

Работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПРИВЕДЕННОЙ МАССЫ РАБОЧИХ ЧАСТЕЙ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЙ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ.

Целью работы является определение приведенной массы рабочих частей кузнечно-штамповочной машины (КШМ) ударного действия и изучение движения этой массы под действием переменной активной силы.

Краткие сведения об изучаемом процессе.

В КШМ ударного действия рабочие части разгоняются силой давления сжатого газа или жидкости до заданной скорости. Для этого используются гидропневматические, пневматические или жидкостные аккумуляторы. При перемещении подвижных частей и расширении газа или жидкости давление в аккумуляторе изменяется.

Давление в жидкостном аккумуляторе 6 (см. рис.1 в работе №1) в зависимости от перемещения x винта 5

$$p = p_m - \frac{\chi_a^*}{V} f_{\text{в}} x \quad \text{Па}; \quad (1)$$

Где p_m и V - начальные давление и объем жидкости в аккумуляторе, Па и м³;

$f_{\text{в}}$ - площадь винта, м²;

χ_a^* - приведенный адиабатический модуль объемной упругости, Па.

В расчетах жидкостного аккумулятора КШМ используются приведенный изотермический χ ¹¹ приведенный адиабатический χ_a модули объемной упругости, значения которых определяются по зависимости

$$\chi^* = \frac{\chi}{1 + \frac{dx}{\delta E}} \quad \text{Па}$$

Где E - модуль упругости материала цилиндра (трубопровода), Па
 d, δ - внутренний диаметр и толщина стенки аккумулятора (цилиндра, трубопровода), м

χ - модуль объемной упругости жидкости, Па

χ^* - приведенный модуль объемной упругости жидкости, Па

Стенды и приборы.

Для проведения работы используется винтовой пресс с жидкостным аккумулятором. Описание конструкции пресса приведено в работе №1 (рис.1).

Пресс работает следующим образом.

Перед началом зарядки аккумулятора ползун 2 поднимается гидроцилиндрами 17 в крайнее верхнее положение.

Для зарядки аккумулятора до давления p_m в аккумулятор насосом 14 подается объем ΔV жидкости

$$\Delta V = \frac{(p_m - p_o) \cdot V}{\chi_u^*} \text{ м}^3;$$

где p_o - давление жидкости в аккумуляторе перед зарядкой ($p_o = 0,1$ МПа, при расчетах принимается $p_a = 0$), МПа;

p_m - давление жидкости в конце зарядки (максимальное давление жидкости), МПа;

V - объем жидкости в аккумуляторе, м³;

χ_u^* - приведенный изотермический модуль объемной упругости жидкости, полученный по результатам экспериментальных исследований, МПа.

В аккумуляторе накапливается потенциальная энергия сжатой жидкости

$$A = \frac{p_m^2 V}{2 \chi_u^*}, \text{ Дж.} \quad (4)$$

Перед совершением хода разгона рабочих частей штоки возвратных цилиндров 18 опускаются, полость над торцевой поверхностью впита 5 соединяется с аккумулятором 6. Под действием давления жидкости на винт 5 происходит разгон рабочих частей пресса, во время которого потенциальная энергия A (4) сжатой жидкости переходит в кинетическую энергию поступательного и вращательного движения рабочих частей пресса и затем в работу деформирования заготовки.

Движение приведенной массы рабочих частей (ползуна) определяется уравнением

$$m^* \ddot{x} = p f_{\text{в}} + m_{\text{п}} g + m_{\text{в}} g - \sum R \quad (5)$$

m^* - приведенная масса рабочих частей, кг;

$m_{\text{п}}$ - масса ползуна, кг;

$m_{\text{в}}$ - масса винта, кг;

x - перемещение ползуна, м;

p - давление жидкости в аккумуляторе при разгоне подвижных частей, Па

f - площадь винта, м²;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

$\sum R$ - сумма приведенных сил сопротивления, Н.

