

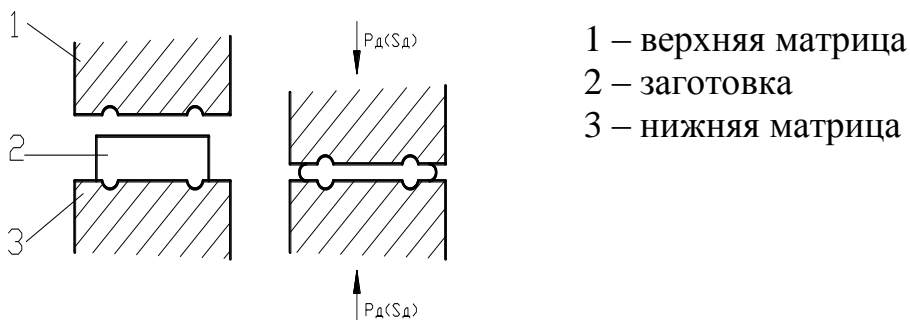
“Понятие кузнечно-штамповочной машины, классификация машин, их конструктивные особенности.”

Понятие КШМ:

- КШМ выступает как: 1) Технологическая машина
2) Техническая система
3) Как механическая система

Кузнечно-штамповочная машина (КШМ)		
Технологическая машина	Техническая система	Механическая система
Выступает в качестве орудия, предназначенного для обработки давлением металлов, сплавов и других материалов в пластическом состоянии.	Состоит из совокупности элементов (двигателя, передаточного механизма, главного и вспомогательных механизмов, систем управления, смазки и контроля).	Состоит из твердых, жидких, газообразных, электромагнитных звеньев.
Назначение		
Перераспределение объемов материала и получение готовой детали для дальнейшей ее обработки	Трансформирование входной энергии в эффективную энергию машины, которая трансформируется в работу пластической деформации.	Осуществляет заданное движение исполнительных механизмов.

Схема технологической машины:



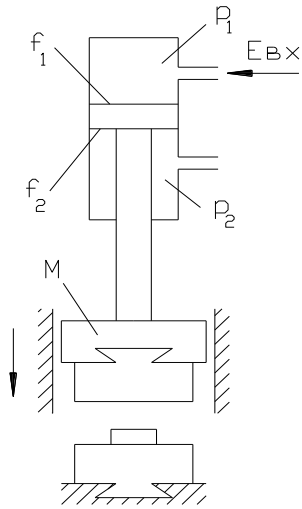
Требования к технологической машине:

Технологическая машина должна удовлетворять:

1. Силowym параметрам – $P_d(S_d)$
2. Энергетическим параметрам - $A_d(S_d)$ (определяют технологию производства)
3. Скоростным параметрам

4. Геометрическим параметрам машины (размеры штампового пространства, ход (перемещение) рабочего инструмента, закрытая высота пресса)

Техническая система:



$$E_{ex} \xrightarrow{\eta_1} T_9 = \frac{M \delta^2}{2} \xrightarrow{\eta_2} A_{def} = \int P(s) ds$$

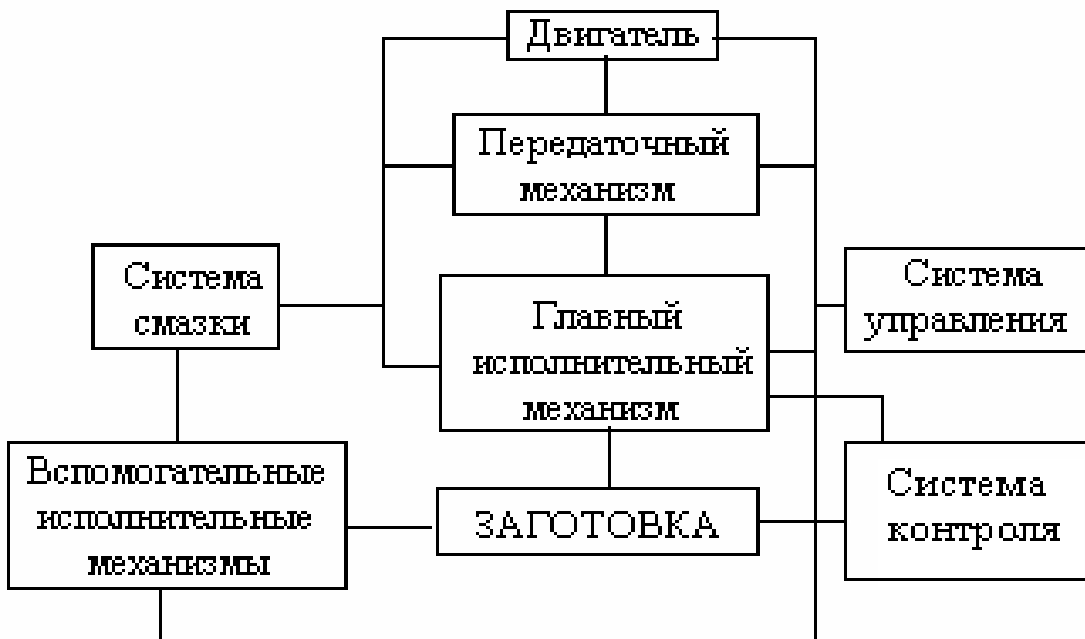
M-масса всех подвижных частей.

