

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕССА-АВТОМАТА ШТАМПОВКИ ШАРИКОВ

БЕГАЛИЕВ С.А., ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А.
КГТУ им. И.Раззакаова
izvestiva@ktu.aknet.kg

В статье предлагается механико-цифровая методика фиксации уровня устойчивости пресса – автомата штамповки шариков с диаметрами Ø3,0 5,95 мм. Метод заключается в представлении звеньев пресса при работе в виде двумерной динамической системы с использованием зарегистрированных экспериментальных данных перемещений – циклограммы движения исполнительных механизмов шарикоштамповочного пресса – автомата. Возможность фиксации уровня устойчивости всего пресса, каждого его звена, и пуансона, включая изделие, позволит определять зависимость параметров технологии штамповки и возможность управления процессом качества. Численные решения динамических систем, построение особых точек фазовых портретов, соответствующие уровням устойчивости процесса штамповки, реализовано с помощью предлагаемых нами алгоритмов, на ЭВМ.

Методикой определения устойчивости является алгоритм, при котором основной двумерный массив экспериментальных данных [1, 10] исследуется движущимся двумерным калибровочным массивом, фиксирующим динамику переходного процесса кинематически связанных циклограмм ползуна и высадочного пуансона. Указанные звенья кинематической цепи пресса подчиняются одному уравнению движения. Два уравнения динамической системы формируются с использованием массивов экспериментальных данных и представляют собой координаты дискретных перемещений звеньев пресса.

На рисунке 1 приведена кинематическая схема пресса автомата штамповки шариков с диаметрами Ø3,0 ...5,95 мм.

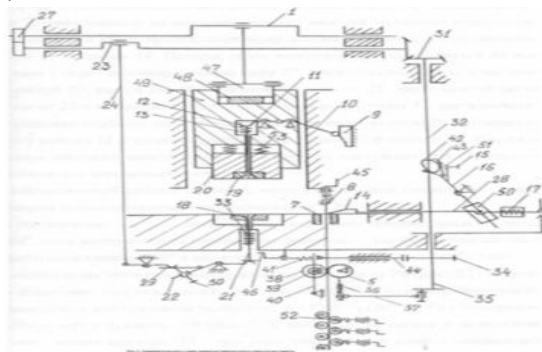


Рис. 1.

	0	1
0	1	0.1
1	2	0.6
2	3	1.2
3	4	1.6
4	5	2.5
5	6	3.5
6	7	5
7	8	6.5
8	9	8
9	10	8.5
10	11	9
11	12	12
12	13	16.5
13	14	...

	0	1
0	1	0.1
1	2	0.6
2	3	1.2
3	4	1.6
4	5	2.5
5	6	3.5
6	7	5
7	8	6.5
8	9	8
9	10	8.5
10	11	9.4
11	12	12
12	13	16.5
13	14	...

Рис. 2.

Массивы данных U и V (рис. 2) перемещений ползуна и высадочного пуансона перечисляются калибровочным массивом [2, 3, 6], фиксирующим уровень устойчивости. Характеристикой переходного процесса является особая точка фазового портрета «устойчивый фокус» (рис. 4)

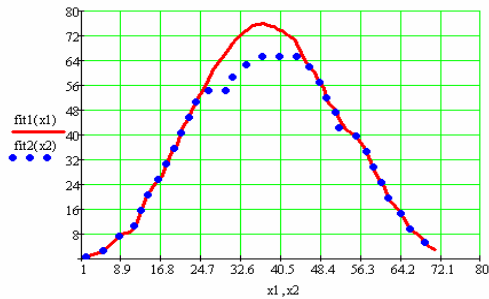


Рис. 3. График аппроксимированных функций [7] циклограмм ползуна и высадочного

пуансона показана на рис. 3.

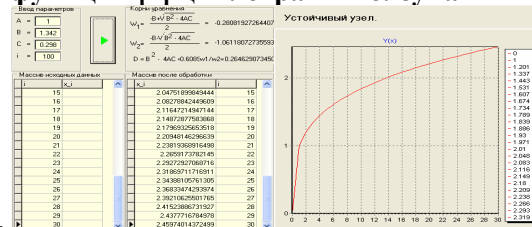


Рис. 4.