Приведенная масса рабочих частей пресса, приведенная к ползуну

$$m^* = m_{\text{п}} + m_{\text{в}} \left(\frac{h_{\text{с}}}{h_{\text{с}} + h_{\text{н}}} \right)^2 + \frac{4 \pi^2}{h_{\text{с}}^2} J_{\text{в}} \left(\frac{h_{\text{с}}}{h_{\text{с}} + h_{\text{н}}} \right)^2, \text{ кг} \quad (6)$$

Где $m_{\text{п}}$ - масса ползуна, кг;

$m_{\text{в}}$ - масса винта, кг;

$h_{\text{с}}$ - ход резьбы винта и гайки станины, м;

h_n - ход резьбы винта и гайки ползуна, м;

J_6 - момент инерции винта, кгм².

Давление p жидкости в аккумуляторе б при разгоне подвижных частей в зависимости от перемещения ползуна x определяется уравнением

$$p = p_m - \frac{\chi_q f_6 h_c}{V (h_c + h_n)} x \quad (7)$$

Сумма сил сопротивления, приведенная к ползуну прессы

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (8)$$

$R_1 = 0,05 m_n g$ - сила трения в направляющих ползуна 2;

$R_2 = 0,03 p f_1 \frac{h_c}{h_c + h_n}$ - приведенная сила трения в уплотнениях винта 5;

$R_3 = \frac{Q_1 \mu \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_c + 1}}{\operatorname{tg} \alpha_c (1 + \mu \operatorname{tg} \alpha_c)} \frac{h_c}{h_c + h_n}$ - приведенная сила трения в резьбе гайки 4 станины 1;

$Q_1 \cong p f_6$ - нагрузка на резьбу гайки 4 станины 1;

$\mu = 0,03$ - коэффициент трения скольжения в резьбе.

α_c - угол подъема резьбы винта 5 и гайки 4;

$R_4 = \frac{Q_2 \mu \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_n + 1}}{\operatorname{tg} \alpha_n (1 + \mu \operatorname{tg} \alpha_n)}$ - приведенная сила трения в резьбе гайки 3 ползуна 2;

$Q_2 = m_n \ddot{x} - 0,95 m_n g$ - нагрузка на резьбу гайки 3 ползуна 2;

α_n - угол подъема резьбы винта 5 и гайки 3.

После подстановки значений членов в уравнения (5) и их приведения относительно x и \dot{x} получаем линейное дифференциальное уравнение

$$a \ddot{x} + bx - c = 0 \quad (9)$$

где a - приведенная масса рабочих частей пресса;

h - приведенная жесткость аккумулятора;

c - сумма активных сил и сил сопротивления.

Решением уравнения (9) получаем перемещение и скорость перемещения

$$x = \frac{c}{b} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{b}{a}} t \right) \quad (10)$$

$$\dot{x} = \frac{c}{\sqrt{ab}} \sin \sqrt{\frac{b}{a}} t \quad (11)$$

и скорость движения приведенной массы по перемещению

$$\dot{x} = \sqrt{\left(2 \frac{c}{a} - \frac{b}{a} x \right) x} \quad (12)$$

Исходные данные:

$m_n = 130,0$ кг - масса ползуна;

$m_e = 26,2$ кг - масса винта;

$J_e = 22 \times 10^3$ кгм² - момент инерции винта;

$h_c = 0,064$ м - ход резьбы винта и гайки станины;

$h_n = 0,032$ м - ход резьбы винта и гайки ползуна;

$V = 11,6 \times 10^{-3}$ м³ - объем цилиндра-аккумулятора;

$D = 0,07$ м - диаметр винта (определяет площадь f_e);

$a_c = 0,253$ рад- угол подъема резьбы винта 5 и гайки 4;

$a_n = 0,157$ рад- угол подъема резьбы винта 5 и гайки 3.

χ_a^* и χ_n^* - адиабатический приведенный модуль объемной упругости жидкости ($n = 1.21$ - коэффициент получен экспериментально для винтового пресса и уточняется при проведении данной лабораторной работы, χ_n^* - изотермический приведенный модуль объемной упругости получен экспериментально в работе №1),

Методика проведения работы.

