

*Канд. техн. наук, доцент Рутковский А. Ю.,  
аспирант Мулов Д. В.,  
аспирант Коробейников Ю. В.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВИБРОЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ РУЧНОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ**

*Запропоновано нову конструкцію віброзахисної системи ручної ударної машини, складена розрахункова схема і проведено аналіз ефективності її використання.*

### **Проблема и её связь с научными и практическими задачами.**

В промышленном производстве широкое применение нашли ручные машины ударного действия: рубильные, клепальные, отбойные молотки и перфораторы. К достоинству этих машин следует отнести простоту конструкции и способность развивать при небольшом весе значительную мощность и энергию удара. Это обеспечивает экономическую целесообразность их применения на многих трудоемких работах, комплексная механизация и автоматизация которых пока либо нерациональна, либо невозможна. Однако повышение мощности с целью увеличения производительности машин данного класса приводит к возрастанию вредного воздействия виброударных нагрузок на человека-оператора и оборудование.

Поэтому проблема совершенствования средств защиты человека-оператора от вибрационных нагрузок при работе ручными машинами ударного действия остаётся актуальной задачей и её решение позволит снизить уровень профессиональной заболеваемости виброболезнью для работников разных отраслей, эксплуатирующих ручные ударные машины.

### **Анализ исследований и публикаций.**

Анализ работ по исследованию ручных машин ударного действия и разработке виброзащитных устройств показывает, что наметилось два основных направления борьбы с вибрацией [1]:

1. Подавление вибрации в источнике её возникновения.
2. Применение средств виброзащиты, которые устанавливаются между корпусом машины и рукояткой, и демптирующих элементов, смягчающих удары корпуса и инструмента и препятствующих возникновению высокочастотных колебаний.

## **Постановка задачи.**

Ставится задача разработки новой конструкции виброзащитной системы ручной ударной машины, позволяющей эффективно снижать вредные воздействия вибрации на организм человека, составления расчетной схемы и проведения предварительного анализа эффективности использования новой конструкции по сравнению с серийно выпускаемыми конструкциями.

## **Изложение материала и результаты.**

Недостатком известных конструкций машин ударного действия, помимо высокого уровня виброударных нагрузок, передаваемых на руки оператора, является низкий коэффициент передачи энергии удара разрушающей среде из-за того, что усилие прижатия инструмента к поверхности изменяется в зависимости от колебаний корпуса, так как именно от колеблющегося корпуса передается инструменту это усилие.

Предложена новая конструкция машины ударного действия с виброзащитной системой, в которой (в отличие от традиционной конструкции), усилие подачи человека-оператора передается через рукоятку не на колеблющийся корпус, а непосредственно от рукоятки, через жесткие тяги и упруго-демптирующий элемент к рабочему инструменту. Это позволяет не только снизить уровень вибрации, воспринимаемой руками оператора от действия колеблющегося корпуса, но и увеличить степень прижатия инструмента к обрабатываемой среде при одновременном снижении резонансных колебаний и импульсных напряжений в деталях машины, возникающих вследствие соударений корпуса и рабочего инструмента и приводящих к преждевременному выходу их из строя.

Схема предложенной новой конструкции ручной машины ударного действия представлена на рис. 1. Конструкция содержит рукоятку 1, жестко соединенную через тяги 3 с фланцем 4, упруго-демптирующие элементы 5 и 6, установленные в месте контакта корпуса 8 с рабочим инструментом 7. Корпус 8 при работе машины имеет возможность совершения продольных колебаний относительно рукоятки 1 и фланца 4. Его перемещения в продольном направлении ограничиваются с одной стороны пружиной 2, расположенной в рукоятке 1, с другой стороны упруго-демптирующим элементом 5, установленным во фланце 4. При данной схеме машины обеспечивается приложение усилия подачи от рук оператора через упруго-демптирующий элемент непосредственно к рабочему инструменту.