На участке массива экспериментальных данных 5-14 уровень устойчивости минимальный, фиксируется табличными данными [4, 5, 8] динамической системы (рис. 5).

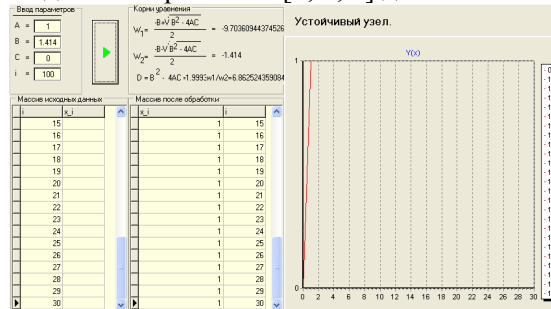


Рис. 5.

Участок циклограмм 5-9 (рис. 3) соответствует минимальному уровню устойчивости. Указанный участок циклограммы требует уже кинематического анализа механизма звеньев прессы и определения различия с аналитическим уравнением движения. Причины, снижающие уровень устойчивости рассчитанного участка, должны быть устранены. Для определения коэффициентов уравнений динамической системы [9, 10], учитывая зависимость по времени связи совместных приращений перемещений, произведем разложение аппроксимированных функций $fit1(x1)$, $fit2(x2)$ в ряд Маклорена при нулевых значениях. Первая функция [5, 6] совместных приращений перемещений будет выглядеть следующим образом:

$$F(u, v) = \sqrt{u^2 + v^2}$$

Ее производные по направлениям:

$$\frac{d}{du} F(u, v) \rightarrow \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}}; \quad \frac{d}{dv} F(u, v) \rightarrow \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}}$$

Вторая функция совместных приращений перемещений примет вид:

$$\Phi(u, v) = a \tan\left(\frac{v}{u}\right)$$

$$\frac{d}{du} \Phi(u, v) \rightarrow -\frac{v}{u^2 \cdot \left(\frac{v^2}{u^2} + 1\right)} \quad \frac{d}{dv} \Phi(u, v) \rightarrow \frac{v}{u \cdot \left(\frac{v^2}{u^2} + 1\right)}$$

Тогда матрица коэффициентов характеристического уравнения будет:

$$\begin{pmatrix} \frac{d}{du} F(u, v) & \frac{d}{dv} F(u, v) \\ \frac{d}{du} \Phi(u, v) & \frac{d}{dv} \Phi(u, v) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}} & \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}} \\ -\frac{v}{u^2 \cdot \left(\frac{v^2}{u^2} + 1\right)} & \frac{v}{u \cdot \left(\frac{v^2}{u^2} + 1\right)} \end{pmatrix} \text{ Детерминант будет выглядеть следующим образом:}$$



$$L(x1, x2) = \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}} \cdot \frac{1}{u \cdot \left(\frac{v^2}{u^2} + 1\right)} \cdot \left[-\frac{v}{u^2 \cdot \left(\frac{v^2}{u^2} + 1\right)} \right] \cdot \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}}$$

$$L(x1, x2) = (u^2 + v^2)^{-\frac{1}{2}}$$

Подставляя аппроксимированные функции сейсмоданных по ортогональным направлениям, получаем значение детерминанта при нулевых значениях функций:

$$L(x1, x2) = \frac{\text{fit1}(x1)}{\sqrt{\text{fit1}(x1) \cdot \text{fit1}(x1) + \text{fit2}(x2) \cdot \text{fit2}(x2)}} \cdot \frac{1}{\text{fit1}(x1) \cdot \left(\frac{\text{fit1}(x2)^2}{\text{fit1}(x1)^2} + 1\right)} \cdot \left[-\frac{\text{fit2}(x2)}{\text{fit1}(x1)^2 \cdot \left(\frac{\text{fit2}(x2)^2}{\text{fit1}(x1)^2} + 1\right)} \right] \cdot \frac{\text{fit2}(x2)}{\sqrt{\text{fit1}(x1) \cdot \text{fit1}(x1) + \text{fit2}(x2) \cdot \text{fit2}(x2)}}$$

где fit1(x1), fit2(x2) – аппроксимированные функции экспериментальных данных по осям координат.