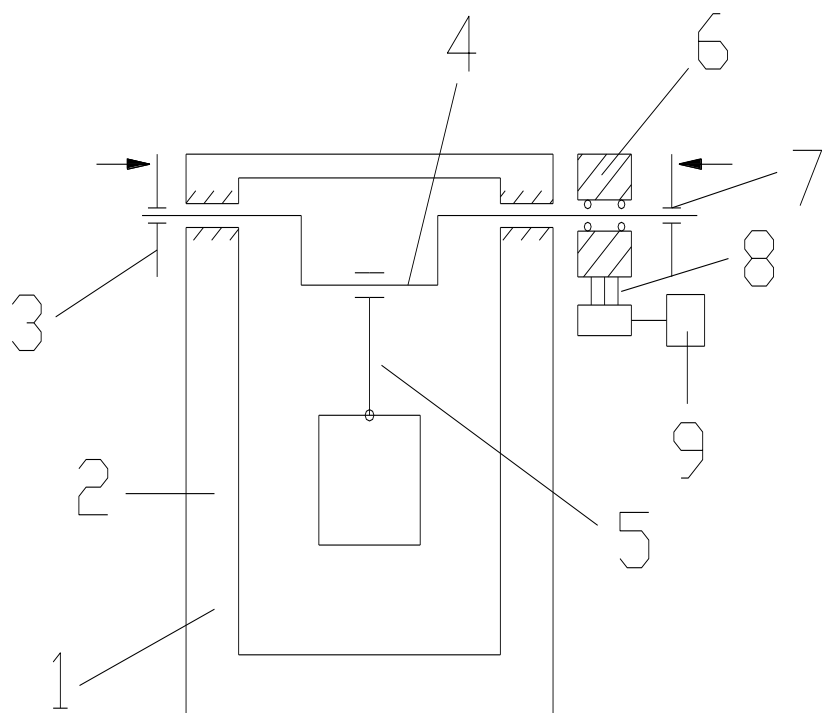
$$\eta_1 = \frac{T_9}{E_{ex}}; \eta_2 = \frac{A_d}{T_9}; \eta_9 = \frac{A_d}{\sum E_{ex}} = 2...2,5\%$$

Механическая система:

Конструкцию определяет проектировщик при конструировании данной машины.

Структурная схема КШМ:





- 1 – Станина
- 2 – Ползун
- 3 – Тормоз
- 4 – Кривошипный вал
- 5 – Шатун
- 6 – Маховик
- 7 – Муфта
- 8 – Ременная передача
- 9 – Электродвигатель

Элементы 2,4,5 составляют главный исполнительный механизм.

КШМ также оснащается системой смазки и системой управления.

t^0 , m – параметры заготовки
Чем ниже t^0 и выше m , тем выше P_d .

“Классификация КШМ по энергетическим параметрам.”

Периодическая система энерговидов КШМ по видам эффективной энергии.

Число видов энергии	Виды энергии					
	1	2	3	4	5	6
I	$T_{эv}$	$T_{эω}$	$T_{эр}$	$T_{эт}$		
II	$T_{эvω}$	$T_{эvr}$	$T_{эvt}$	$T_{эvr}$	$T_{эωt}$	$T_{эрт}$
III	$T_{эvωp}$	$T_{эvωt}$	$T_{эωpt}$	$T_{эvpt}$		
IV	$T_{эvωpt}$					

$T_{эv}$ – эффективная энергия поступательного движения частей машины.

$T_{эω}$ - энергия вращательного движения маховика

$T_{эp}$ – энергия давления жидкости или газа

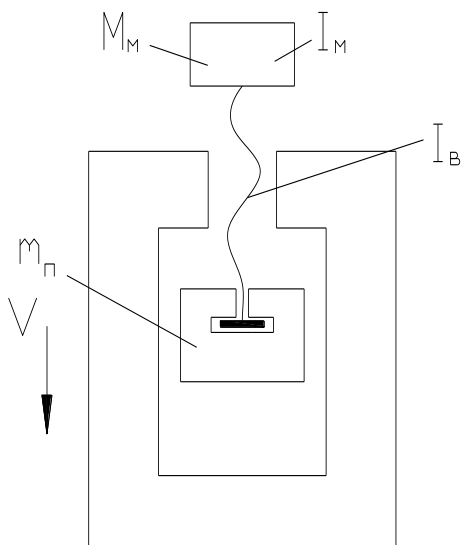
$T_{эт}$ – импульсная энергия

$$T_{эv} = \frac{mv^2}{2} - \text{молоты}$$

$$T_{э\omega} = I \frac{\omega^2}{2} - \text{кривошипные прессы}$$

$T_{эp} = pfs$ – гидравлические прессы и машины с энергией давления газа

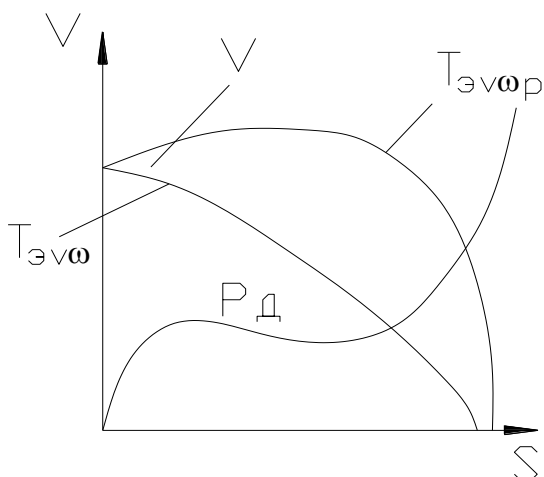
$$T_{эv\omega} = \frac{mv^2}{2} + I \frac{\omega^2}{2} - \text{винтовые прессы}$$



Существующие классы машин:

$T_{эv\omega p}$ – гидровинтовые пресс – молоты

$T_{эv\omega pт}$ – гидровинтовой пресс – молот с импульсом



“Показатели сравнения КШМ.”

Служат для объективной оценки параметров машины.

1. Коэффициент массы машины (является показателем себестоимости машины и ее материалоемкости)

$$K_M = \frac{m_M}{P_{ном}} \left[\frac{кг}{Н} \right] \text{ (должно быть как можно меньше)}$$

m_M – масса машины

$P_{ном}$ – номинальное усилие, развиваемое машиной.

