УДК 621.73

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ УСТОЙЧИВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЗУНА ОДНОКРИВОШИПНОГО ПРЕССА

А. В. Явтушенко, А. В. Глебенко, Т. Г. Губенко
Запорожский национальный технический университет
ул. Жуковского, 64, 69063 г. Запорожье, Украина. E-mail: t_gubenko@mail.ru
С. С. Видмич, В. В. Костин
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: visnik58@kdu.edu.ua

Представлена математическая модель для определения зоны устойчивого положения ползуна однокривошипного листоштамповочного пресса, основанная на выводе условия равновесия ползуна во время максимального увеличения технологического усилия и изменения положения ползуна относительно направляющих. Показано, что зона наиболее стойкого положения ползуна определяется его конструктивными размерами, условиями трения и передаваемым усилием и величиной дезаксиала кривошипно-ползунного механима.

Ключевые слова: ползун, пресс, реакции в направляющих.

DEFINITION OF AREAS OF STABLE CURSOR SINGLE PRESS

A. Yavtushenko, A. Glebenko, T. Gubenko
Zaporizhzhya National Technical University
ul. Zhukovskogo, 64, 69063, the Zaporozhye, Ukraine. E-mail: t_gubenko@mail.ru
S. Vidmich, V. Kostin
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
ul. Pervomaiskay, 20, 39600, Kremenchug, Ukraine. E-mail: visnik58@kdu.edu.ua

The mathematical model will Presented for determination of the zone of the firm position of the crawler press, which is founded on analysis of the conditions of the balance of the crawler during maximum increasing the technological effort and change the position of the crawler comparatively directing. It Is Shown that zone of the most firm position of the crawler is defined his constructive size, condition of friction and value desaxes mechanism.

Key words: slide, press, reaction on the guiding.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ СТІЙКОГО ПОЛОЖЕННЯ ПОВЗУНА ОДНОКРИВОШИПНОГО ПРЕСУ

О. В. Євтушенко, А. В. Глебенко, Т. Г. Губенко
Запорізький національний технічний університет
вул. Жуковського, 64, 69063, м. Запоріжжя, Україна. E-mail: t_gubenko@mail.ru
С. С. Відміч, В. В. Костин
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: visnik58@kdu.edu.ua

Надана математична модель для визначення зони стійкого положення повзуна однокривошипного листоштампувального преса, яка заснована на виводі умови рівноваги повзуна під час максимального зростання технологічного зусилля і зміни положення повзуна відносно напрямних. Показано, що зона найбільш стійкого положення повзуна визначається його конструктивними розмірами, умовами тертя та передавання зусиль і величиною дезаксіалу кривошипно-повзунного механізму.

Ключові слова: повзун, прес, реакції в направляючих.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Для листоштамповочных прессов качество изделия и условия работы инструмента зависят от перекосов ползуна. Перекос возникает при смещении результирующего усилия деформации относительно шарнирной подвески и зависит от конструктивных параметров главного исполнительного механизма.

В известных работах эти вопросы частично рассмотрены. В работе [1] для уменьшения перекосов рекомендуется уменьшить зазор или применять предварительный натяг направляющих ползуна. Однако в работе [2] показано, что такие рекомендации являются нерациональными, и предлагается повысить устойчивость ползуна за счет изменения конструктивных параметров. Тем не менее, представленная расчетная модель, на наш взгляд, не достаточно полно отражает фактические условия нагружения ползуна.

Целью работы является определение условий повышения устойчивости ползуна без дополнительных направляющих однокривошипного листоштамповочного пресса с учетом дополнительных условий работы ползуна.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В плоскости параллельной оси главного вала расположение всех внешних сил симметрично, поэтому при расположении центра давления штампа на оси ползуна его перекос не происходит. В плоскости, перпендикулярной оси главного вала (XOY), внешние силы расположены несимметрично, и происходит перекос ползуна в пределах зазора в направляющих. При этом перекос возможен как против, так и по часовой стрелке в зависимости от вза-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

имного положения внешних сил. В таком случае расчетная схема ползуна может быть представлена в виде, показанном на рис.1.