Движение рабочих частей пресса изучается при их разгоне по направлению к заготовке.

В исходном положении аккумулятор б заряжен (рис.1, см. работу №1). Штоки возвратных цилиндров находятся в крайнем нижнем положении и не будут оказывать сопротивления перемещению подвижных частей пресса.

Включается электромагнит ЭЗ золотника 7, который соединяет полость над торцевой поверхностью винта 5 с аккумулятором 6. Рабочие части винтового пресса совершают поступательное и вращательное движение вниз. Для определения перемещения рабочих частей пресса используется струнный ходограф. Для определения давления - тензометрический датчик давления мембранного типа.

Порядок проведения работы.

1. Ознакомиться с устройством пресса и составить его расчетную схему.
2. Определить приведенную массу подвижных частей пресса (11), других параметров и значения коэффициентов a , b , c .
3. Подсчитать перемещение и скорость подвижных частей для заданного начального значения давления жидкости в аккумуляторе p_m , по формулам (10-12). Построить графики зависимости $x(t)$.
4. Провести экспериментальное исследование движения рабочих частей

пресса осциллографированием параметров перемещения ползуна x , давления в аккумуляторе p и времени t . Обработать полученные осциллограммы. Определить приведенный адиабатический модуль объемной упругости χ_a^* . По результатам теоретических и экспериментальных исследований построить графики (рис. 1) и (рис.2).

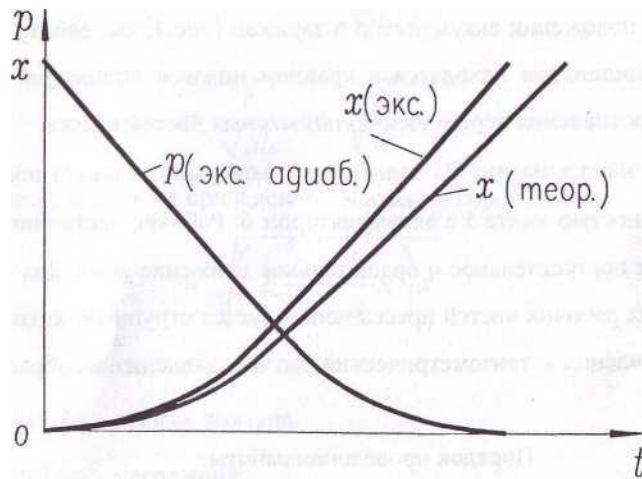


Рис. 1.

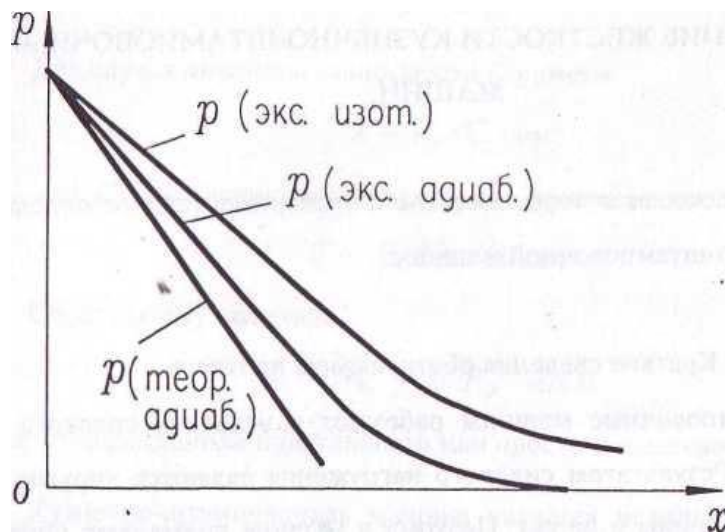


Рис.2.

5. Сравнить экспериментальные значения $\chi_{и}^*$ (полученный в работе №1) и χ_a^* - Сопоставить экспериментальные данные с расчетными значениями.
6. Обсудить результаты, сделать выводы и составить отчет по работе.