2. Коэффициент эффективной энергии (влияет на себестоимость)

$$K_э = \frac{T_э}{M_э S_m} \left[\frac{кг}{Н} \right] \text{ (должно быть как можно больше)}$$

$T_э$ – эффективная энергия

$M_э$ – масса энергетически активных частей машины

S_m – максимальный ход энергетически активных частей машины

3. Коэффициент энергомассы (влияет на весовой баланс машины и себестоимость, материалоемкость)

$$K_M^э = \frac{M_э}{M_m} \text{ [без размерная]} \text{ (должно быть как можно больше)}$$

4. Коэффициент мощности (влияет на КПД машины, установленную мощность и производительность)

$$K_N = \frac{T_{эh}}{N} \text{ [без размерная]} \text{ (должно быть как можно больше)}$$

n – частота рабочих ходов

N – установленная мощность привода

“Расчетные модели гидравлических и газовых звеньев КШМ.”

$\Delta P = \frac{\Delta V}{V_0} * \chi$ - Закон Гука для жидкости (устанавливает связь между объемом и давлением)

ΔP - изменение давления жидкости

ΔV - изменение объема жидкости

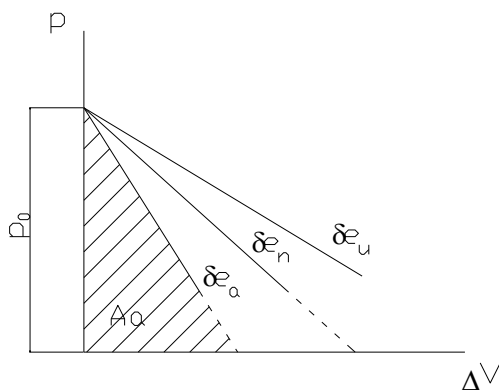
χ - модуль объемной упругости жидкости

При расчетах КШМ χ рассматривается:

1) $\chi_{и}$ – изотермический модуль объемной упругости: полный теплообмен с окружающей средой ($\Delta T=0$)

2) $\chi_{п}$ – политропический модуль: при частичном теплообмене ($\Delta T>0$)

3) $\chi_{а}$ – адиабатический модуль: при полном отсутствии теплообмена ($\Delta T>0$)



$$\chi_{и} < \chi_{п} < \chi_{а}$$

$$P = P_0 - \frac{\Delta V}{V_0} * \chi$$

P_0 - начальное давление жидкости

P – текущее давление

$$\beta = \frac{1}{\chi} - \text{сжимаемость жидкости}$$

Для воды: $\chi_{и} = 2000$ МПа

Для масла: $\chi_{и} = 1800$ Мпа

“Расчетные модели гидравлических звеньев.”

Расчетные модели гидравлических звеньев			
Жидкостное звено			
Идеальное звено	«Вязкое» звено	«Упругое вязкое» звено	Реальное звено
Модели жидкости			
Жидкость невязкая, несжимаемая, нетеплопроводная $\nu = 0; \beta = 0;$ $\Delta T = 0.$	Жидкость вязкая, несжимаемая, нетеплопроводная $\nu > 0; \beta = 0;$ $\Delta T = 0.$	Жидкость вязкая, сжимаемая, нетеплопроводная $\nu > 0; \beta > 0;$ $\Delta T = 0.$	Жидкость вязкая, сжимаемая, теплопроводная $\nu > 0; \beta > 0;$ $\Delta T > 0.$

ν - коэффициент кинематической вязкости

β - сжимаемость жидкости

ΔT – теплопроводность

В расчетах КШМ реальное звено не принимается, т.к. получаются очень сложные расчеты, а идеальное звено не применяется, т.к. дает большие погрешности в расчетах.

“Газовые звенья КШМ. Модели газовых звеньев.”

Принимаются при расчетах машин ударного действия, аккумуляторов.

1.Изотермический процесс: медленно протекающий в КШМ (газостатах)

$$pV^k = \text{const} \quad k=1$$

p – давление; V – объем; k – показатель адиабаты

2.Адиабатический процесс :быстро протекающий без теплообмена с окружающей средой.

$$pV^k = \text{const} \quad k=1,5 \dots 1,6 \text{ – для азота}$$

$$k=1,41 \text{ – для воздуха}$$

3.Политропический процесс: применяется при расчете гидропрессов в насосно-аккумуляторных станциях и в аккумуляторах винтовых прессов.

