

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПОЛЗУНА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЗНЕЧНОПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ IOSO

Друтько К.И., Гурвич Ю.А.

*In this article the method of the optimization of the constructive parameters of the punch of forge equipment by the multidimensional optimization technology IOSO is considered.*

В работе [1] представлена методика многокритериальной оптимизации параметров ползуна прессы с помощью метода сеток. Эта методика обладает следующими недостатками: при большом шаге изменения параметров ползуна можно пропустить оптимальные значения параметров, а при малом шаге – требуется большое количество итераций, что существенно увеличивает время расчета; не позволяет задать критериальные ограничения, весовые коэффициенты и построить область Парето-решений. Поэтому разработка новой методики многокритериальной оптимизации параметров ползуна, свободной от указанных недостатков, является актуальной, теоретически и практически значимой.

В данной работе впервые разработана методика оптимизации конструктивных параметров ползуна кузнечнопрессового оборудования с помощью технологии **IOSO**. Эта методика дает возможность задать: критериальные ограничения, пределы изменения входных параметров и критериев; весовые коэффициенты; предельное время счета; точность решения и начальные точки алгоритма решения. Гарантировано определить оптимальные значения и построить область Парето-решений (с заданным количеством точек на стадии проектирования) и существенно снизить время расчета.

**Постановка задачи:** к ползуну прессы 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, критерии взяты из [1]):

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

$$W_4 = \sqrt{W_L \cdot W_C} \rightarrow \max.$$

Отрицательные значения критериев **W1** и **W2** соответствуют заклиниванию ползуна в направляющих, а нулевые значения показывают, что точка приложения силы **Q** совпадает с границей гарантированного скольжения. Критерии **W1** и **W2** имеют практический смысл только при положительных значениях, зададим на них ограничения **W1** и **W2** >5.

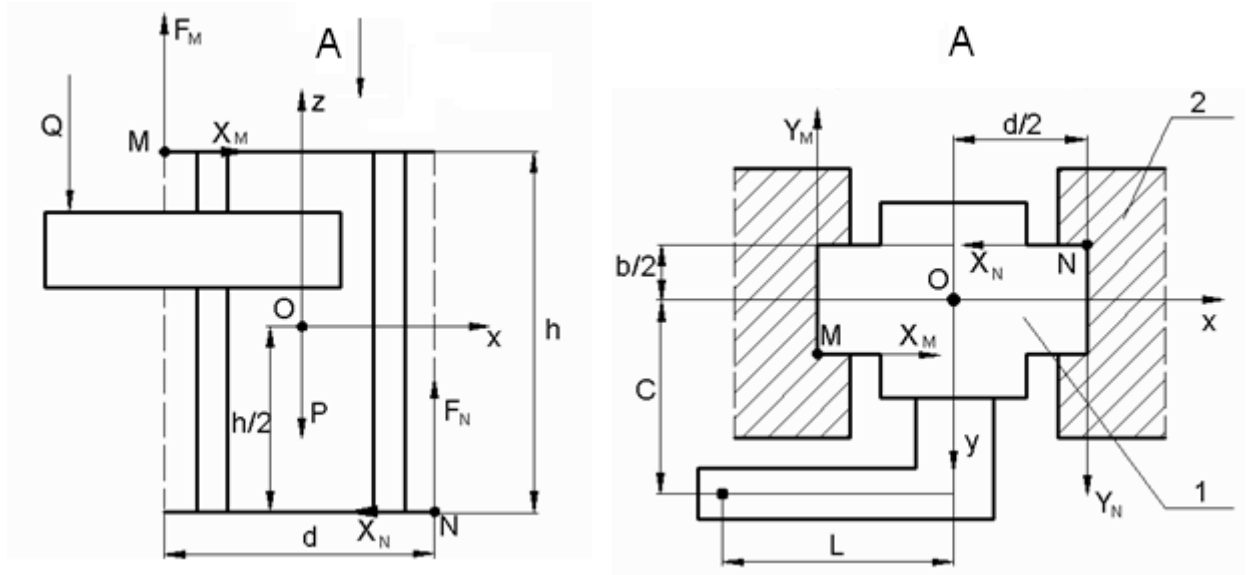


Рис. 1. Ползун прессы: 1 – ползун; 2 – направляющие

Зададим входные конструктивные параметры для оптимизации и пределы их изменений:

- ✓ Ширина ползуна:  $b \in [0.2; 0.8]$  м;
- ✓ Длина ползуна:  $d \in [0.3; 0.9]$  м;
- ✓ Высота ползуна:  $h \in [0.15; 1.0]$  м;
- ✓ Коэффициент трения:  $f \in [0.1; 0.7]$ ;
- ✓ Отношение веса ползуна к прикладываемой силе:  $P/Q \in [0.01; 0.5]$ .