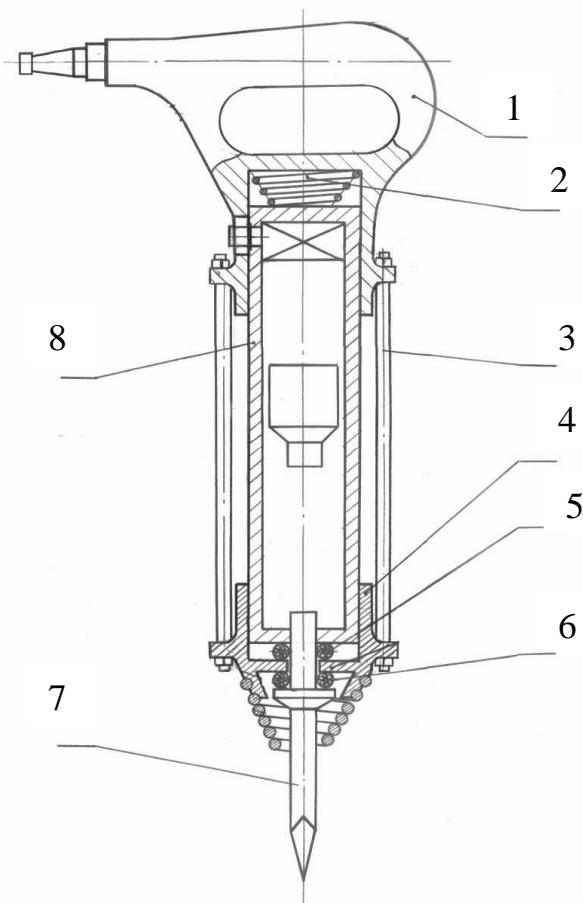


Рисунок 1 – Новая конструкция ручной машины ударного действия

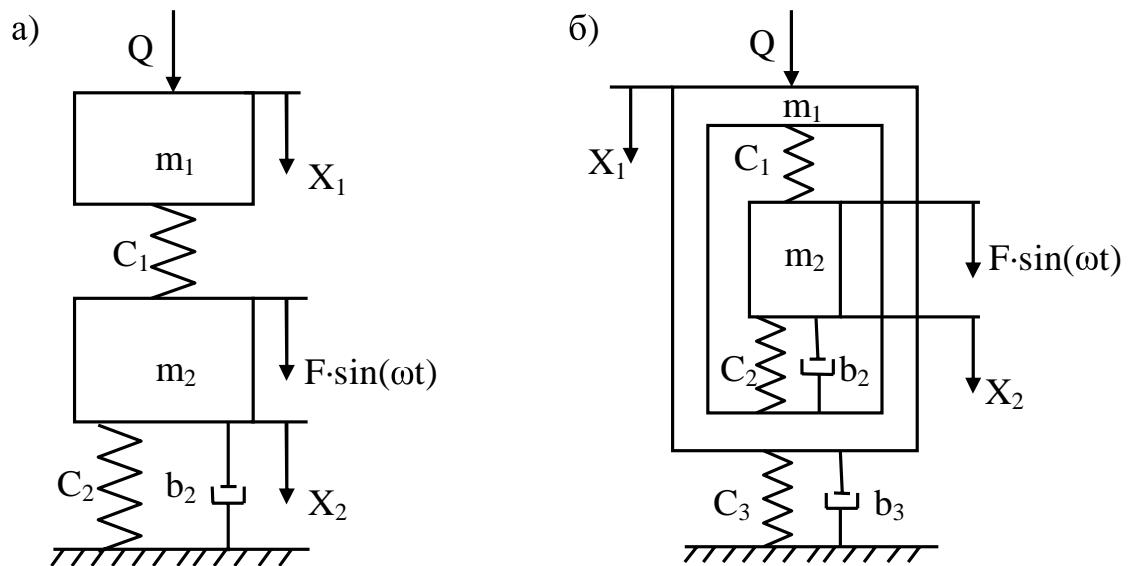


Рисунок 2 – Динамические расчетные схемы ударных машин:

- а) – для серийно выпускаемой конструкции;
- б) – для предлагаемой новой конструкции;

На данную конструкцию ручной машины ударного действия была подана заявка для оформления патента и получено положительное решение [2].

На рис.2 представлены динамические расчетные схемы для традиционной схемы виброизоляции серийно выпускаемой машины ударного действия (рис. 2,а) и машины предложенной конструкции (рис. 2,б).

На схеме:  $x_1, x_2$  - виброперемещения соответственно рукоятки машины и корпуса;

$m_1, m_2$  - массы соответственно рукоятки и корпуса;

$c_1, c_2, c_3$  - жесткость упругих элементов;

$b_2, b_3$  - коэффициенты демпфирования;

$Q$  - сила нажатия человека-оператора на рукоятку;

$F \cdot \sin(\omega \cdot t)$  - возмущающая сила, действующая на корпус, вызванная давлением сжатого воздуха внутри корпуса ударной машины для осуществления возвратно-поступательного движения поршня-ударника;

Для математического описания динамических процессов составлены системы дифференциальных уравнений движения для каждой из принятых схем:

для схемы рис. 2,а

$$\begin{cases} m_1 \cdot \ddot{x}_1 + c_1 \cdot (x_1 - x_2) = Q; \\ m_2 \cdot \ddot{x}_2 + c_2 \cdot x_2 + b_2 \cdot \dot{x}_1 + c_1(x_2 - x_1) = F \cdot \sin(\omega \cdot t); \end{cases} \quad (1)$$

для схемы рис. 2,б

$$\begin{cases} m_1 \cdot \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \cdot (x_2 - x_1) + b_2 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + c_3 \cdot x_1 + b_3 \cdot \dot{x}_1 = Q; \\ m_2 \cdot \ddot{x}_2 + (c_1 + c_2) \cdot (x_2 - x_1) + b_2 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = F \cdot \sin(\omega \cdot t); \end{cases} \quad (2)$$

Решение систем проводилось в среде MathCAD с применением численного метода Рунге-Кутта четвертого порядка с фиксированным шагом интегрирования. Полученные результаты в виде графических зависимостей усилий передаваемых на рукоятку ручной ударной машины от вибрирующего корпуса для варианта с традиционной схемой виброизоляции 2,а и варианта с предлагаемой системой виброзащиты 2,б от времени  $t$  представлены на рис.3.