$$pV^k = \text{const} \quad k=1,3 \dots 1,35$$

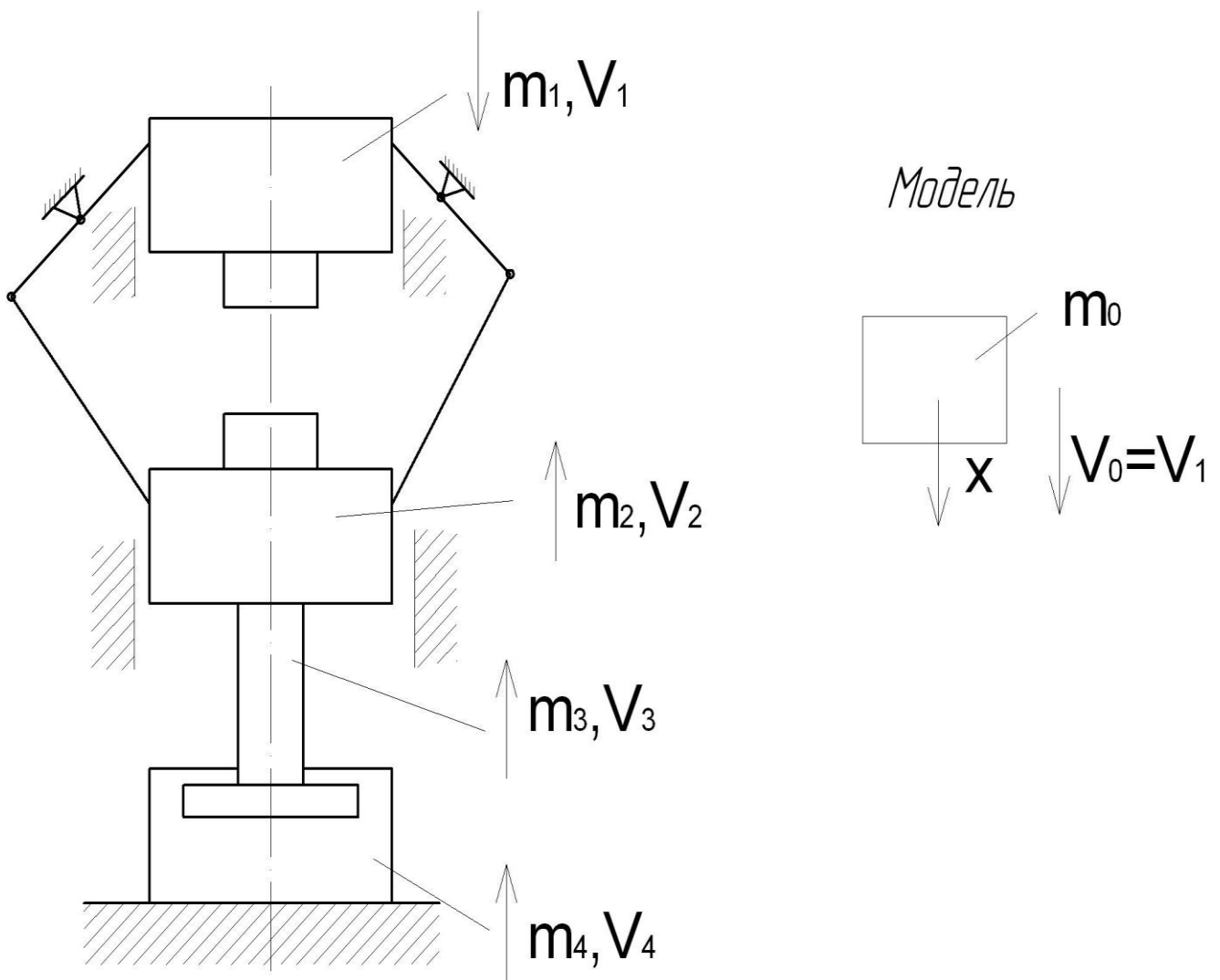
Модели газовых звеньев		
Изотермическая $pV^k=\text{const}; k=1$	Адиабатическая $pV^k=\text{const}; k=1,5\dots1,6$	Политропическая $pV^k=\text{const}; k=1,3\dots1,35$

“Приведение масс и моментов инерции звеньев КШМ.”

При приведении масс и моментов инерции используется закон равенства энергии приводимой и приведенных масс, т.е. закон сохранения энергии.

“Приведение масс звеньев с поступательным движением масс.”

Расчетная схема: бесшаботный молот со встречным движением масс.



m_1, V_1 – масса и скорость верхней бабы

m_2, V_2 – масса и скорость нижней бабы

m_3, V_3 – масса и скорость штока

m_4, V_4 – масса и скорость поршня

m_0 – приведенная масса, характеризует инерционность системы

i – передаточное отношение

$$m_0 \frac{V_0^2}{2} = m_1 \frac{V_1^2}{2} + m_2 \frac{V_2^2}{2} + m_3 \frac{V_3^2}{2} + m_4 \frac{V_4^2}{2}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = i_1; \frac{V_2}{V_0} = i_2; \frac{V_3}{V_0} = i_3; \frac{V_4}{V_0} = i_4$$

$$i_1 = 1$$

$$i_2 = i_3 = i_4 = i$$

$$V_0 = V_1; V_2 = V_1 \cdot i; V_3 = V_1 \cdot i; V_4 = V_1 \cdot i$$

$$m_0 \frac{V_1^2}{2} = m_1 \frac{V_1^2}{2} + m_2 \frac{V_1^2 \cdot i^2}{2} + m_3 \frac{V_1^2 \cdot i^2}{2} + m_4 \frac{V_1^2 \cdot i^2}{2}$$

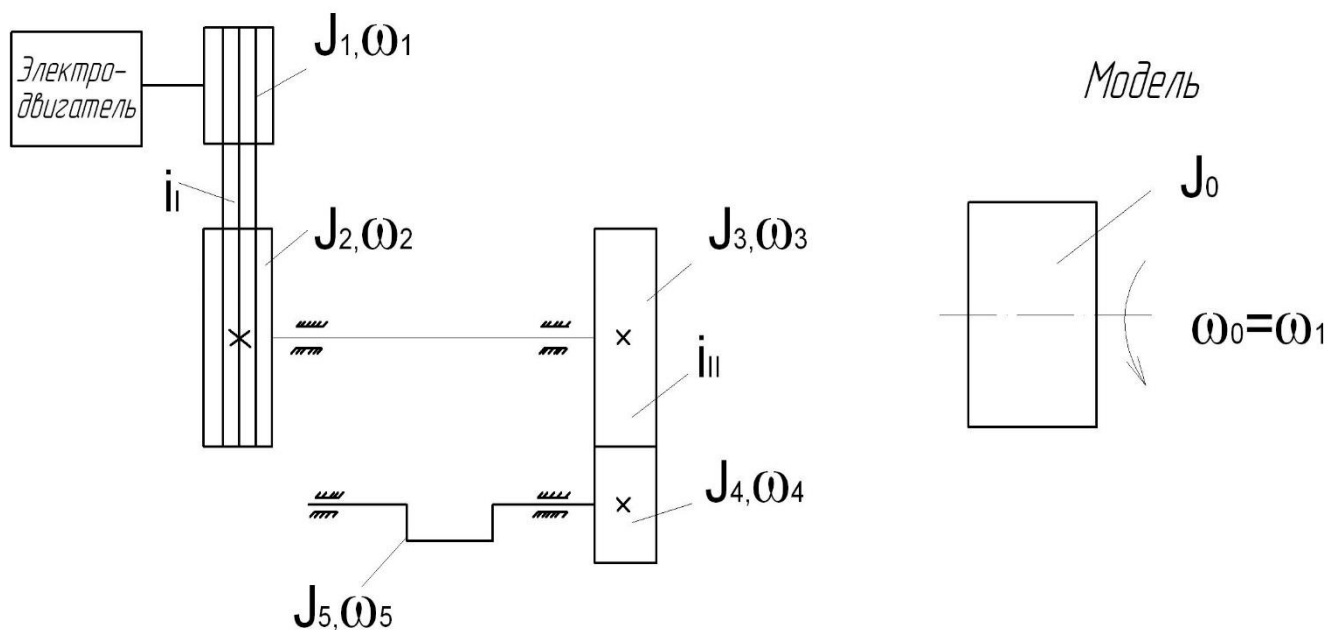
$$m_0 = m_1 + m_2 \cdot i^2 + m_3 \cdot i^2 + m_4 \cdot i^2$$

