

ВЫБОР ЗНАЧЕНИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЗУНА КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Гурвич Ю.А., Бойко Б.С., Макаревич А.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск

In this article the decision of problem about a choice by many criteria of the constructive parameters of the punch of forge equipment is considered. The software product for the decision of this problem is described and the calculation example is given.

В литературе (в том числе в [1–13]) отсутствуют методики выбора конструктивных параметров пар скольжения: «ползун–направляющие», «поршень–цилиндр», «втулка–вал» и т.д., по различным критериям. Это заставляет конструкторов параметры пар скольжения на практике определять путём многочисленных и трудоёмких экспериментальных исследований.

В данной работе сделана попытка определить оптимальные значения параметров ползуна на стадии проектирования кузнечнопрессового оборудования, движущегося с малым значением ускорения (статика). Для этого разработана методика и программа в интегрированной среде Borland Delphi 7, в которой использован простейший метод оптимизации – метод сеток (или метод перебора значений всех параметров [14–16]). Поэтому задача определения оптимальных параметров пары скольжения «ползун–направляющие», которые обеспечивают гарантированное скольжение одного тела по другому телу, является актуальной.

Постановка задачи: к ползуну пресса в форме параллелепипеда весом P и шириной b через невесомую консоль приложена сила Q , которую можно перемещать по консоли. Коэффициент трения между ползуном и направляющими f (все остальные размеры показаны на рис.1). Произвести расчет оптимальных параметров ползуна по критериям (причем, первые два критерия взяты из [1, 2]):

$$\begin{aligned} W_1 = W_L &= \left(1 - \frac{L \cdot 2f \cdot \left(1 + \frac{b}{d}\right)}{h \cdot \left(1 + \frac{P}{Q}\right)} \right) \cdot 100\% \rightarrow \max, \\ W_2 = W_C &= \left(1 - \frac{C \cdot 2f \cdot \left(1 + \frac{d}{b}\right)}{h \cdot \left(1 + \frac{P}{Q}\right)} \right) \cdot 100\% \rightarrow \max, \\ W_3 &= (W_L + W_C) / 2 \rightarrow \max, \\ W_4 &= \sqrt{W_L \cdot W_C} \rightarrow \max. \end{aligned} \tag{1}$$

Программная реализация.

Рассмотрим критерии:

$$W_j = W_j(b, d, h, f, P/Q), (j = \overline{1,4}). \quad (2)$$

Задаем предельные значения каждого из параметров в (2):

$$b_{\min} < b < b_{\max},$$

$$d_{\min} < d < d_{\max},$$

$$h_{\min} < h < h_{\max},$$

$$f_{\min} < f < f_{\max},$$

$$P/Q_{\min} < P/Q < P/Q_{\max}$$

и делим эти интервалы на n равных частей.

При запуске программы появляется окно ввода исходных данных (рис. 2), которое содержит: предельные значения параметров; шаг λ ; L и C - координаты точки приложения силы Q по осям X и Y .

Результаты расчетов приведены в таблице на рис. 3, которая содержит 10^5 вычислений в соответствии с формулой:

$$N = n^m,$$

где N - число расчетных точек (узлов); n - число разбиений каждого из варьируемых параметров; m - количество оптимизируемых параметров системы (при условии, что число разбиений каждого из параметров одинаково).

