

УДК 621.657

**А.Н. Круговой, канд. техн. наук, доцент****С.П. Волков, канд. техн. наук, доцент***Севастопольский национальный технический университет**Ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ УДАРНЫХ ПНЕВМОЦИЛИНДРОВ**

*Рассматривается методика выбора рациональных параметров ударных пневмоцилиндров, обеспечивающих необходимое ускорение объектам заданной массы при проведении виброиспытаний.*

При автоматизации виброиспытаний электронных плат в последнее время все больше используется ударный режим работы, при котором на плату передается импульсное воздействие с максимальным ускорением до 1200 g.

В качестве ударного привода применяют электромагниты, либо пневмоцилиндры. Для создания ударного режима работы в электромагнитных приводах требуются значительные токи, что приводит к большим тепловыделениям и необходимости соответствующего теплоотвода. При использовании пневмоцилиндров таких проблем не возникает, а выделяющееся тепло отводится с отработанным воздухом.

В настоящее время на рынке представлено достаточно большое количество вибростендов ударного действия, однако методики их расчета практически отсутствуют.

*Целью работы* является разработка методик, позволяющих определять рациональные параметры ударных пневмоцилиндров, обеспечивающих необходимое ускорение объектам заданной массы.

Скорости ударника и платы после удара можно определить по формулам [1]

$$U_1 = U + k_v(U - V_1);$$

$$U_2 = U + k_v(U - V_2),$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – скорости ударника и платы в начале удара,  $U_1$  и  $U_2$  – скорости в конце удара,  $U$  – скорость обоих элементов конце первого этапа удара, которая равна

$$U = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2}{m_1 + m_2}.$$

Среднее расчетное значение ускорения платы за время удара определяется по формуле  $A_2 = \frac{U_2}{\Delta t}$ , при этом время удара  $\Delta t$  определялось, как длительность первой положительной полуволны ускорения, которая для всех экспериментов оказалась одинаковой и равной 75 мкс. Скорость платы до удара  $V_2 = 0$ , тогда

$$U_2 = U(1 + k_v) = \frac{m_1 V_1}{m_1 + m_2} (1 + k_v).$$

При заданной массе платы  $m_2 = 2,5$  кг значение скорости после удара может быть найдено следующим образом:  $U_2 = A_2 \cdot \Delta t = 1200 \cdot 9,81 \cdot 75 \cdot 10^{-6} = 0,3$  м/с.

Значение коэффициента восстановления скорости  $k_v = 0,85$  было определено экспериментально.

Таким образом

$$0,3 = \frac{m_1 V_1}{m_1 + 2,5} (1 + 0,85) \text{ или } \frac{m_1 V_1}{m_1 + 2,5} = 0,16.$$

График зависимости необходимой скорости  $V_1$  ударного диска перед ударом от его массы  $m_1$  изображен на рисунке 1.

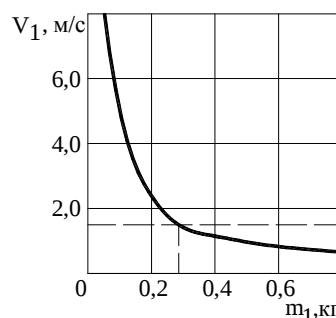


Рисунок 1 – График зависимости необходимой скорости ударного диска от массы подвижных частей

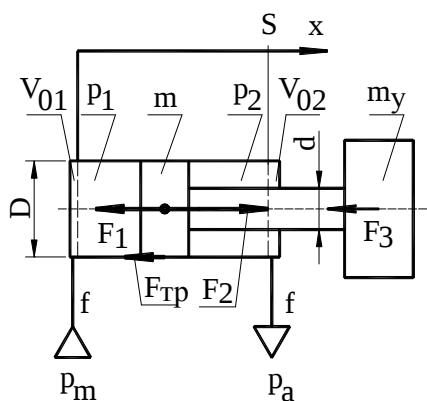


Рисунок 2 – Расчетная схема ударного пневмоцилиндра

Расчетная схема ударного пневмоцилиндра показана на рисунке 2.

В короткоходовых цилиндрах получить скорость более 1,75 м/с практически невозможно, поэтому на рисунке 1 штриховой линией указана область возможных значений массы и скорости.

Динамику пневмоцилиндра можно описать уравнением второго закона Ньютона

$$(m + m_y) \frac{dV}{dt} = F_1 - F_2 - F_{mp} - F_3,$$

где  $m$  – масса подвижных частей пневмоцилиндра;  $m_y$  – масса

ударника,  $V$  – скорость перемещения;  $F_1 = S_1 p_1 = \frac{\pi D^2}{4} p_1$  – усилие, действующее на поршень в бесштоковой полости;

$F_2 = S_2 p_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p_2$  – усилие, действующее на поршень в штоковой полости;  $F_3 = \frac{\pi d^2}{4} p_a$  – атмосферное усилие, действующее на шток;  $F_{mp}$  – сила трения;  $p_1$  – абсолютное давление в бесштоковой полости;  $p_2$  – в штоковой полости;  $p_a$  – атмосферное давление.

Состояние газа в полостях пневмоцилиндра можно описать уравнениями

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{RTG_1 - p_1 S_1 V}{V_{01} + x S_1}; \quad \frac{dp_2}{dt} = - \frac{RTG_2 - p_2 S_2 V}{V_{02} + (S - x) S_2},$$

где  $G_1$  – массовый расход из магистрали в бесштоковую полость;  $G_2$  – расход из штоковой полости в атмосферу;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура воздуха;  $V_{01}$  и  $V_{02}$  – начальные объемы бесштоковой и штоковой полостей;  $x$  – координата;  $S$  – ход пневмоцилиндра.