$$m_0 = m_1 + (m_2 + m_3 + m_4) i^2 - \text{приведенная масса системы}$$

“Приведение моментов инерции звеньев с вращательным движением масс.”

Применительно к приводам кривошипных прессов.

Расчетная схема:



i_I – передаточное отношение между ременной передачей и шкивом

i_{II} – зубчатое передаточное отношение

Приведение вращающихся масс к валу электродвигателя:

Уравнение равенства энергии приводимых и приведенных масс:

$$I_0 \frac{\omega_0^2}{2} = I_1 \frac{\omega_1^2}{2} + I_2 \frac{\omega_2^2}{2} + I_3 \frac{\omega_3^2}{2} + I_4 \frac{\omega_4^2}{2} + I_5 \frac{\omega_5^2}{2}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_0} = i_1; \frac{\omega_2}{\omega_0} = i_2; \frac{\omega_3}{\omega_0} = i_3; \frac{\omega_4}{\omega_0} = i_4; \frac{\omega_5}{\omega_0} = i_5$$

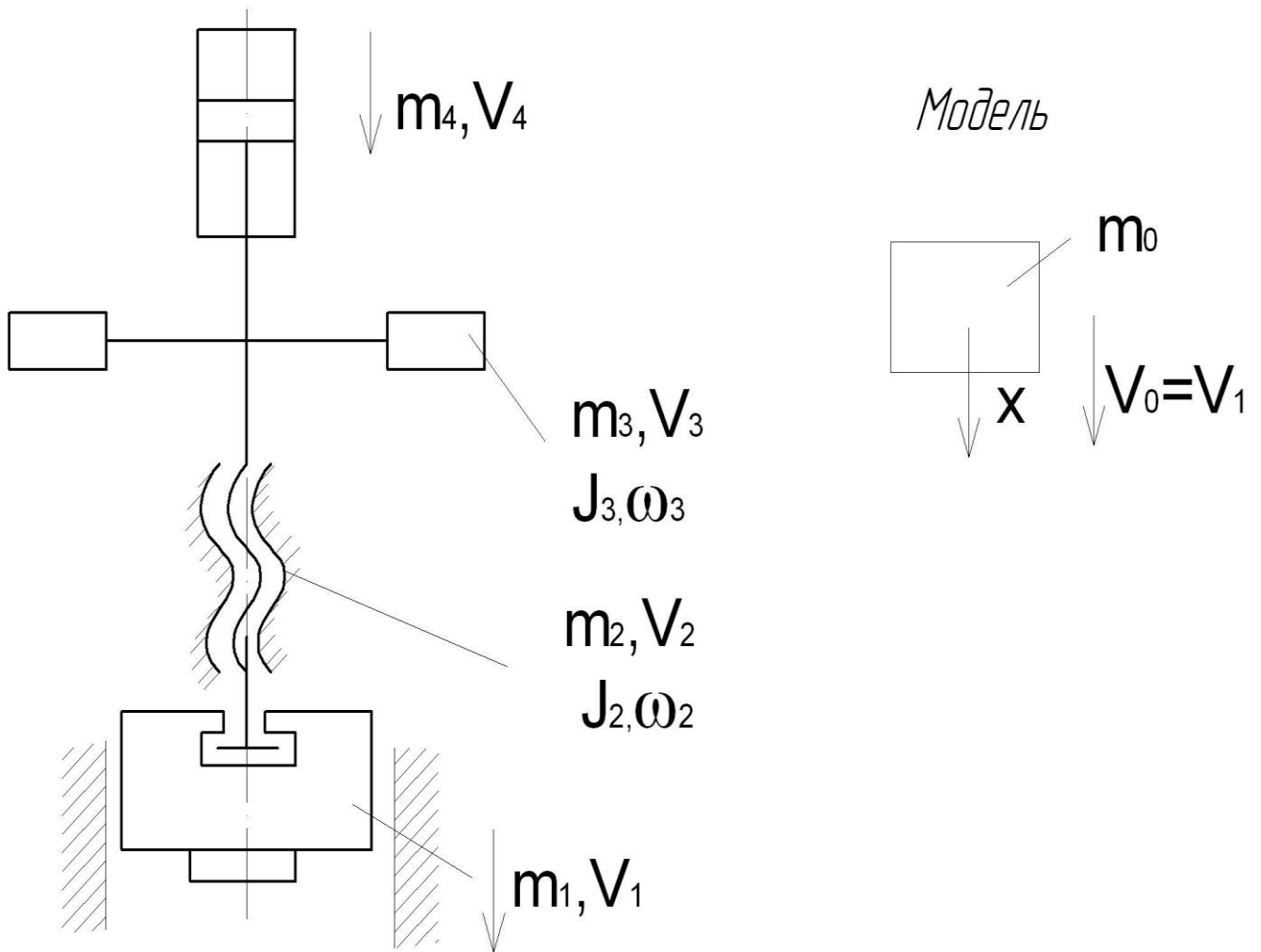
$$i_1 = 1; i_2 = i_I; i_3 = i_I; i_4 = i_I i_{II}; i_5 = i_I i_{II}$$