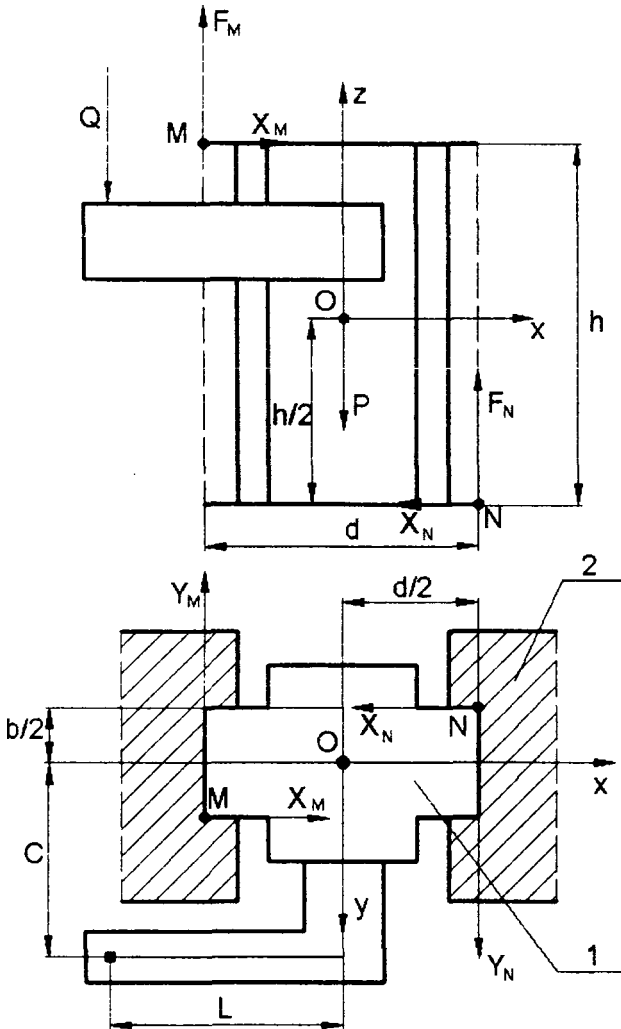


Рис. 1. Ползун кузнечнопрессового оборудования: 1 - ползун; 2 - направляющие

Исходные данные	Чертеж	Таблица расчётов		
Конструктивные параметры ползуна:				
Параметр	Описание параметра	Предельное минимальное значение параметра (min)	Предельное максимальное значение параметра (max)	Шаг, λ
b , м.	Линейный размер ползуна по оси Y , ширина.	0,2	0,8	0,067
d , м.	Линейный размер ползуна по оси X , длина.	0,3	0,9	0,067
h , м.	Линейный размер ползуна по оси Z , высота.	0,15	1,0	0,094
f .	Коэффициент трения в паре трения "ползун-направляющие".	0,1	0,7	0,067
P/Q .	Отношение веса ползуна к силе, прикладываемой к ползуну.	0,01	0,6	0,054
<input type="button" value="Рассчитать шаг разбиения"/>				
Параметры приложения силы Q к ползуну:				
Параметр	Описание параметра	Значение величины параметра		
L , м.	Координата точки приложения силы Q по оси Y .	1,26		
C , м.	Координата точки приложения силы Q по оси X .	1,15		

Рис. 2. Окно ввода исходных данных и расчёта шага разбиения

Многокритериальный выбор параметров ползуна прессы в направляющих

Исходные данные | Чертеж | Таблица расчётов

Расчет производится по критериям $W(L)$ и $W(C)$, где $W(L)$ - это величина запаса гарантированного скольжения по оси X, $W(C)$ - это величина запаса гарантированного скольжения по оси Y.

Р П/П.	b, м.	d, м.	h, м.	f.	P/Q.	C, м.	L, м.	W(L), %	W(C), %	(W(L)+W(C))/2	(W(L)*W(C))^(1/2), %
12598	0,267	0,433	0,622	0,700	0,391	1,250	1,150	-200,470	-430,710	-----	-----
12599	0,267	0,433	0,622	0,700	0,446	1,250	1,150	-189,150	-410,720	-----	-----
12600	0,267	0,433	0,622	0,700	0,500	1,250	1,150	-178,650	-392,190	-----	-----
12601	0,267	0,433	0,717	0,100	0,010	1,250	1,150	48,671	9,337	29,004	21,317
12602	0,267	0,433	0,717	0,100	0,064	1,250	1,150	51,296	13,974	32,635	26,773
12603	0,267	0,433	0,717	0,100	0,119	1,250	1,150	53,666	18,160	35,913	31,218
12604	0,267	0,433	0,717	0,100	0,173	1,250	1,150	55,816	21,958	38,887	35,008
12605	0,267	0,433	0,717	0,100	0,228	1,250	1,150	57,775	25,418	41,597	38,322
12606	0,267	0,433	0,717	0,100	0,282	1,250	1,150	59,568	28,585	44,077	41,265
12607	0,267	0,433	0,717	0,100	0,337	1,250	1,150	61,215	31,494	46,354	43,908
12608	0,267	0,433	0,717	0,100	0,391	1,250	1,150	62,733	34,175	48,454	46,302
12609	0,267	0,433	0,717	0,100	0,446	1,250	1,150	64,137	36,654	50,395	48,486
12610	0,267	0,433	0,717	0,100	0,500	1,250	1,150	65,438	38,953	52,196	50,488
12611	0,267	0,433	0,717	0,167	0,010	1,250	1,150	14,451	-51,105	-----	-----
12612	0,267	0,433	0,717	0,167	0,064	1,250	1,150	18,827	-43,376	-----	-----