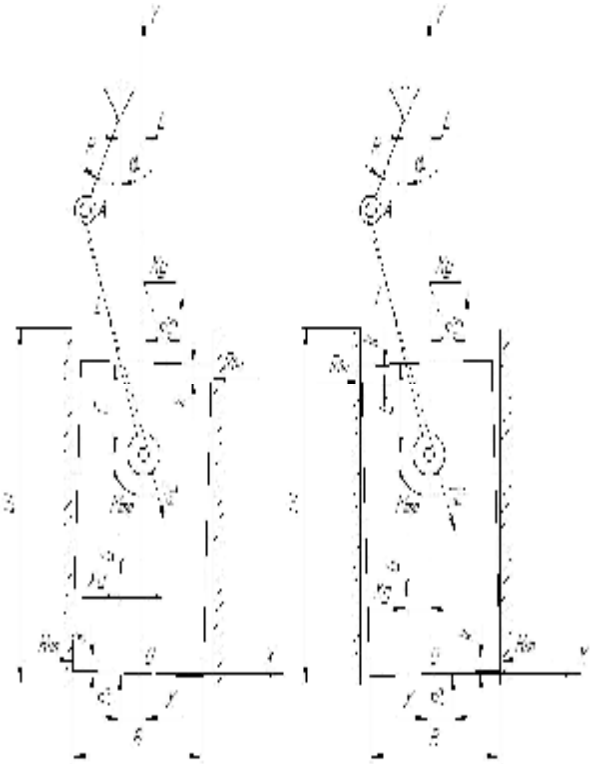

Рисунок 1 – Расчетная схема ползуна

На рисунке обозначены: P_H – усилие деформации; G – весползуна; P_y – усилие уравновешивателей; P_{AB} – усилие, воспринимаемое ползуном от кривошипно-шатунного механизма; P_B – вертикальная составляющая силы P_{AB}; $P_Г$ – горизонтальная составляющая силы P_{AB}; $R_{ВЛ}, R_{ВП}$ – верхняя реакция в направляющих соответственно при левом и при правом нагружении; $R_{НЛ}, R_{НП}$ - нижняя реакция в направляющих соответственно при левом и правом нагружении; M_{TP} – момент трения который создает сила P_{AB}; x – величина смещения усилия P_H; x_G – величина смещения веса относительно оси ползуна; x_y – точка подвеса уравновешивателей; x_B – смещение усилия P_B относительно оси ползуна; y_B – величина смещения силы $P_Г$ относительно точки B; C – точка подвеса ползуна; k – точка приложения реакций в направляющих; a – угол начала рабочего хода; b – угол наклона шатуна; g – угол между касательной проведенной к кругам трения и шатуном; L_H – длина направляющих; B – ширина ползуна; R – радиус кривошипа; L – длина шатуна.

В данной модели приняты следующие допущения:

1. Линия действия усилия P_{AB} направлена по касательной к кругам трения положение которой определяется углами b и g, где $b = \arcsin(l \cdot \sin a)$, $g = \arcsin\left(m \cdot \frac{r_A + r_B}{L}\right)$. В точке B' (рис. 2) сила P_{AB} раскладывается на две составляющих $P_Г = P_{AB} \cdot \sin(b + g)$ и $P_B = P_{AB} \cdot \cos(b + g)$. Координаты точки B' определяются по формулам: $x_B = r_B \cdot \sin(b + g + y)$, $y_B = r_B \cdot \cos(b + g + y)$, $y = \arcsin(m)$, где m коэффициент трения.

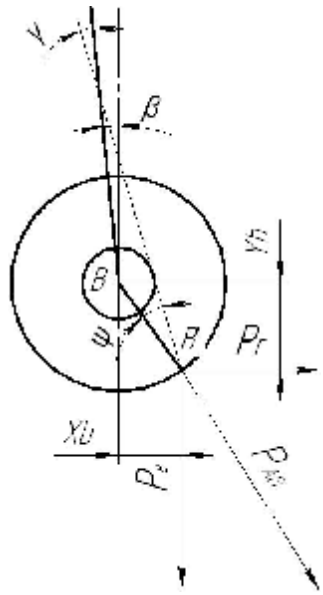

Рисунок 2 – Разложение силы P_{AB}

2. Сила P_{AB} создает крутящий момент M_{TP}, величина которого равна $M_{TP} = P_{AB} \cdot m \cdot r_B$.

3. Расположение уравновешивателей зависит обычно от конструктивных соображений. Вполне очевидно, что силой уравновешивателей можно пренебречь, когда они располагаются на одной линии с центром тяжести ползуна. Так как их расположение произвольно, то создается дополнительный поворотный момент, который должен учитываться в расчетной модели.

4. Контакт ползуна с направляющими в верхней и нижней части происходит на некоторой площадке, размеры которой определяются конструктивными параметрами ползуна и упругими связями в направляющих. В первом приближении в данной работе смещение реакции k принято $k = 0{,}1 \cdot L$.