Зададим постоянные значения координаты точки приложения силы по оси X и Y:  $C=1.25$  м,  $L=1.15$  м.

#### Программная реализация.

- Реализуем математическую модель ползуна прессы (система критериев (1)) в программе **MS Excel** (рис.2) в виде формул, которые начинаются со знака равенства “=” (2).

Формула критерия W1:

$$=(1-(D12*2*D9*(1+D6/D7))/(D8*(1+D10)))*100.$$

Формула критерия W2:

$$=(1-(D11*2*D9*(1+D7/D6))/(D8*(1+D10)))*100.$$

Формула критерия W3:

$$=(D14+D15)/2.$$

(2)

Формула критерия W4:

$$=\text{КОРЕНЬ}(D14*D15).$$

	A	B	C	D	E	F
4						
5			<b>Входные параметры</b>	<b>Значение</b>		
6			b	0.2		
7			d	0.9		
8			h	1		
9			f	0.1		
10			P/Q	0.5		
11			C	1.25		
12			L	1.15		
13			<b>Выходные параметры</b>	<b>Значение</b>		
14			W1	81.2592593		
15			W2	8.33333333		
16			W3	44.7962963		
17			W4	26.0223076		

Рис.2. Окно математической модели ползуна в программе MS Excel

- Интегрируем математическую модель ползуна прессы в программе MS Excel с программным комплексом IOSO (рис.3), который позволяет осуществить обмен данными с этой моделью посредством текстовых файлов ввода и вывода данных: в текстовый файл ввода данных **in** (рис.3-4) записываются значения входных параметров (**b, d, h, f, P/Q**), а из текстового файла вывода данных **out** происходит считывание значений выходных критериев (**W1, W2, W3, W4**).