Массовые расходы в полостях могут быть определены по формулам Сен-Венана Ванцеля:

$$\text{При } p_1 < 0,5 p_m \quad G_1 = \mu f p_m \sqrt{\frac{1}{2RT}};$$

$$\text{при } p_1 > 0,5 p_m \quad G_1 = \mu f p_m \sqrt{\frac{2}{RT} \frac{p_1}{p_m} \left(1 - \frac{p_1}{p_m}\right)};$$

$$\text{При } p_2 > 2 p_a \quad G_2 = \mu f p_2 \sqrt{\frac{1}{2RT}};$$

$$\text{при } p_2 < 2 p_a \quad G_2 = \mu f p_2 \sqrt{\frac{2}{RT} \frac{p_a}{p_2} \left(1 - \frac{p_a}{p_2}\right)}.$$

Здесь  $\mu$  – коэффициент расхода,  $f$  – площадь условного прохода распределителя.

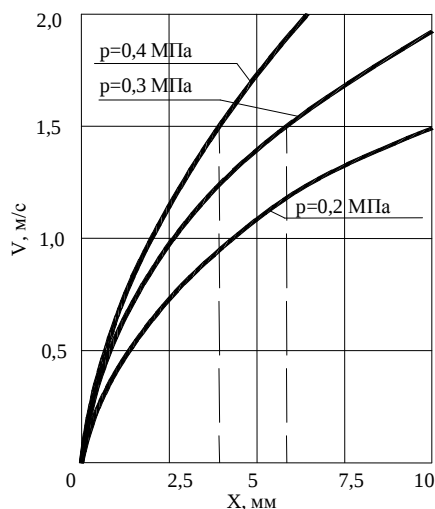


Рисунок 3 – Графики переходных процессов ударного пневмоцилиндра

На рисунке 3 изображены графики зависимости скорости от величины перемещения для короткоходового цилиндра типа ADVU – 32– 10 производства фирмы FESTO при питании от распределителя с диаметром условного прохода 3 мм, различным давлением и суммарной массой подвижных элементов 0,3 кг.

Как видно из графиков, необходимая для удара скорость при давлении 0,2 МПа достигается в конце хода, при 0,3 МПа – на 6 мм и при давлении 0,4 МПа – на 3 мм хода. Поэтому для данного типа пневмоцилиндра было выбрано давление 0,3 МПа.

Подобные расчеты могут быть проведены для любого типа пневмоцилиндров, а также даны рекомендации о необходимой массе ударника и величине хода.

На основании проведенных расчетов был создан экспериментальный стенд (рисунок 4), имеющий каркасную конструкцию, внутри которой с помощью восьми пружин растяжения установлена рамка с ударными сферами.

Рамка имеет универсальные крепления, позволяющие фиксировать платы различных типоразмеров. Удар создается с помощью пневмоцилиндров (рисунок 5), на штоках которых закреплены ударники в виде стальных цилиндров. Энергия удара определяется скоростью ударника в момент его касания с ударными площадками и может регулироваться за счет изменения входного давления с помощью редуктора или за счет дросселирования атмосферных каналов распределителей. Измерительная система состоит из трех вибропреобразователей AP-32, усилителей заряда AP5000/1, блоков питания AS01, выпускаемых ООО ГлобалТест (г. Саров Нижегородской обл.) и цифрового осциллографа Tektronix TPS2024. Средняя чувствительность датчика ускорения с усилителем заряда составляет 2 мВ/г.

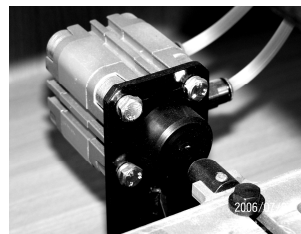
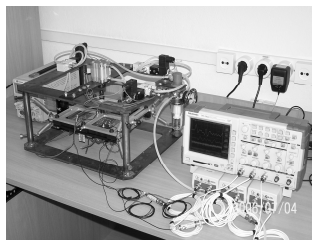


Рисунок 4 – Экспериментальный стенд    Рисунок 5 – Ударный пневмоцилиндр

С помощью экспериментального стенда получены осциллограммы, свидетельствующие о том, что необходимое ускорение 1200 г достигнуто (верхняя кривая на рисунке 6).

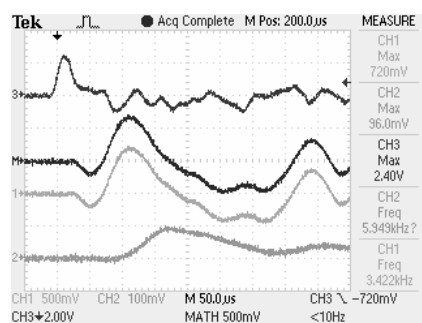


Рисунок 6 – Осциллограммы ускорений

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований была разработана методика, позволяющая определять рациональные параметры ударных пневмоцилиндров, обеспечивающих необходимое ускорение для объекта заданной массы.

В дальнейшем предполагается исследовать динамику элементов платы после удара с целью выработки рекомендаций по разработке оптимальных конструкций.

#### **Библиографический список**

1. Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах в 2 т. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. Т. 2. — М.: Наука, 1972. — 624 с

*Поступила в редакцию 20.04.2007 г.*