5. Поскольку силы трения малы, то ими можно пренебречь [1], поэтому на основе проекций на оси

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

OX, OY и суммы моментов относительно точки B были получены уравнения равновесия (рис. 1):

$$\begin{aligned} &P_H + P_y - G - P_Г = 0; \\ &R_{НЛ} - R_{ВЛ} + P_Г = 0; \\ &M_{тр} + P_B \cdot x_B - G \cdot x_g - P_y \cdot x_y - P_Г \cdot y_B - \\ &- P_H \cdot x - R_B \cdot (C - k) - R_H \cdot (L - C - k) = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Из условий равновесия были выведены реакции в направляющих в момент поворота кривошипа на номинальный угол a_H рабочего хода:

$$R_{НЛ} = \frac{-M_{тр} - P_B \cdot x_B - P_H \cdot x + G \cdot x_g}{2k - L} + \frac{P_Г \cdot (y_B + C - k) + P_y \cdot x_y}{2k - L}; \quad (2)$$

$$R_{ВЛ} = \frac{-M_{тр} - P_B \cdot x_B - P_H \cdot x + G \cdot x_g}{2k - L} + \frac{P_Г \cdot (y_B + C - k) + P_y \cdot x_y}{2k - L} + P_Г. \quad (3)$$

При смещении на величину X изменяется нагрузка в направляющих и в какой-то момент происходит так называемая перекидка ползуна. Тогда при повороте ползуна влево (рис. 1,б) реакции будут:

$$R_{НП} = \frac{-M_{тр} - P_B \cdot x_B - P_H \cdot x + G \cdot x_g}{L - 2k} + \frac{P_Г \cdot (y_B + C - k) + P_y \cdot x_y}{L - 2k}; \quad (4)$$

$$R_{ВП} = \frac{-M_{тр} - P_B \cdot x_B - P_H \cdot x + G \cdot x_g}{L - 2k} + \frac{P_Г \cdot (y_B + C - k) + P_y \cdot x_y}{L - 2k} - P_Г. \quad (5)$$

В качестве примера на рис. 3 показаны результаты расчета реакций в направляющих ползуна однокривошипного листоштамповочного пресса номинальным усилием 1 МН.

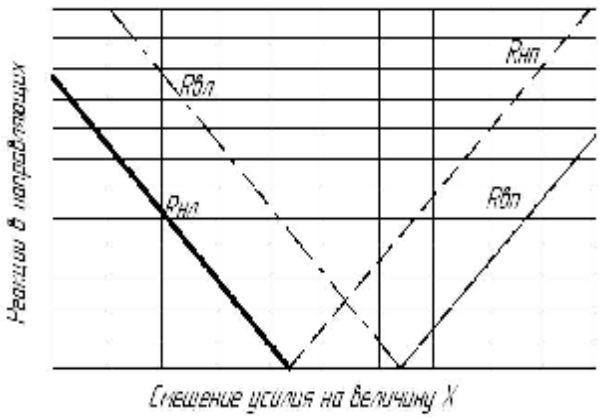

Рисунок 3 – График зависимости реакций в направляющих от точки приложения номинального усилия

Из рис. 3 следует, что при определенном смещении усилия на ползуне одна из реакций становится равной нулю. Это значит, что ползун отрывается от одной направляющей и начинает прижиматься другой направляющей (рис. 4).

Условия равновесия изменяются, и реакции в направляющих определяется по формулам:

$$R_Л = \frac{M_{тр} + P_B \cdot x_B - P_Г \cdot y_B - G \cdot x_g}{C - k} - \frac{P_y \cdot x_y + P_H \cdot x}{C - k}; \quad (6)$$

$$R_П = \frac{-M_{тр} + P_Г \cdot y_B - P_B \cdot x_B + G \cdot x_g}{L - C - k} + \frac{+P_y \cdot x_y + P_H \cdot x}{L - C - k}. \quad (7)$$