Упорядочение по: № ПП

Рис. 3. Окно таблицы вычислений

Отрицательные значения критериев W_L и W_C соответствуют заклиниванию ползуна в направляющих, а нулевые значения показывают, что точка приложения силы Q совпадает с границей гарантированного скольжения. Для отрицательных и нулевых значений критериев W_L и W_C расчёт по критериям $(W_L + W_C)/2$ и $(W_L \cdot W_C)^{1/2}$ не производится, что показано штриховой линией на рис.3.

Упорядочение значений критериев (1) или (2) производится при нажатии кнопки «Упорядочение по» (см. рис. 3) и осуществляется по убыванию значений этих критериев, начиная с их максимальных значений (рис. 4-7).

Р П/П.	b, м.	d, м.	h, м.	f.	P/Q.	C, м.	L, м.	W(L), %	W(C), %	(W(L)+W(C))/2	(W(L)*W(C))^(1/2), %
9910	0,200	0,900	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	81,259	8,333	44,796	26,022
8910	0,200	0,833	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	80,987	13,889	47,438	33,538
7910	0,200	0,767	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	80,667	19,444	50,056	39,605
9909	0,200	0,900	1,000	0,100	0,446	1,250	1,150	80,553	4,881	42,717	19,829
6910	0,200	0,700	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	80,286	25,000	52,643	44,801
8909	0,200	0,833	1,000	0,100	0,446	1,250	1,150	80,271	10,646	45,458	29,232
19910	0,267	0,900	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	80,123	27,083	53,603	46,583
7909	0,200	0,767	1,000	0,100	0,446	1,250	1,150	79,939	16,410	48,174	36,219
5910	0,200	0,633	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	79,825	30,556	55,190	49,387
9908	0,200	0,900	1,000	0,100	0,391	1,250	1,150	79,792	1,158	40,475	9,613

Рис. 4. Фрагмент окна таблицы вычислений, упорядоченных по критерию W_L

Р П/П.	b, м.	d, м.	h, м.	f.	P/Q.	C, м.	L, м.	W(L), %	W(C), %	(W(L)+W(C))/2	(W(L)*W(C))^(1/2), %
90910	0,800	0,300	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	43,778	77,083	60,431	58,091
80910	0,733	0,300	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	47,185	76,515	61,850	60,086
90909	0,800	0,300	1,000	0,100	0,446	1,250	1,150	41,660	76,220	58,940	56,350
70910	0,667	0,300	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	50,593	75,833	63,213	61,940
91910	0,800	0,367	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	51,212	75,694	63,453	62,261
80909	0,733	0,300	1,000	0,100	0,446	1,250	1,150	45,196	75,631	60,413	58,465
90908	0,800	0,300	1,000	0,100	0,391	1,250	1,150	39,377	75,290	57,333	54,449
60910	0,600	0,300	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	54,000	75,000	64,500	63,640
81910	0,733	0,367	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	54,000	75,000	64,500	63,640
70909	0,667	0,300	1,000	0,100	0,446	1,250	1,150	46,732	74,923	61,827	60,425