Сумма коэффициентов первого уравнения $\mu(x1, x2)$ будет выглядеть следующим образом:

$$\mu(x1, x2) = \frac{\text{fit1}(x1)}{\sqrt{\text{fit1}(x1) \cdot \text{fit1}(x1) + \text{fit2}(x2) \cdot \text{fit2}(x2)}} + \frac{\text{fit2}(x2)}{\sqrt{\text{fit1}(x1) \cdot \text{fit1}(x1) + \text{fit2}(x2) \cdot \text{fit2}(x2)}}$$

$$\mu(x1, x2) = \frac{\text{fit1}(x1) + \text{fit2}(x2)}{\sqrt{\text{fit1}(x1)^2 + \text{fit2}(x2)^2}}$$

$$\mu(x1, x2) = 1.342$$

Запишем характеристическое уравнение [8, 9] и его вычисленные корни:

$$\omega^2 - 1.342 \cdot \omega + 0.298 = 0$$

$$(1.061180727355926692 \quad 0.28081927264407330802)$$

Следовательно, особая точка фазового портрета «устойчивый узел» с различными начальными условиями будет выглядеть (рис. 6):

Далее показаны табличные значения функции [1, 6], определяющей полученную особую точку: Предлагаемая нами методика позволяет определять довольно точно уровень устойчивости прессы – автомата штамповки шариков с диаметрами Ø3,0 ...5,95 мм, с использованием перемещений и скоростей, кинематических звеньев. Фиксация состояний устойчивости и бифуркации штамповочной конструкции на протяжении всего технологического цикла позволит определить устойчивость каждого кинематического звена и влияние его на точность, а соответственно качество производимого изделия

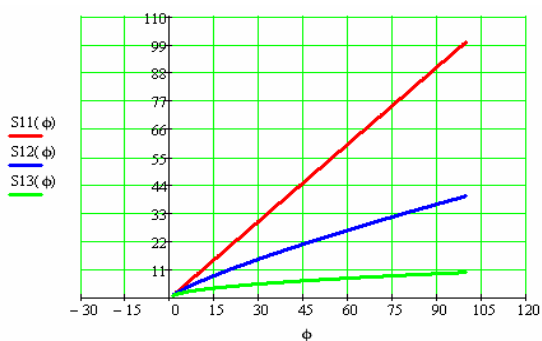


Рис. 6.

$\phi =$	$\frac{\omega_2}{\omega_1} =$
1	98.5
1.1	98.6
1.2	98.7
1.3	98.8
1.4	98.9
1.5	99
1.6	99.1
1.7	99.2
1.8	99.3
1.9	99.4
2	99.5
2.1	99.6
2.2	99.7
2.3	99.8
2.4	99.9
...	...

Рис. 7.

Литература

1. Немыцкий В. В., Степанов В. В. Качественная теория дифференциальных уравнений. – М., Л.: Гос. изд-во технико-теоретической лит., 1949. – 550 с.
2. Бутенин Н. В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию нелинейных колебаний. – М.: Наука, 1987. – 384 с.
3. Стрелков С. П. Введение в теорию колебаний. – М., Л.: Гос. изд-во технико-теоретической лит., 1950. – 344 с.
4. Матвеев Н. М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Высшая школа, 1963. – 546 с.
5. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения.–М.:Мир, 1970. – 720 с.
6. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. – М.: Гл. изд. физ.-мат. лит., 1959. – 915 с.
7. Палис Ж., Ди Мелу В. Геометрическая теория динамических систем. – М: Мир, 1986. – 301 с.
8. Йосс Ж., Джозеф Д. Элементарная теория устойчивости и бифуркаций. – М.: Мир, 1983. – 300 с.
9. Себехей В. Дж. Неустойчивости в динамических системах. – М.: Мир, 1982. – 167 с.
10. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1984. - 271 с.