$$I_0 \frac{\omega_0^2}{2} = I_1 \frac{\omega_1^2}{2} + I_2 \frac{\omega_1^2}{2} i_I^2 + I_3 \frac{\omega_1^2}{2} i_I^2 + I_4 \frac{\omega_1^2}{2} i_I^2 i_{II}^2 + I_5 \frac{\omega_1^2}{2} i_I^2 i_{II}^2$$

$$I_0 = I_1 + (I_2 + I_3) i_I^2 + (I_4 + I_5) i_I^2 i_{II}^2$$

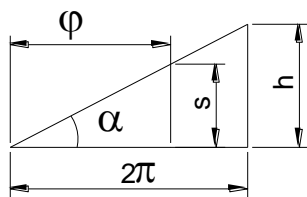
“Приведение масс и моментов инерции звеньев с винтовым движением масс.”

Расчетная схема: винтовой пресс с гидроцилиндровым приводом.



Модель приведения масс и моментов инерции к ползуну:

$$m_0 \frac{V_0^2}{2} = m_1 \frac{V_1^2}{2} + m_2 \frac{V_2^2}{2} + m_3 \frac{V_3^2}{2} + m_4 \frac{V_4^2}{2} + I_2 \frac{\omega_2^2}{2} + I_3 \frac{\omega_3^2}{2}$$



h – ход винта (перемещение винта при повороте на величину угла 2π)

$$\frac{s}{h} = \frac{\varphi}{2\pi} \Rightarrow S = \frac{h}{2\pi} \varphi$$

$a = \frac{h}{2\pi}$ – параметр винтового механизма

$$V = \frac{h}{2\pi} \omega$$

$$m_0 = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + (I_2 + I_3) \left(\frac{2\pi}{h} \right)^2 - \text{приведенная масса}$$

системы прессы

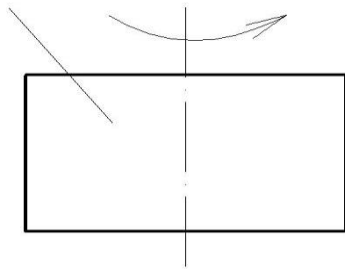
$$m_0 = \sum_1^k m_k + \sum_1^l I_l \left(\frac{1}{a_b} \right)$$

k – число поступательно движущихся масс

l – число вращающихся движущихся масс

Модель приведения движущихся масс к вращающимся:

$$J_0 \quad \omega_0 = \omega_m$$



$$I_0 = I_2 + I_3 + (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \left(\frac{2\pi}{h} \right)^2$$

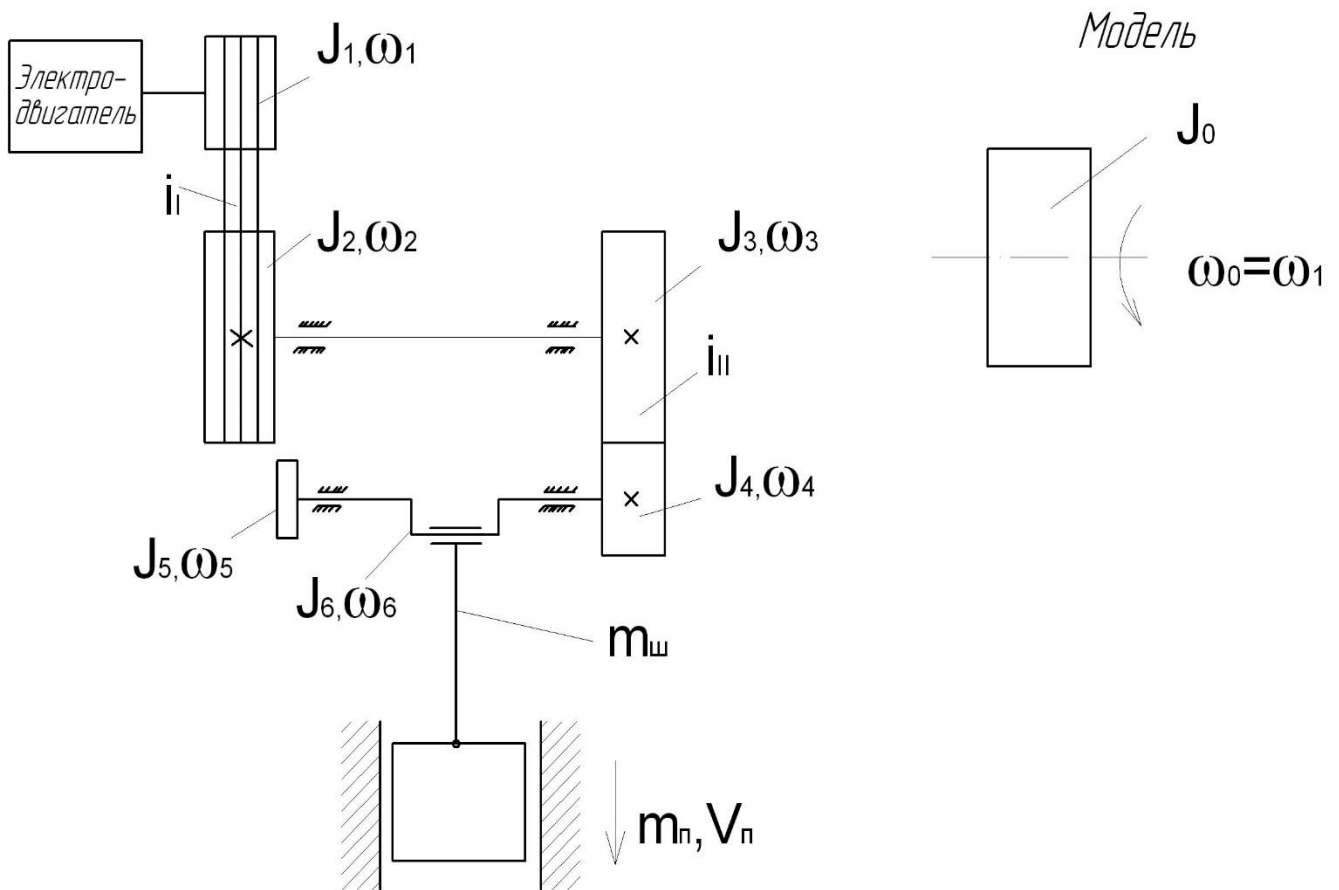
$$I_0 = \sum_1^l I_l + \sum_1^k m_k a_b^2 - \text{приведенный момент инерции системы}$$

