и режимы осуществления хода приближения без построения физической модели.

Для анализа динамики хода приближения используем уравнение Рикатти, описывающее разгон и установившееся движение подвижной поперечины пресса при заполнении рабочих цилиндров жидкостью низкого давления в следующем виде:

$$a \frac{dV_n}{dt} + bV_n^2 - c = 0, \quad (1)$$

где $a \frac{dV_n}{dt}$ – сила инерции Даламбера, условно прикладываемая к системе в периоды неустановившегося движения (разгона и торможения) подвижной поперечины;

bV_n^2 – сила вязкого гидравлического сопротивления движению поперечины;

c – сумма активных сил и сил сопротивления.

Несмотря на конструктивное разнообразие гидросистем прессов, коэффициенты a , b и c имеют идентичные составляющие и являются постоянными величинами для каждой конкретной гидравлической системы. В табл. 1 приведены значения конструктивных параметров ковочных гидравлических прессов с насосно-аккумуляторным приводом усилием 50 МН, 63 МН и 100 МН и параметров прессов применительно к ходу приближения.

Благодаря постоянству коэффициентов a , b и c , уравнение (1) решается аналитически, т.е. позволяет получить алгебраические выражения, описывающие изменение пути, скорости и ускорения подвижной поперечины в функции времени t .

$$S_n = \frac{a}{b} \ln \left(ch \left(\frac{\sqrt{cb}}{a} t \right) \right); \quad V_n = \sqrt{\frac{c}{b}} th \left(\frac{\sqrt{cb}}{a} t \right); \quad j_n = \frac{c}{a} \left[1 - th^2 \left(\frac{\sqrt{cb}}{a} t \right) \right]. \quad (9)$$

Выражения (9) позволяют проанализировать влияние различных параметров на динамику хода приближения поперечины пресса.

Время разгона подвижной поперечины гидравлического пресса до установившейся скорости после мгновенного открытия сливного клапана возвратных цилиндров составляет

$$t_p \approx \frac{3a}{\sqrt{cb}}.$$

После периода разгона подвижная поперечина выходит на максимальную установившуюся скорость V_{\max} , которую можно определить, приняв в уравнении Рикатти ускорение dV/dt равным нулю, т. е.:

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{c}{b}}. \quad (7)$$

Наибольшая скорость подвижной поперечины V_{\max} на ходе приближения должна соответствовать пропускной способности наполнительного трубопровода рабочих цилиндров. В противном случае может произойти падение давления в рабочих цилиндрах пресса ниже атмосферного и разрыв струи жидкости в наполнительном трубопроводе. Это, в свою очередь, вызовет подсос воздуха через уплотнения и нарушение нормальной работы гидравлической системы управления прессом.

Таблица 1

Параметры коочных гидравлических прессов усилием 50 МН, 63 МН и 100 МН применительно к ходу приближения

Параметр	Усилие пресса, МН		
	50	63	100
a , кг	1039000	1478210	3509200
b , кг/м	22407000	30362000	70367000
c , Н	1455000	1028500	2154000
V_{\max} , м/с	0,255	0,185	0,175
t_p , с	0,55	0,8	0,855

Основной отличительной конструктивной особенностью наполнительно-сливных систем рассматриваемых прессов является расположение НСК. Так, для прессов усилием:

- 50 МН – отдельные НСК встроены в корпус каждого рабочего цилиндра;
- 63 МН – блоки НСК I и II ступеней усилий установлены в прямке пресса возле главного клапанного распределителя;
- 100 МН – блоки НСК I и II ступеней усилий установлены вверху на прессе (на верхней неподвижной поперечине) возле рабочих цилиндров.

Используя данные табл. 1, проведем анализ динамической модели движения подвижной поперечины пресса на ходе приближения. С этой целью в уравнения (9) подставим соответствующие параметры табл. 1. Результаты математического моделирования представлены на рис. 1 в виде кривых изменения пути (а), скорости (б) и ускорения (в) подвижной поперечины прессов усилием 50 МН, 63 МН и 100 МН в функции времени.

Из графиков (рис. 1) видно, что:

- для пресса усилием 50 МН – разгон до максимальной скорости 0,255 м/с осуществляется в течение 0,55 с на ходе 0,09 м, при этом максимальное значение ускорения достигает 1,4 м/с²;

- для прессы усилием 63 МН – разгон до максимальной скорости 0,185 м/с осуществляется в течение 0,8 с на ходе 0,11 м с максимальным ускорением достигает 0,7 м/с²;
- для прессы усилием 100 МН – разгон до максимальной скорости 0,175 м/с осуществляется в течение 0,855 с на ходе 0,12 м с максимальным ускорением достигает 0,6 м/с².

