

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВСТРЯХИВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА С ПОЛНОЙ АМОРТИЗАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ УДАРА

В.Г. Москалёв, А.Е. Попова, В.Ю. Пустарнаков

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Частое применение этого механизма в современных формовочных машинах объясняется его высокой технологической гибкостью, значительно меньшим шумовым эффектом, чем у обычных встряхивающих механизмов, а также отсутствием больших фундаментов, поскольку энергия удара в значи-

тельной степени поглощается амортизаторами. Принципиальная схема этого механизма показана на рис. 1.

Данный механизм может работать в режимах чистого встряхивания, чистого прессования, встряхивания с последующей допрессовкой, встряхивание с одновременным.

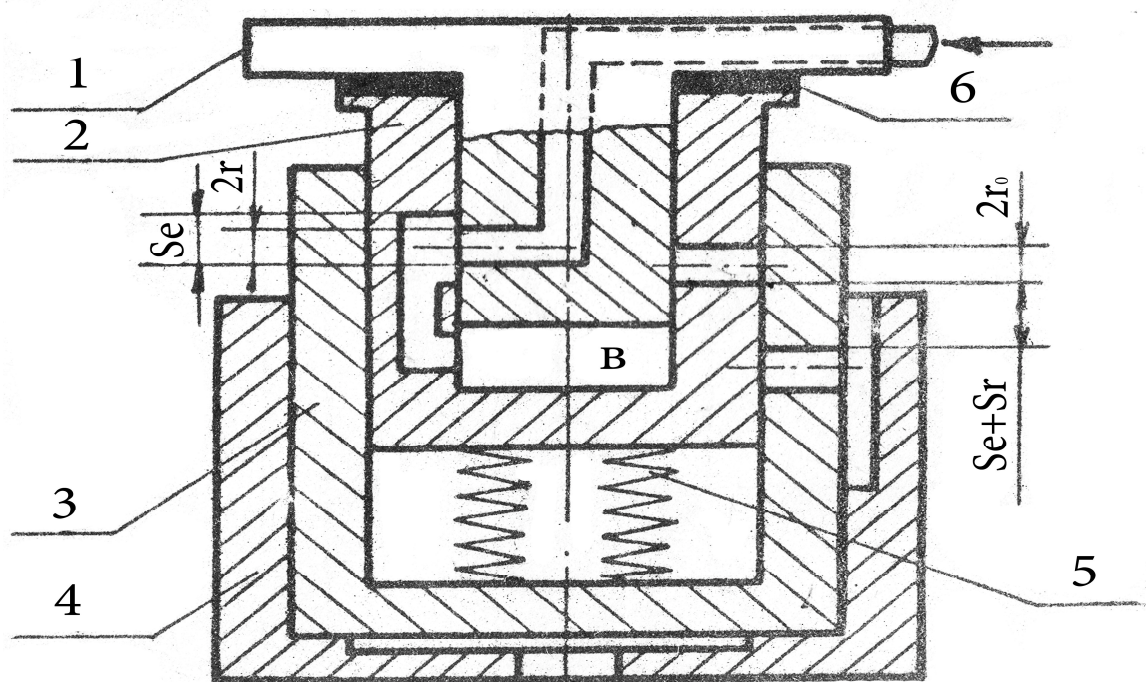


Рисунок 1 - Схема механизма для уплотнения форм встряхиванием с полной амортизацией энергии удара: 1 – встряхивающий стол; 2 – боек – амортизатор; 3 – прессовый поршень; 4 – цилиндр; 5 – пружина; 6 – упругий элемент

В отличие от обычного встряхивающего механизма с отсечкой и расширением данный механизм имеет две движущиеся массы: встряхивающий стол 1 – Q_1 и боек – амортизатор 2 – Q_2 . Это условие требует введения третьего дифференциального уравнения, описывающего движение бойка – амортизатора 2.

Движение встряхивающего стола 1 описывается дифференциальными уравнениями при движении вверх:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = x = \frac{1}{m} F(P-1) - \frac{Q+R}{m} \quad (1)$$

и при движении вниз:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = x = - \left[\frac{Q-R}{m} - \frac{1}{m} F(P-1) \right] \quad (2)$$

Следует только учесть, что величины Q , R , m будут иметь индекс 1, то есть Q_1 , R_1 , m_1 .

Движение бойка – амортизатора происходит под действием сил его веса Q_2 , трения R_2 , давления сжатого воздуха и сжатия пружины.

Дифференциальное уравнение, описывающее движение бойка – амортизатора, имеет следующий вид:

а) при движении вниз

$$\frac{d^2x_2}{dt^2} = - \left[\frac{1}{m_2} F(P-1) + \frac{Q_2-R_2}{m_2} + \frac{c(d+x_2)}{m_2} \right] \quad (3)$$

б) при движении вверх

$$\frac{d^2x_2}{dt^2} = - \left[\frac{1}{m_2} F(P-1) - \frac{Q_2-R_2}{m_2} + \frac{c(d+x_2)}{m_2} \right] \quad (4)$$

где Q_2 , R_2 , m_2 – соответственно вес, сила трения и масса бойка – амортизатора;

c – жесткость пружины;

a – начальное сжатие;

x_2 – перемещение бойка – амортизатора.

