

УДК 621.01

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ ВОЗДУХА ИЗ ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКИ  
УДАРНОЙ МАШИНЫ С МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ.**

*Джуматаев Мурат Садырбекович, д.т.н., директор, Институт машиноведения НАН КР, Кыргызстан, 720055, г.Бишкек, ул. Скрыбина, 23. Тел: 0312-54-11-13, e-mail: djumataev1@rambler.ru*

*Каримбаев Турсунжан Турашевич, к.т.н., в.н.с., Институт машиноведения НАН КР, Кыргызстан, 720055, г.Бишкек, ул.Скрыбина, 23. Тел: 0312-54-11-13, e-mail: t.karimbaev@mail.ru*

*Баялиев Алтынбек Жакыпбекович, к.т.н., с.н.с., Институт машиноведения НАН КР, Кыргызстан, 720055, г.Бишкек, ул.Скрыбина, 23. Тел: 0312-54-11-13, e-mail: bayaliev@bk.ru*

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы моделирования истечения воздуха из воздушной подушки ударной машины с двухкривошипно-ползунным механизмом переменной структуры. Воздушная подушка возникает в камере бойка при ее запирании поводком. Воздух истекает через пространство между бойком и поводком. В результате моделирования определяется требуемая посадка для соединения поводок-боек.

**Ключевые слова:** Механизм переменной структуры, двухкривошипно-ползунный механизм, моделирование, воздух, воздушная подушка, эквивалентное отверстие, поводок-боек, исполнительный орган, ударная нагрузка, динамическая нагрузка.

**MODELING OF THE EXPIRATION OF AIR FROM THE AIRBAG OF THE  
SHOCK MACHINE WITH THE TWOCRANK-ROD MECHANISM OF  
VARIABLE STRUCTURE.**

*Dzhumataev Murat Sadyrbekovich, Doctor of Engineering, director, Institute of engineering science NAS KR, Kyrgyzstan, 720055, c.Bishkek, st.Skriabina, 23. Phone: 0312-54-11-13, e-mail: djumataev1@rambler.ru*

*Karimbaev Tursunjan Turashevich, PhD (Engineering), leading researcher, Institute of engineering science NAS KR, Kyrgyzstan, 720055, c.Bishkek, st.Skriabina, 23. Phone: 0312-54-11-13, e-mail: t.karimbaev@mail.ru*

*Bayaliev Altynbek Zhakypbekovich, PhD (Engineering), senior research associate, Institute of engineering science NAS KR, Kyrgyzstan, 720055, c.Bishkek, st.Skriabina, 23. Phone: 0312-54-11-13, e-mail: bayaliev@bk.ru*

**Annotation.** The questions of modeling of the expiration of air from the airbag of the shock machine with the twocrank-rod mechanism of variable structure are considered in this article. The airbag appear in the camera of hammer block in case of its locking by the lead. Air expires through space between hammer block and a lead. As a result of simulation the required fit for connection a lead- hammer block is defined.

**Keywords:** Mechanism of variable structure, twocrank-rod mechanism, modeling, air, airbag, equivalent opening, lead- hammer block, executive device, shock loading, dynamic loading.

Специалистами Института машиноведения НАН КР предложено в качестве исполнительного органа ударных машин использовать механизмы переменной структуры (МПС) [3-5]. Для снижения динамической нагрузки на привод, возникающей при нанесении ползуном удара по инструменту, предлагается ползун выполнить в виде поводка и бойка, взаимодействующих друг с другом посредством воздушной подушки. Целью данной работы является выбор рациональной посадки для соединения поводок-боек.

Исполнительным органом рассматриваемой ударной машины является двухкривошипно-ползунный механизм переменной структуры. Для снижения динамических нагрузок на привод машины использована воздушная подушка, образуемая в передней 3 (см. рис.1) или задней 4 воздушных полостях бойка 2 при изменении взаимного положения поводка 1 и бойка 2.

Передней или задней торцевыми поверхностями поводок замыкает соответствующие полости, в которых сжимается воздух. На рис.1 передняя воздушная полость замкнута, в ней находится сжатый воздух, а задняя – разомкнута, и в ней находится воздух под атмосферным давлением. При моделировании движения бойка в первом приближении примем, что мощность двигателя привода неограниченна, все звенья абсолютно жесткие, кинематические связи – идеальные, газовые процессы изотермические.

### Выбор эквивалентного отверстия

Взаимодействие поводка и бойка осуществляется посредством воздушной подушки. В исходном положении боек покоится, а поводок движется из крайнего правого положения в сторону инструмента, совершая рабочий ход. При замыкании передней воздушной полости в ней начинает сжиматься воздух.