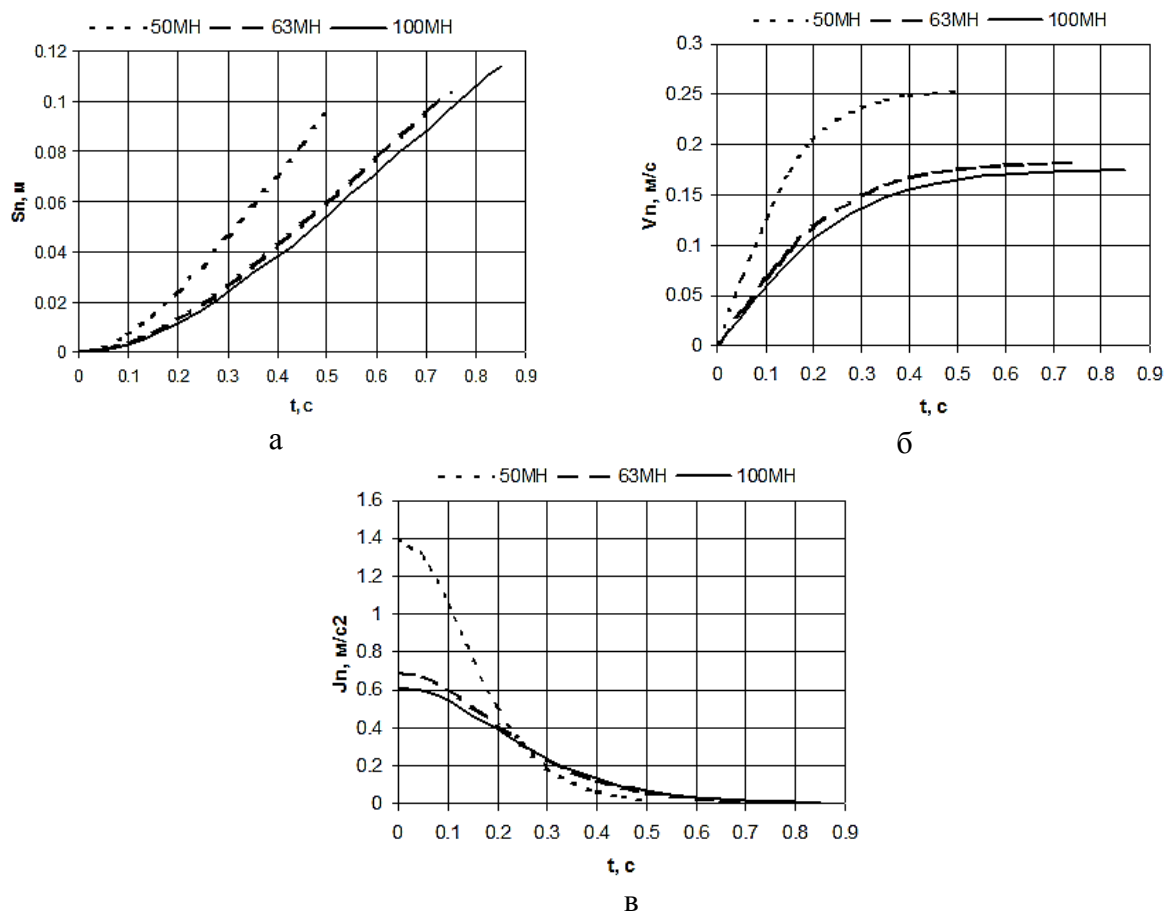


Рис. 1. Кривые изменения пути (а), скорости (б) и ускорения (в) подвижной поперечины прессов усилием 50 МН, 63 МН и 100 МН в зависимости от времени разгона

Таким образом, наиболее динамически благоприятные условия осуществления хода приближения обеспечиваются на прессах усилием 63 МН и 100 МН, где максимальные ускорения не превышают значения 0,7 м/с². Это дает основание утверждать, что колебательные и гидроударные явления в наполнительно-сливных системах этих прессов при разгоне подвижной поперечины до максимальной скорости отсутствуют. В отношении прессы усилием 50 МН такое утверждение не действует, т. к. динамическая составляющая хода приближения – ускорение – составляет 1,4 м/с², что говорит о возможности возникновения гидравлического удара при разгоне поперечины до максимальной скорости. При этом кривая изменения ускорения (рис. 1, в) для прессы усилием 50 МН существенно отличается своей крутизной в сравнении с кривыми ускорения других прессов, свидетельствуя об отсутствии «мягкой» и плавной работы прессы на ходе приближения. Основной причиной таких динамических проявлений является отсутствие в конструкции прессы усилием 50 МН уравновешивающих цилиндров, выполняющих функцию демпферов в гидравлической системе, сглаживающих и компенсирующих возможные гидроударные и колебательные явления. Однако устранение динамических проявлений (колебаний и гидроударов) на ходе приближения не гарантирует качество заполнения рабочих цилиндров жидкостью низкого давления. Поэтому, необходимо проверить систему наполнения на разрыв струи рабочей жидкости по формуле (8). Кривые падения давления в рабочих цилиндрах при разгоне подвижной поперечины прессы на ходе приближения представлены на рис. 2. Из рисунка видно, что при давлениях в НСБ 0,5 МПа (а) и 0,6 МПа (б) падение давления в рабочих цилиндрах до нулевого

значения происходит раньше, чем поперечина успеет разогнаться до максимальной скорости, что говорит о наличии в них жидкостного голодания на ходе приближения. При этом наиболее неблагоприятные условия складываются для прессы усилием 50 МН.