“Приведение масс и моментов инерции с поступательным и вращательным движением масс (кривошипные прессы).”

Конструктивная схема прессы

$m_{ш}$ – масса шатуна

$m_{п}$ – масса ползуна



Моменты инерции и угловые скорости элементов:

I_1, ω_1 – двигателя

I_2, ω_2 – ременной передачи

I_3, ω_3 – шестерни

I_4, ω_4 – зубчатого колеса

I_5, ω_5 – тормоза

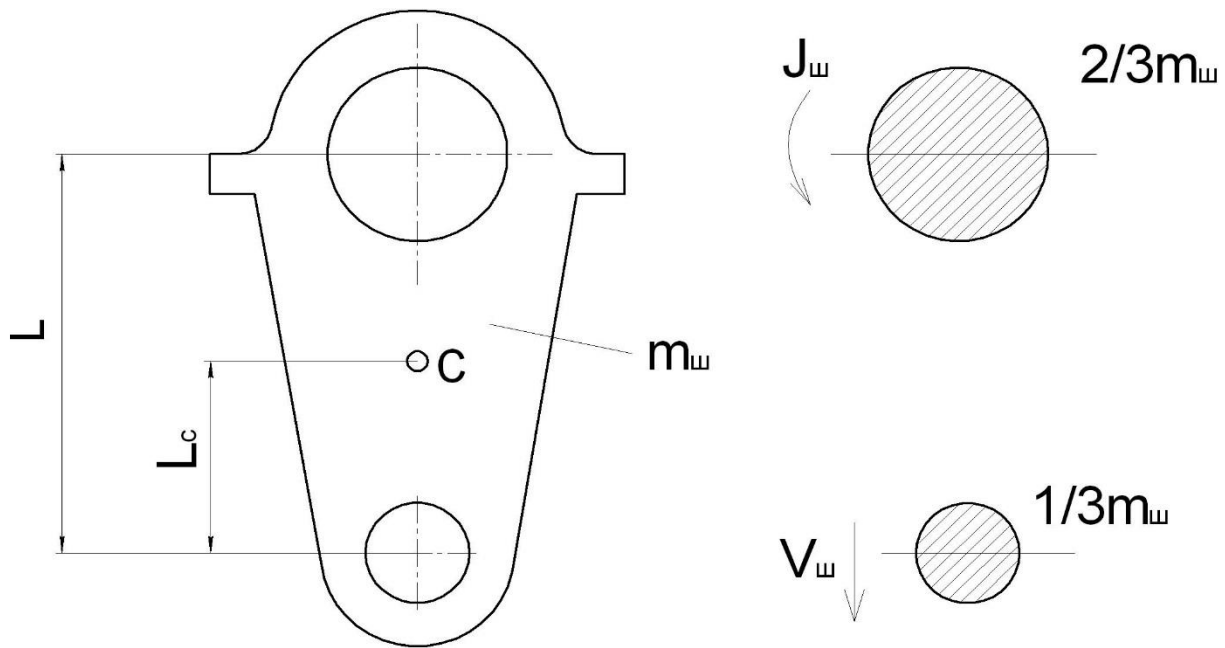
I_6, ω_6 – приводного вала

При расчете принимаем допущения, экспериментально обоснованные:

Верхняя часть – $2/3 m_{ш}$, а нижняя – $1/3 m_{ш}$

Принимается, что приводится момент инерции массы шатуна, составляющей $2/3$ от массы шатуна и приводится масса, составляющая $1/3$ от массы шатуна.

Шатун: L – длина шатуна



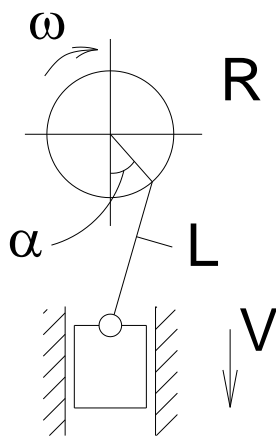
$$I_0 \frac{\omega_0^2}{2} = I_1 \frac{\omega_1^2}{2} + I_2 \frac{\omega_2^2}{2} + I_3 \frac{\omega_3^2}{2} + I_4 \frac{\omega_4^2}{2} + I_5 \frac{\omega_5^2}{2} + I_6 \frac{\omega_6^2}{2}$$

Приведение проводят на основании равенства кинетической энергии приведенных и приводимых частей.

$$I_{ш} \cong \frac{2}{9} m_{ш} L^2$$

Все приводим к угловой скорости, а линейные скорости к скорости ползуна.