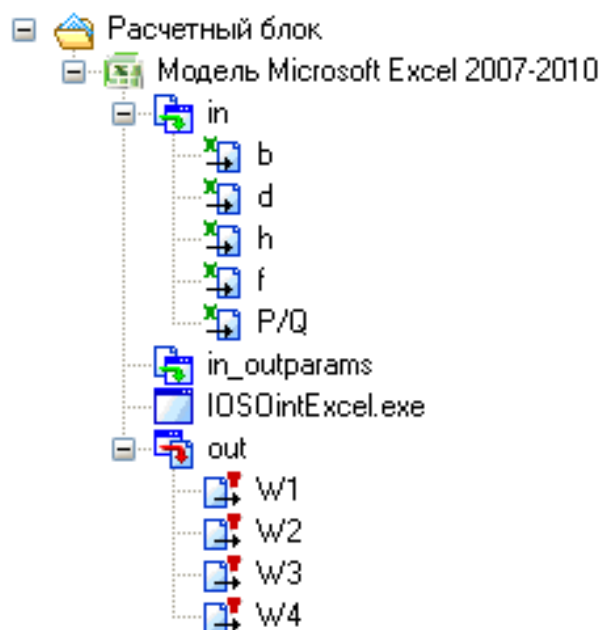


Рис.3. Структурное дерево проекта оптимизации в программе IOSO

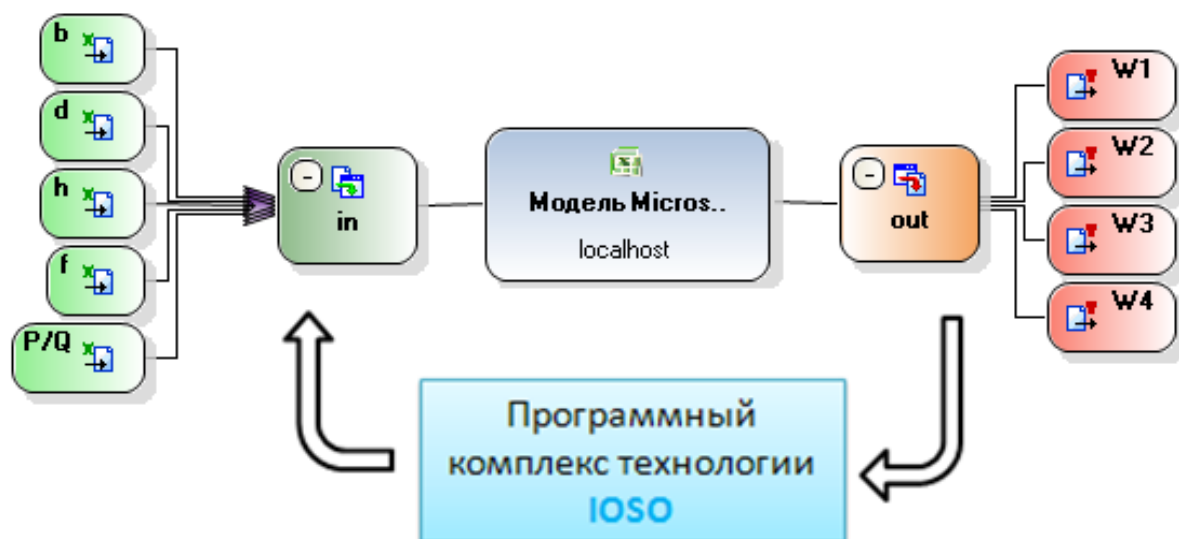


Рис.4. Схема проекта оптимизации ползуна прессы

- Программный комплекс **IOSO** в автоматическом режиме генерирует значения входных параметров и записывает их в файл **in**, затем запускает на выполнение математическую модель ползуна прессы, которая записывает рассчитанные значения критериев в файл **out** (рис.4). Далее происходит считывание файла **out**, производится анализ значений полученных критериев и принимается решение об изменении значений входных параметров. Такой итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будут определены оптимальные параметры ползуна прессы.

- Поиск оптимальных решений и построение области Парето осуществляется многокритериальной версией метода непрямой оптимизации на основе самоорганизации **IOSO**, который позволяет решать задачи с числом критериев до 20 и с числом входных параметров до 100.

**Полученные результаты.** Оптимальные значения конструктивных параметров ползуна прессы найдены через 200 итераций, что в 500 раз быстрее, чем методом сеток [1]. Результатом оптимизации является множество точек Парето-решений, представленное в виде табличных и графических зависимостей. Графики могут быть построены в зависимости от любых переменных проекта. Инженер-разработчик должен выбирать решение, лежащее только в области Парето-решений, иначе оно будет не оптимальным. На рис.5-8 представлены некоторые графические зависимости значений конструктивных параметров и критериев ползуна кузнечнопрессового оборудования:

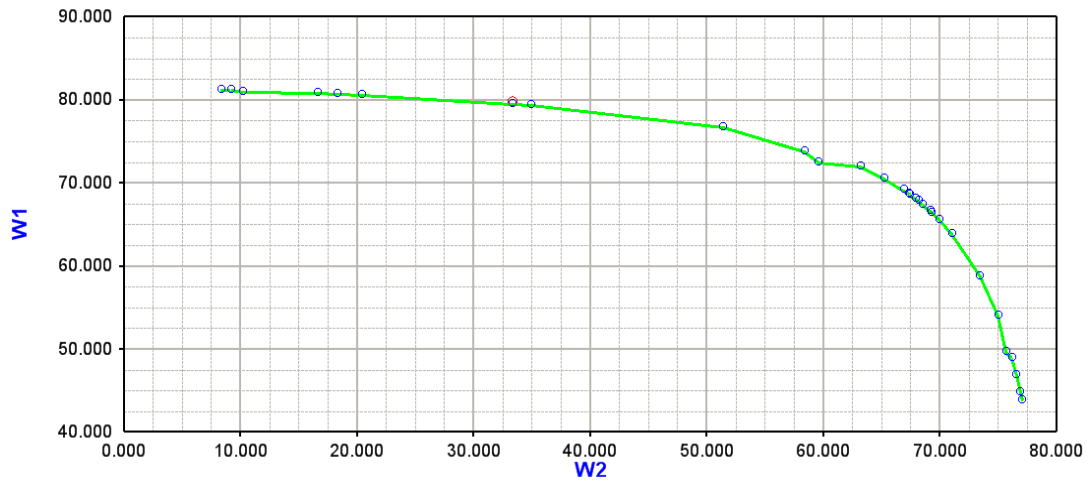


Рис.5. Парето-оптимальные решения в координатах  $W1(W2)$

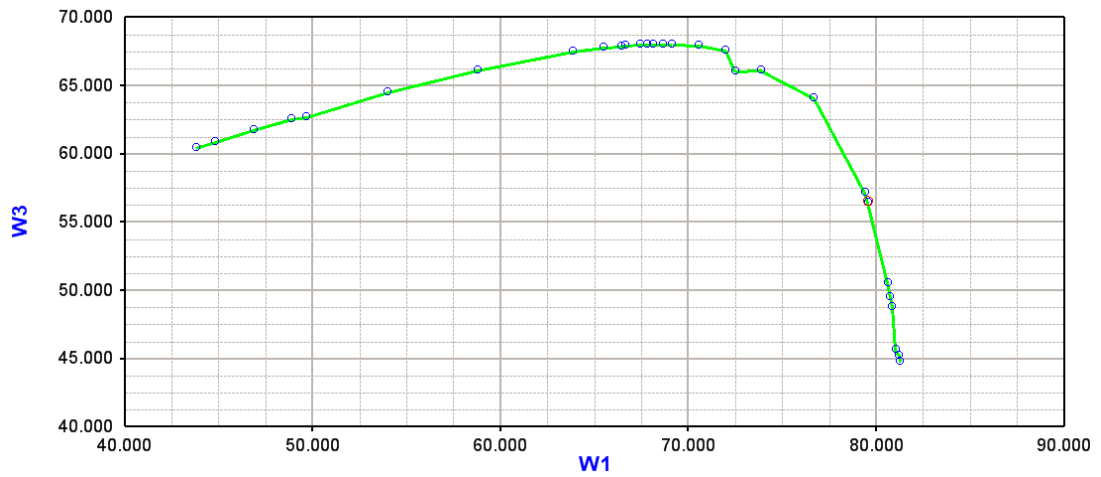


Рис.6. Парето-оптимальные решения в координатах  $W3(W1)$

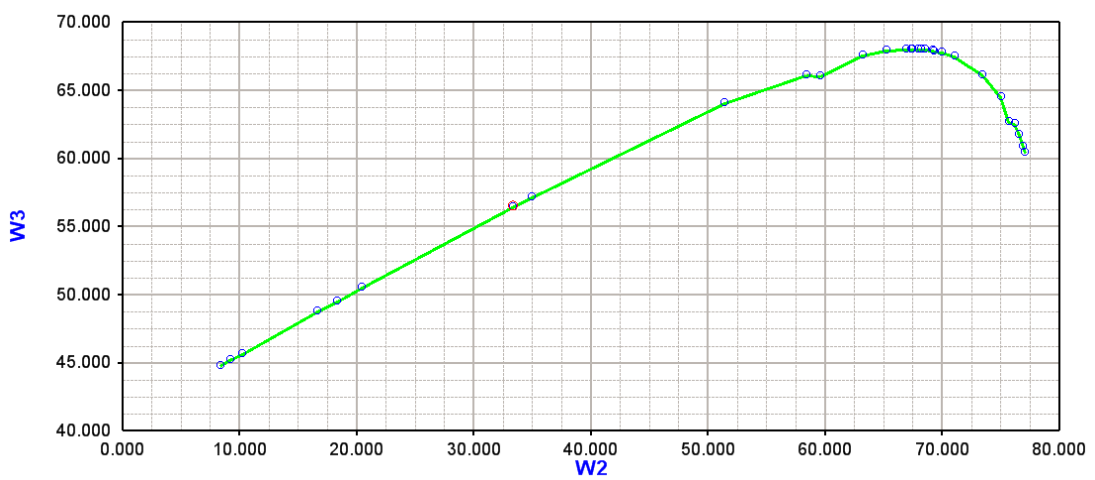


Рис.7. Парето-оптимальные решения в координатах  $W3(W2)$

№ обр.	b	d	h	f	P/Q	W1	W2	W3	W4
141	0.20	0.90	1.00	0.10	0.50	81.2592592593	8.3333333333	44.7962962963	26.0223076192
180	0.20	0.89	1.00	0.10	0.50	81.2209737828	9.1666666667	45.1938202247	27.2859962803
142	0.20	0.87	1.00	0.10	0.49	81.0151970994	10.2348993289	45.6250482141	28.7955271947
157	0.20	0.80	1.00	0.10	0.50	80.8333333333	16.6666666667	48.7500000000	36.7045259092
162	0.20	0.78	1.00	0.10	0.50	80.7350427350	18.3333333333	49.5341880342	38.4726194864
213	0.22	0.83	1.00	0.10	0.50	80.6024096386	20.4545454545	50.5284775465	40.6040102908
92	0.30	0.90	1.00	0.10	0.50	79.5555555556	33.3333333333	56.4444444444	51.4961343389
175	0.31	0.90	1.00	0.10	0.50	79.3851851852	34.9462365591	57.1657108722	52.6708027352
126	0.47	0.90	1.00	0.10	0.50	76.6592592593	51.4184397163	64.0388494878	62.7829554968
120	0.56	0.82	1.00	0.10	0.48	73.8464073830	58.3735521236	66.1099797533	65.6557469724
225	0.60	0.81	0.97	0.10	0.50	72.4831360570	59.6219931271	66.0525645921	65.7387940247
147	0.67	0.81	1.00	0.10	0.50	71.9835390947	63.1840796020	67.5838093483	67.4404453143
70	0.58	0.63	1.00	0.10	0.50	70.5502645503	65.2298850575	67.8900748039	67.8379366386
200	0.75	0.74	1.00	0.10	0.50	69.1261261261	66.8888888889	68.0075075075	67.9983071096
190	0.72	0.69	1.00	0.10	0.50	68.6666666667	67.3611111111	68.0138888889	68.0107562299
98	0.68	0.65	1.00	0.10	0.50	68.6256410256	67.4019607843	68.0138009050	68.0110488466
96	0.67	0.62	1.00	0.10	0.50	68.0967741935	67.9104477612	68.0036109774	68.0035471617
163	0.55	0.50	1.00	0.10	0.50	67.8000000000	68.1818181818	67.9909090909	67.9906410672
54	0.72	0.64	1.00	0.10	0.50	67.4166666667	68.5185185185	67.9675925926	67.963597317
169	0.80	0.68	1.00	0.10	0.50	66.6274509804	69.1666666667	67.8970588235	67.8851875803