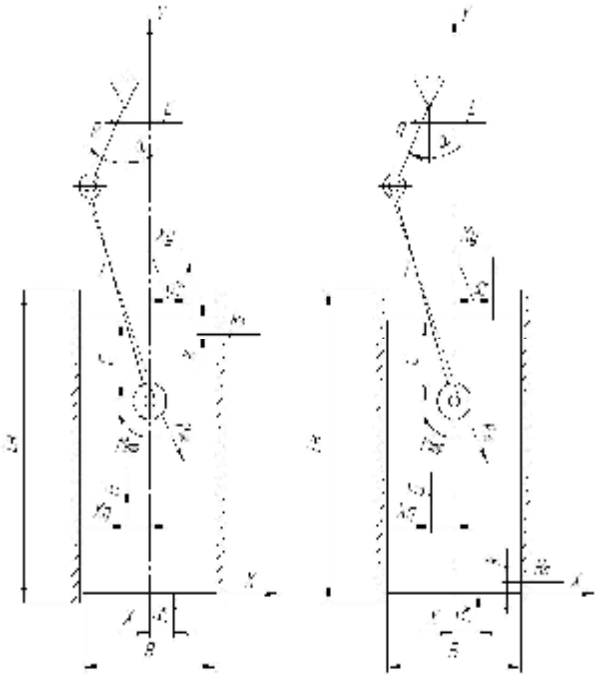

Рисунок 4 – Положение ползуна в момент, когда одна из реакций равна нулю

Графики реакций $R_Л$ и $R_П$ показаны на рис. 5. Из рисунка видно, что имеют место три зоны различного положения ползуна. В зонах I и II, определяемых координатами $X_л$ и $X_п$, ползун максимально перекошен и касается направляющих в двух точках. Значение координат $X_л$ и $X_п$ определяются из уравнений (2)-(5) при равенстве нулю соответствующих реакций $R_{НЛ} = 0$ и $R_{ВП} = 0$:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$X_{Л} = \frac{-M_{тр} - P_{В} \cdot x_{В} - P_{Г} \cdot (y_{В} + C - k)}{P_{Н}} + \frac{G \cdot x_{g} + P_{y} \cdot x_{y}}{P_{Н}}; \quad (8)$$

$$X_{П} = \frac{-M_{тр} - P_{В} \cdot x_{В} - P_{Г} \cdot (L - y_{В} - C - k)}{P_{Н}} + \frac{G \cdot x_{g} + P_{y} \cdot x_{y}}{P_{Н}}. \quad (9)$$

В зоне III ползун касается направляющей в одной точке. Величина перекоса уменьшается и при смещении усилия на величину $X_{опт}$ занимает строго вертикальное положение. Величина $X_{опт}$ определяется из формулы:

$$X_{опт} = \frac{-M_{тр} - P_{В} \cdot x_{В} - P_{Г} \cdot y_{В} + G \cdot x_{g}}{P_{Н}} + \frac{P_{y} \cdot x_{y}}{P_{Н}}. \quad (10)$$

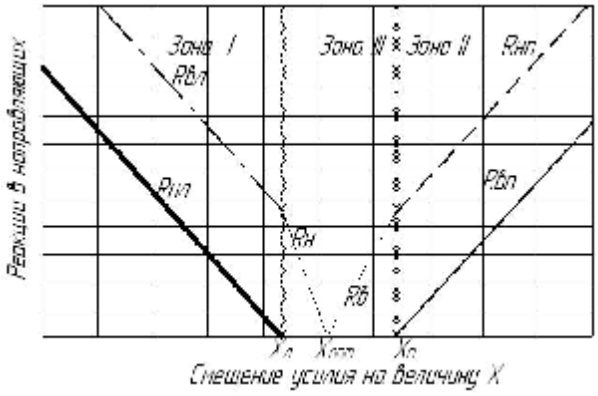

Рисунок 5 – Реакции в направляющих ползуна

Таким образом, наиболее рациональной является такая конструкция штампа, в которой равнодействующая усилия деформации располагается не по оси ползуна, а смещена на величину $X_{опт}$ в плоскости, перпендикулярной оси главного вала.

Из формул (8)–(10) следует, что положение зон I–III определяется конструктивными параметрами главного исполнительного механизма. Некоторые параметры изменить нельзя, т.к. они заданы либо конструктивными, либо технологическими соображениями. Другие параметры могут быть изменены для изменения положения зоны устойчивого положения ползуна. Одним из таких параметров является величина дезаксиала Е. Из формулы (1) видно, что при определенном выборе коэффициента дезаксиала e шатун занимает практически вертикальное положение ($b \approx 0$), и в таком случае имеем одно из самых устойчивых положений ползуна. Все это еще раз подтверждает целесообразность использования дезаксиальных кривошипно-ползунных механизмов в исполнительных механизмах кривошипных прессов.

ВЫВОДЫ. Для ползунов без дополнительных направляющих однокривошипных листоштамповочных прессов имеется зона наиболее устойчивого положения ползуна. Поэтому для повышения качества готовых изделий и улучшения условий работы инструмента целесообразно конструировать штамп так, чтобы равнодействующая усилия штампа располагалась не по оси ползуна, а была смещена на величину $X_{опт}$.

Использование дезаксиального кривошипно-ползунного механизма при оптимальном выборе величины дезаксиала Е увеличивает устойчивость ползуна в период рабочего хода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В.И., Рябов В.Г. Особенности конструирования ползунов вертикальных однокривошипных прессов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1975. – № 9. – С. 28–31.

2. Рябов В.Г. Исследование влияния трения на распределение и величину контактных напряжений и усилий в паре ползун-направляющие кривошипного пресса // Машиноведение. – 1974. – № 5. – С. 12–16.

REFERENCES

1. Vlasov V.I., Ryabov V.G. Features of construction of vertical sliders // SINGLE presses. – 1975. – №9. – P. 28–31 [in Russian].

2. Ryabov V.G. Study of the effect of friction on the distribution and magnitude of contact stresses and forces in a pair of slider-crank press guides // Engineering. – 1974. – № 5. – P. 12–16 [in Russian].

Стаття надійшла 10.01.2011.
Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Драгобецьким В.В.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com