Рис. 5. Фрагмент окна таблицы вычислений, упорядоченных по критерию W_C

Р П/П.	b, м.	d, м.	h, м.	f.	P/Q.	C, м.	L, м.	W(L), %	W(C), %	(W(L)+W(C))/2	(W(L)*W(C))^(1/2), %
97910	0,800	0,767	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,667	67,361	68,014	68,011
86910	0,733	0,700	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,603	67,424	68,014	68,011
75910	0,667	0,633	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,526	67,500	68,013	68,011
64910	0,600	0,567	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,431	67,593	68,012	68,011
53910	0,533	0,500	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,311	67,708	68,010	68,009
42910	0,467	0,433	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,154	67,857	68,005	68,005
31910	0,400	0,367	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	67,939	68,056	67,997	67,997
20910	0,333	0,300	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	67,630	68,333	67,981	67,981
98910	0,800	0,833	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	69,947	65,972	67,959	67,930
87910	0,733	0,767	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	70,000	65,909	67,955	67,924

Рис. 6. Фрагмент окна таблицы вычислений, упорядоченных по критерию $(W_L+W_C)/2$

Р П/П.	b, м.	d, м.	h, м.	f.	P/Q.	C, м.	L, м.	W(L), %	W(C), %	(W(L)+W(C))/2	(W(L)*W(C))^(1/2), %
75910	0,667	0,633	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,526	67,500	68,013	68,011
86910	0,733	0,700	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,603	67,424	68,014	68,011
97910	0,800	0,767	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,667	67,361	68,014	68,011
64910	0,600	0,567	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,431	67,593	68,012	68,011
53910	0,533	0,500	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,311	67,708	68,010	68,009
42910	0,467	0,433	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	68,154	67,857	68,005	68,005
31910	0,400	0,367	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	67,939	68,056	67,997	67,997
20910	0,333	0,300	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	67,630	68,333	67,981	67,981
96910	0,800	0,700	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	67,143	68,750	67,946	67,942
98910	0,800	0,833	1,000	0,100	0,500	1,250	1,150	69,947	65,972	67,959	67,930

Рис. 7. Фрагмент окна таблицы вычислений, упорядоченных по критерию $(W_L \cdot W_C)^{1/2}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич Ю.А., Бойко Б.С., Макаревич А.П. Расчет величины зоны и запаса устойчивого скольжения ползуна пресса в направляющих, Теоретическая и прикладная механика. – Минск, 2010. – Вып. 25. – С. 287–294.
2. Гурвич Ю.А., Бойко Б.С., Макаревич А.П. Методика определения зоны и запаса устойчивого скольжения ползуна кузнечно-прессового оборудования // Научные труды международной научно-практической конференции ученых МАДИ(ГТУ), РГАУ-МСХА, ЛНАУ, 17–18 июня 2010 г. – Т. 6: Естественные

- и технические науки. : МАДИ(ГТУ), РГАУ-МСХА, ЛНАУ; редкол.: Е.Г. Лисовская [и др.]. – М.: – Луганск, 2010. – С. 94–99.
3. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 415 с.
 4. Крагельский И.В., Щедров В.С. Развитие науки о трении. – М., Изд-во АН СССР, 1956. – 280 с.
 5. Яворский П.М., Селезнёв Ю.А., Справочное руководство по физике. – М.: Наука, 1989. – 512 с.
 6. Решетов Д.Н. Детали машин. – М., 1961. – 489 с.
 7. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М., Наука. – 639 с.
 8. Яблонский А.А., Никифорова В.М., Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 2004. – Ч. 1. – 764 с.
 9. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1984. – Ч. 2. – 422 с.
 10. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 1, 2. – 553 с.
 11. Анурьев, И.В. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1979. – 730 с.
 12. Ачеркан, Н.С. Справочник машиностроителя: 6 т. – М.: Машиностроение, 1961. – Т. 1. – 592 с.
 13. Панов А.А. Справочник металлиста. – М.: Машиностроение, 1985, – 512 с.
 14. Лебедева Г.И., Микулик Н.А. Прикладная математика. – Минск: Асар, 2009.
 15. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. – Минск: Дизайн ПРО, 2004. – 639 с.
 16. Аоки М. Введение в методы оптимизации. – М.: НАУКА, 1977. – 343 с.