139	0.75	0.63	1.00	0.10	0.50	66.4126984127	69.3333333333	67.8730158730	67.8573043718
47	0.80	0.64	1.00	0.10	0.50	65.5000000000	70.0000000000	67.7500000000	67.7126280689
48	0.76	0.56	1.00	0.10	0.50	63.8571428571	71.0526315789	67.4548872180	67.3588750286
119	0.76	0.45	1.00	0.10	0.50	58.7703703704	73.4649122807	66.1176413255	65.7081433611
154	0.80	0.40	1.00	0.10	0.50	54.0000000000	75.0000000000	64.5000000000	63.6396103068
170	0.72	0.32	0.99	0.10	0.50	49.6632996633	75.6827534605	62.6730265619	61.3078727771
52	0.70	0.30	1.00	0.10	0.50	48.8888888889	76.1904761905	62.5396825397	61.0316944289
72	0.74	0.30	1.00	0.10	0.50	46.8444444444	76.5765765766	61.7105105105	59.8931313857
191	0.78	0.30	1.00	0.10	0.50	44.8000000000	76.9230769231	60.8615384615	58.7039508564
97	0.80	0.30	1.00	0.10	0.50	43.7777777778	77.0833333333	60.4305555556	58.0907655057

Рис.8. Фрагмент окна программы IOSO с таблицей Парето-решений

**Заключение:** Впервые разработана методика многокритериальной и многопараметрической оптимизации ползуна кузнечнопрессового оборудования с возможностью гарантированного определения оптимальных значений и построения области Парето-решений. Для этого необходимо задать: ограничения, пределы изменения входных параметров и критериев; весовые коэффициенты; предельное время счета; точность решения и начальные точки алгоритма решения.

Результаты оптимизации представлены в многочисленных графических зависимостях, которые позволяют инженеру выбрать оптимальные конструктивные параметры на стадии проектирования кузнечнопрессового оборудования. Время решения задачи оптимизации по сравнению с методом сеток в работе [1] сократилось в 500 раз.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич Ю.А., Бойко Б.С., Макаревич А.П., Выбор значений конструктивных параметров ползуна кузнечно-прессового оборудования, Теоретическая и прикладная механика. – Мн.: БНТУ, 2011. - С. 208–212.
2. Крагельский И.В. Трение и износ. М., «Машиностроение», 1968, – 415с.