Значения усилий, передаваемых на рукоятку ударной машины, были рассчитаны исходя из параметров, соответствующих рубильному

молотку типа МР-6. Расчет для представленных на рис.2 схем выполнялся при следующих исходных данных:

$$c_1 = 20000 H \cdot m^{-1}; c_2 = 70000 H \cdot m^{-1}; c_3 = 50000 H \cdot m^{-1}; b_2 = 500 k\pi \cdot c^{-1};$$

$$b_3 = 1000 k\pi \cdot c^{-1}; m_1 = 2 kg; m_2 = 8 kg; Q = 200 H; F = 1500 H;$$

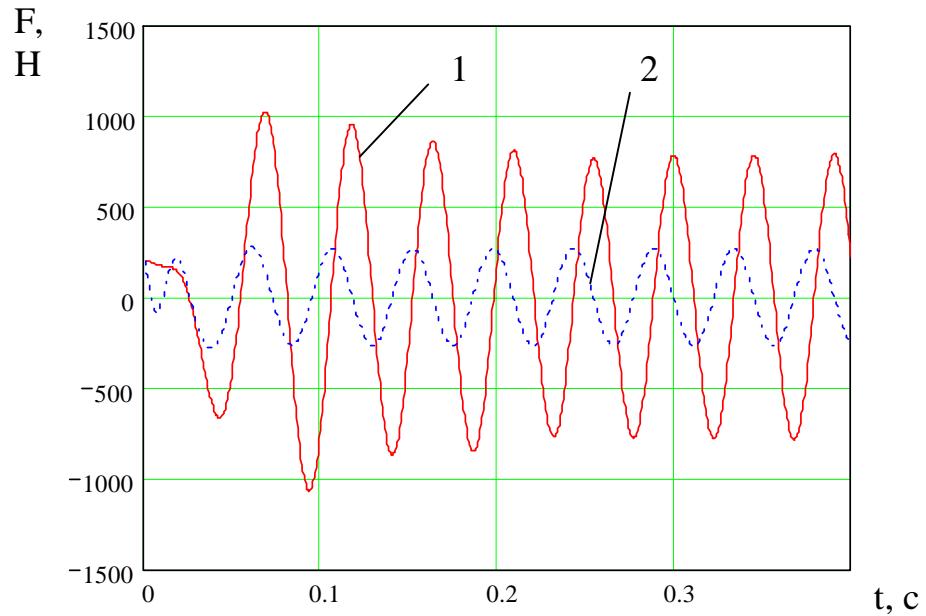


Рисунок 3 – Зависимость усилий передаваемых на рукоятку машины ударного действия от времени  $t$  :  
 1 – для серийно выпускаемой конструкции;  
 2 – для предлагаемой новой конструкции;

Переходный процесс на протяжении 0,2 с от начала движения связан с тем, что в начальный момент времени скорости и смещения масс, входящих в уравнения движений, были приняты равными нулю. Из полученных графиков видно, что при установившихся колебаниях амплитудное значение усилий, передаваемых на рукоятку управления ударной машиной от колеблющегося корпуса при использовании новой конструкции по сравнению с серийно выпускаемой снижается в 3 раза, что говорит о целесообразности применения данной разработки в промышленности.

## **Выводы и направления дальнейших исследований.**

В результате проведенного анализа была установлена возможность снижения уровня усилий при колебаниях ручных ударных машин, действующих со стороны корпуса на рукоятку, за счет применения новой конструктивной схемы. Учитывая, что в последнее время наблюдается тенденция широкого использования ручного ударного инструмента не только в промышленности, но и в быту, внедрение данной конструкции даст весомый социальный эффект за счет снижения уровня вредного воздействия вибрации на организм людей, эксплуатирующих машины ударного действия.

Дальнейшие направления исследований связаны с рассмотрением вопросов оптимизации параметров упруго-демпфирующих элементов и оценке эффективности новой конструкции для передачи ударной энергии обрабатываемой среде.

*Предложена новая конструкция виброзащитной системы ручной ударной машины, составлена расчетная схема и проведён анализ эффективности её использования.*

*The new design of system protection from vibration for the manual machine of shock action is described; the system of the differential equations composed and the analysis of effectiveness a drop of vibration is carried out.*

## **Библиографический список.**

1. Быховский И. И. Основы конструирования виробезопасных ручных машин / И. И. Быховский, Гольдштейн Б. Г. . – М., 1982. – 195 с.
2. Заявка на декларационный патент на полезную модель №200606523, МКИ<sup>7</sup> B25 D17/24. Пневматическая машина ударного действия/ А. Ю. Рутковский, В. А. Сурело, Д. В. Мулов, Ю. В. Коробейников; заявл. 6.09.2006.