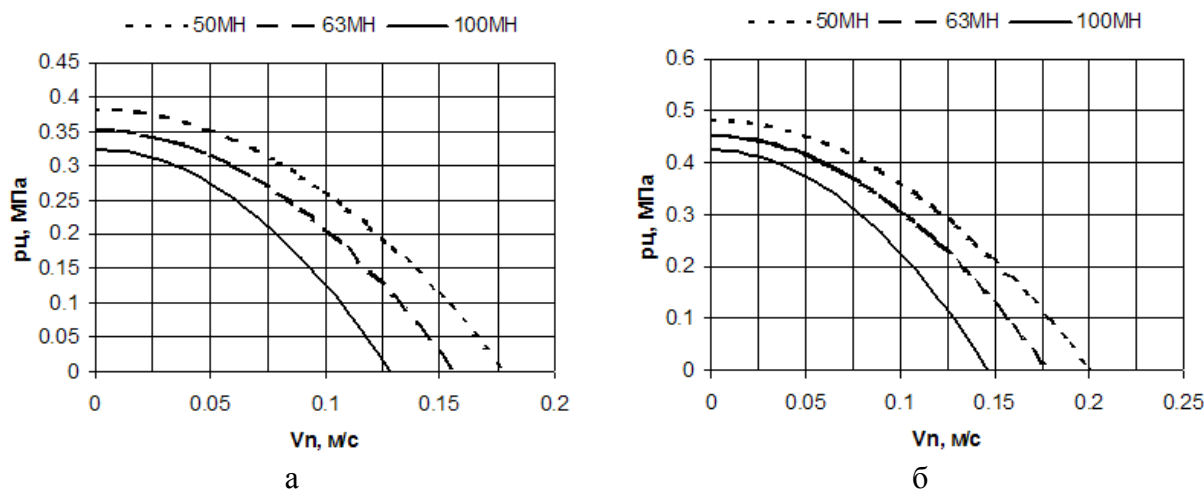


Рис. 2. Кривые падения давления в рабочих цилиндрах при разгоне подвижной поперечины прессы на ходе приближения при давлении в НСБ 0,5 МПа (а) и 0,6 МПа (б)

ВЫВОДЫ

1. Для обеспечения плавного и безударного разгона подвижной поперечины на ходе приближения в конструкции прессы должны быть предусмотрены уравнивающие цилиндры, выполняющих функцию демпферов в гидравлической системе, сглаживающих и компенсирующих возможные проявления динамических факторов.

2. Важным при осуществлении хода приближения является постоянный контроль скорости движения подвижной поперечины с целью недопущения жидкостного голодания рабочих цилиндров при их заполнении жидкостью низкого давления из НСБ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров Ю. А. *Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник / Ю. А. Бочаров – М. : Академия, 2008. – 480 с.*
2. Корчак Е. С. *Разработка системы ускоренного заполнения рабочих цилиндров гидравлических прес-сов жидкостью низкого давления / Е. С. Корчак // Заготовительные производства в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 2011 – № 7. – С. 26–28.*
3. Корчак Е. С. *Анализ динамической модели хода приближения ковочных гидравлических прес-сов с насосно-аккумуляторным приводом / Е. С. Корчак, Н. А. Ключкова. // Обработка материалов давлением : Тематич. сб. науч. работ – Краматорск : ДГМА, 20121. – № 1 (30) – С. 250–255.*

REFERENCES

1. Bocharov Ju. A. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie : uchebnik / Ju. A. Bocharov – M. : Akademiya, 2008. – 480 s.*
2. Korchak E. S. *Razrabotka sistemy uskorennoho zapolnenija rabochih cilindrov gidravlicheskih pres-sov zhidkost'ju nizkogo davlenija / E. S. Korchak // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. – Moskva : Mashinostroenie, 2011 – № 7. – S. 26–28.*
3. Korchak E. S. *Analiz dinamicheskoj modeli hoda priblizhenija kovocnyh gidravlicheskih pressov s nasosno-akkumuljatornym privodom / E. S. Korchak, N. A. Klochkova. // Obrabotka materialov davleniem : Tematich. sb. науч. работ – Kramatorsk : DGMA, 20121. – № 1 (30) – S. 250–255.*

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

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: helen_korchak@ukr.net