Начальное сжатие пружины a определяют из (3) при условии $t=0$; $(d^2x_2/dt^2)=0$; $x_2=0$. В этом случае

$$a = \frac{F(1-P_0) + R_2 - Q_2}{c} \quad (5)$$

где начальное давление P_0 находят из (2) при условии $t=0$; $(d^2x_1/dt^2)=0$ тогда

$$P_0 = \frac{Q_1 - R_1}{F_0} + 1$$

Дифференциальное уравнение, описывающее изменение состояния воздуха в цилиндре, с учетом знаков (dx_1/dt) , (dx_2/dt) имеет вид:

а) при впуске воздуха

$$\frac{dP}{dt} = \frac{k\mu f\psi P \left(\frac{P_c}{P} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{P_c} v_c}{F(S_0 + x_1 - x_2)} - \frac{kP}{S_0 + x_1 - x_2} \left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} \right) \quad (6)$$

где (dx_1/dt) , (dx_2/dt) – скорости соответственно встряхивающего стола 1 и бойка – амортизатора 2.

Коэффициент истечения ψ рассчитывают по формуле:

$$\psi = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} \left[\left(\frac{P_H}{P_0} \right)^{\frac{1}{k}} - \left(\frac{P_H}{P_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right] \quad (7)$$

если $R_H/R_0 > 0,528$, и $\psi=21,5$, если $R_H/R_0 \leq 0,528$;

б) на участке адиабатического расширения и сжатия

$$\frac{dP}{dt} = - \frac{kP}{S_0 + x_1 - x_2} \left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} \right) \quad (8)$$

в) на участке выхода

$$\frac{dP}{dt} = - \frac{k\mu_0 f_0 \psi_0 P \sqrt{P} v}{F(S_0 + x_1 - x_2)} - \frac{kP}{S_0 + x_1 - x_2} \left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} \right) \quad (9)$$

Зависимость площади впускного отверстия от суммарного перемещения встряхивающего поршня и бойка – амортизатора описывается выражением

$$f = \frac{\pi r^2}{2} \pm (x_1 - x_2 - S_e + r) \sqrt{r^2 - (x_1 - x_2 - S_e + r)^2} \pm r^2 \arcsin \frac{x_1 - x_2 - S_e + r}{r} \quad (10)$$

а) впускного отверстия – выражением

$$f_0 = \frac{\pi r_0^2}{2} \pm (x_1 - x_2 - S_e - S_r + r_0) \sqrt{r_0^2 - (x_1 - x_2 - S_e - S_r + r_0)^2} \pm (11) \pm r_0^2 \arcsin \frac{x_1 - x_2 - S_e - S_r + r_0}{r_0}$$

где r – радиус впускного отверстия;

r_0 – радиус выпускного отверстия;

S_e , S_r – ход соответственно наполнения и расширения.

При этом знаки «-» берутся при уменьшающейся площади отверстия, а знаки «+» при увеличивающейся.

Следует отметить, что движение встряхивающего поршня 1 вверх начинается только тогда, когда давление воздуха в рабочей полости равно

$$P \geq \frac{Q_1 + R_1}{F} + 1 \quad (12)$$

До этого момента боек – амортизатор будет двигаться вниз, а встряхивающий стол неподвижен, то есть для него имеет место соотношение

$$\frac{d^2x_1}{dt^2} = \frac{1}{m_1} F(P-1) - \frac{Q_1 + R_1}{m_1} = 0 \quad (13)$$

Математические модели рабочего процесса пневматического встряхивающего механизма с полной амортизацией энергии удара приведены в табл. 1.

Таблица 1

Участок рабочего процесса	Дифференциальные уравнения рабочего процесса	Формулы площадей отверстий		Граничные условия
		впускного	выпускного	
1	2	3	4	5
Начальный момент впуска воздуха	(3),(6),(13)	$f=\pi r^2$	-	$\frac{Q_1 + R_1}{F} + 1 - P \geq 0$
Впуск воздуха при движении поршня вверх, а бойка – амортизатора вниз при $f=\text{const}$	(1),(3),(6)	$f=\pi r^2$	-	$S_e - 2r - x_1 + x_2 \geq 0$
То же при $f=\text{Var}$	(1),(3),(6)	(10) со знаками «-»	-	$S_e - x_1 + x_2 \geq 0$
Ход расширения	(1),(3),(8)	-	-	$S_e + S_r + 2r_0 - x_1 + x_2 \geq 0$
Выхлоп при движении поршня вверх, бойка – амортизатора вниз	(1), (3), (9)	-	(11) со знаками «+»	$1) S_e + S_r + 2r_0 - x_1 + x_2 \geq 0$ $2) \frac{dx_1}{dt} \geq 0;$ $3) \frac{dx_2}{dt} \leq 0;$
Выхлоп при движении поршня вниз, а бойка – амортизатора вверх а) при $f_a=\text{const}$	(2), (4), (9)	-	$f_0=\pi r_0^2$	$x_1 - x_2 - S_e - S_r - 2r_0 \geq 0$
б) $f_a=\text{Var}$	(2), (4), (9)	-	(11) со знаками «-»	$x_1 - x_2 - S_e - S_r \geq 0$
Ход сжатия	(8), (2), (4)	-	-	$x_1 - x_2 - S_e - S_r \geq 0$
Впуск воздуха при входе поршня вниз и бойка – амортизатора вверх а) при $f_0=\text{Var}$	(2), (4), (6)	(10) со знаками «+»	-	$1) x_1 - x_2 - S_e - 2r_0 \geq 0$
б) при $f_0=\text{const}$	(2), (4), (6)	$f=\pi r^2$	-	$1) x_1 - x_2 \geq 0$ $2) \frac{dx_1}{dt} \leq 0;$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксёнов П.Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1997.-510с.