Определяем параметр кривошипно-шатунного механизма, устанавливаем связи между линейной скоростью ползуна и угловой скоростью вращения кривошипного вала.



$$\lambda = \frac{R}{L}$$

R – Радиус кривошипа

L – Длина шатуна

$$S = R \left[1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right]$$

$$\frac{dS}{dt} = V = \frac{dS}{d\alpha} \frac{d\alpha}{dt} = \frac{dS}{d\alpha} \omega$$

$$V = \omega R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right)$$

$a_k = R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right)$ – параметр кривошипного механизма

$a_k = \text{var}$

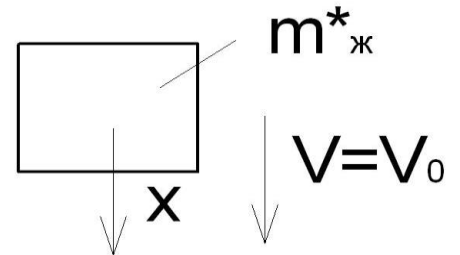
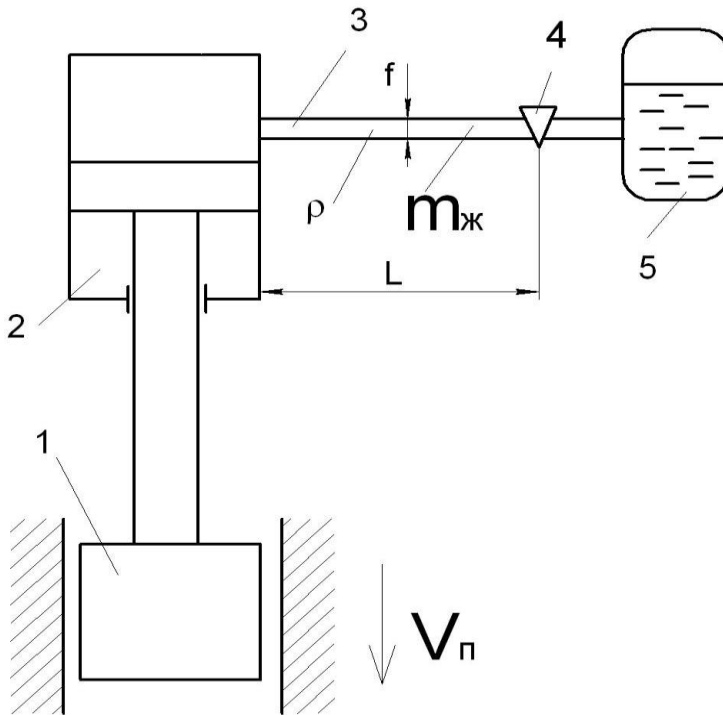
Подставляем i_I и i_{II} , заменяем угловые и линейные скорости, сокращаем:

$$I_0 = I_1 + (I_2 + I_3)i_I^2 + (I_4 + I_5 + I_6 + I_{III})i_I^2 i_{II}^2 + (m_{II} + \frac{m_{III}}{3}) a_k^2 i_I^2 i_{II}^2$$

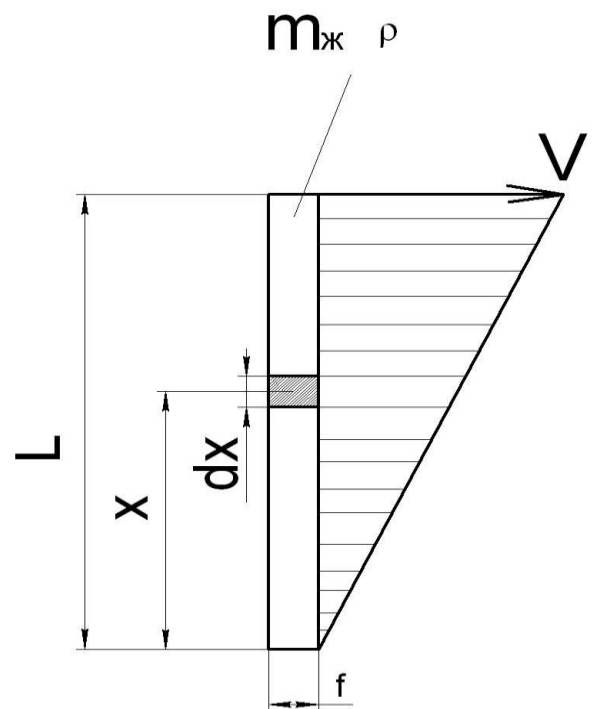
“Приведение масс жидкостных звеньев.”

Жидкость сжимаема и распределена по длине трубопровода.

Модель



Расчетная схема



- 1 – ползун
- 2 – поршень
- 3 – трубопровод
- 4 – клапан
- 5 – гидропневматический аккумулятор

ρ – плотность жидкости
 L – длина трубопровода
 f – площадь трубопровода

Принимаем принцип равенства изменения скорости по длине трубопровода.

$$dm = \rho f dk; V_x = V_0 \frac{x}{l}$$

$$m^* \frac{V_0^2}{2} = \frac{1}{2} \int_0^l \rho f dx \cdot V_0^2 \frac{x}{l^2} =$$

$$\frac{1}{2} \rho f \frac{V_0^2}{l^2} l \int_0^l x^2 dx = \frac{1}{2} \rho f \frac{V_0^2}{l^2} \frac{l^3}{3}$$

$$m^* = \rho l f \frac{1}{3} = \frac{1}{3} m_{\text{ж}}$$

$m_{\text{ж}}$ – масса всей жидкости в трубопроводе

“Приведение масс газовых звеньев.”

Масса газовых звеньев в десятки сотен раз меньше массы твердых и жидких звеньев. Поэтому в КШО принимаем массу газового звена равную 0. В расчетах ей пренебрегаем.