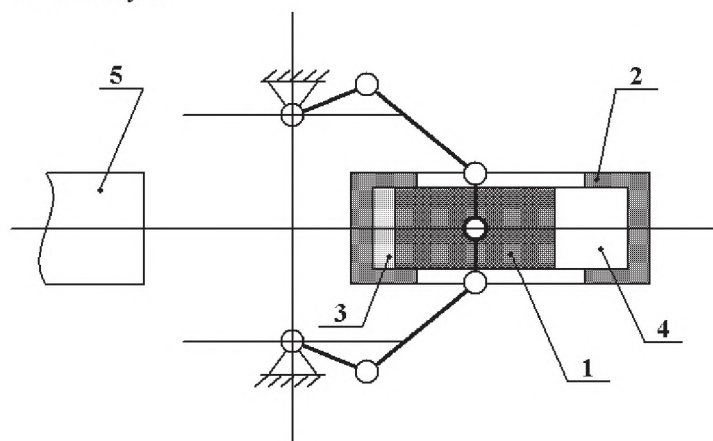


Рис.1. Схема возникновения воздушной подушки при рабочем ходе.

1 – поводок, 2 – боек, 3 – передняя воздушная полость бойка, 4 – задняя воздушная полость бойка, 5 – инструмент.

Учитывая то, что посадка поводка и бойка с зазором (см. рис.2), через зазор между наружной поверхностью поводка и внутренней поверхностью бойка часть воздуха из воздушной подушки начнет выходить в атмосферу.

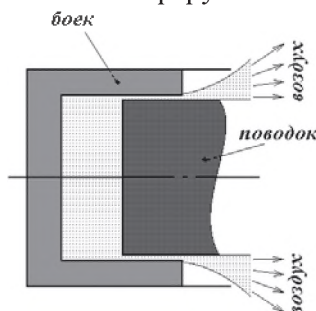


Рис.2. Схема утечки воздуха из воздушной подушки.

Принимая во внимание сравнительно небольшую протяженность образующегося воздушного канала и, соответственно, незначительные потери на трение воздуха об боковые поверхности, заменим этот воздушный канал эквивалентным отверстием в поводке (см. рис.3).

Площадь эквивалентного отверстия должна быть равна площади зазора между поводком и бойком. При изготовлении деталей ударного механизма будет использована система отверстия. При единичном и мелкосерийном производстве разброс действительных размеров будет по нормальному закону, поэтому среднестатистический действительный диаметр отверстия будет определяться следующим образом:

$$D = D_H + \frac{\Delta_{ОВ}}{2}, \tag{1}$$

где:  $D_H$  – номинальный диаметр отверстия;  
 $\Delta_{ОВ}$  – верхнее отклонение отверстия.

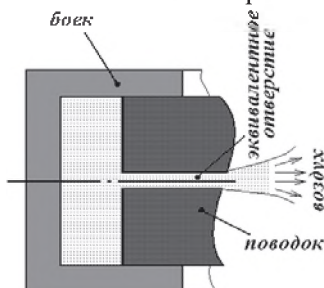


Рис.3. Схема с эквивалентным отверстием.

Для вала имеем.

$$d = d_H + \frac{\Delta_{ВВ} + \Delta_{ВН}}{2}, \tag{2}$$

где:  $d_H$  – номинальный диаметр вала;  
 $\Delta_{ВВ}$  – верхнее отклонение вала;  
 $\Delta_{ВН}$  – нижнее отклонение вала.

Исходя из того, что площадь зазора между поводком и бойком должна быть равна площади эквивалентного отверстия, получим диаметр эквивалентного отверстия.

$$d_э = \sqrt{D^2 - d^2} \tag{3}$$

В таблице 1 приведены примеры диаметров эквивалентных отверстий для некоторых номинальных диаметров и посадок.

Таблица 1

Номинальные диаметры, мм.	Посадки				
	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{d9}$
30	1,20	1,57	2,00	2,09	2,54
40	1,54	2,00	2,56	2,67	3,23
50	1,72	2,24	2,86	2,98	3,61
60	2,03	2,68	3,43	3,57	4,38
70	2,20	2,90	3,70	3,85	4,73
80	2,35	3,10	3,96	4,12	5,06
90	2,70	3,57	4,58	4,76	5,85
100	2,85	3,77	4,83	5,02	6,17

Размеры даны в мм.

**Моделирование истечения воздуха из воздушной полости бойка.**

Воздух в воздушной полости бойка находится под изменяющимся давлением, поэтому истечение воздуха из этой полости имеет сложный характер. При истечении газа из отверстия при постоянном давлении (см. рис.4) массовый расход определяется следующей зависимостью [1]:

$$M = \omega \sqrt{2 \frac{k}{k-1} p_1 \rho_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{2/k} - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{(k+1)/k} \right]}, \quad (6)$$

- где:  $\omega$  - площадь сечения отверстия;
- $p_1, p_2$  - давления в сечениях 1 и 2 соответственно;
- $\rho_1$  - плотность газа в сечении 1;
- $k=c_p / c_v$  - показатель адиабаты;
- $c_p$  - удельная теплоемкость при постоянном давлении;
- $c_v$  - удельная теплоемкость при постоянном объеме;

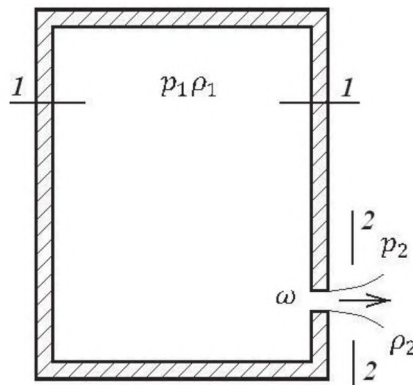


Рис.4. Истечение газа из отверстия в тонкой стенке.

Влияние сжатия струи, скорости на подходе к отверстию, конструктивные особенности выходного отверстия учитываются введением коэффициента расхода  $\mu$  (согласно [2], в данном случае  $\mu=0,76$ ):

$$M = \mu \omega \sqrt{2 \frac{k}{k-1} p_1 \rho_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{2/k} - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{(k+1)/k} \right]} \quad (7)$$

Соотношения (7) позволяет определить массовый расход воздуха из полости бойка, но при постоянном давлении в полости бойка. В ударной машине давление в воздушной подушке интенсивно изменяется, но для инженерных расчетов можно предположить, что давление в воздушной подушке в течение короткого интервала времени остается постоянным.

На основании выше изложенного предлагается параметры воздуха в воздушной полости бойка определять следующим образом. Моменту замыкания воздушной полости и образованию воздушной подушки плотность и давление воздуха в полости равны атмосферному. Масса воздуха в полости в этот момент времени определяется следующим соотношением:

$$m_0 = \frac{p_{\text{атм}} V_0}{R_0 T_0}, \quad (8)$$

- где:  $p_{\text{атм}}$  - атмосферное давление, равное  $1 \cdot 10^5$  Па;
- $V_0$  - начальный объем воздушной полости,  $\text{м}^3$ ;
- $R_0$  - удельная газовая постоянная, для воздуха, равная  $287,14$  Дж/(кг · К);

$T_0$  – абсолютная температура окружающей среды, К.

Соответственно, в начальный момент количество воздуха в воздушной полости бойка равно  $m'_1 = m_0$ .

Для текущего интервала времени определяется коэффициент  $\beta$

$$\beta = \frac{p_{\text{атм}}}{p_1} \quad (9)$$

Далее определим количество вышедшего из воздушной полости воздуха за рассматриваемый интервал времени

$$m = M \cdot \Delta t, \quad (10)$$

где  $\Delta t$  - рассматриваемый интервал времени, с.

Тогда, масса оставшегося в воздушной полости воздуха определится, как

$$m_1 = m'_1 - m \quad (11)$$

Полученное значение массы  $m_1$  будет являться исходным для следующего интервала времени. Зная взаимное положение поводка и бойка, определяем объем воздушной подушки для следующего промежутка времени, затем – соответствующую плотность воздуха в воздушной подушке

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1}, \quad (12)$$

где  $V_1$  – объем воздушной подушки, м<sup>3</sup>  
и давление воздуха в воздушной подушке

$$p_1 = \frac{\rho_1}{R_0 T_{01}} \quad (13)$$

При выходе торцевой поверхности поводка из воздушной полости бойка воздушная подушка исчезает, а исходные параметры воздуха в зоне воздушной полости приравниваются атмосферным.

Следует отметить, что взаимное перемещение поводка и бойка имеет сложный характер. Вследствие утечки воздуха из воздушной подушки и изменения взаимного положения поводка и бойка в работе механизма бывают моменты, когда давление воздуха в воздушной полости бойка оказывается меньше атмосферного. Этот фактор необходимо учитывать при определении направления движения воздушного потока, массы оставшегося в воздушной полости воздуха и направления действующих на боек сил.

### Список литературы

1. А.Д. Альтшуль и др., Гидравлика и аэродинамика, - М.: Стройиздат, 1987 - С. 321-324.
2. В.И.Камицун, Е.В. Дроздов, Основы гидравлики и аэродинамики, - М.: Стройиздат, 1980 - 247 с.
3. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А. Исследование двухкривошипно-ползунных ударных механизмов переменной структуры. Сб. научных трудов Института машиноведения, вып.2, Бишкек, 2000, С.85-90.
4. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Моделирование движения звеньев с учетом зазора между сопрягаемыми поверхностями поводка и бойка. Сб. научных трудов Института машиноведения. Вып.7. Бишкек: Илим, 2010. С. 77-83.
5. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Применение информационных технологий при исследовании динамики ударной машины с двухкривошипно-ползунным механизмом переменной структуры. Вестник КГУСТА. 2011. Т. 1. № 2. С. 102-107.