

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАБОТЫ РУЧНОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Рутковский А. Ю., канд. техн. наук, Мулов Д. В., аспирант,  
Коробейников Ю. В., аспирант,  
Донбасский государственный технический университет

*Предложена новая конструкция виброзащитной системы ручной ударной машины, составлена расчетная схема, смоделирован рабочий процесс 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.*

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

Широкое применение в промышленном производстве нашли ручные машины ударного действия: рубильные, клепальные, отбойные молотки и перфораторы. Одним из достоинств этих машин является простота конструкции и способность развивать при небольшом весе значительную мощность и энергию удара. 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, и её решение позволит снизить уровень профессиональных заболеваний среди работников различных отраслей, эксплуатирующих машины данного класса.

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

Анализ научно-исследовательских работ в области ручного механизированного инструмента ударного действия и разработке виброзащитных устройств показывает, что перспективным направлением, с точки зрения ограничения вредного влияния вибрации на человека-оператора, является применение средств виброзащиты, которые устанавливаются между корпусом машины и рукояткой, а также демпфирующих элементов, смягчающих удары корпуса и инструмента, и препятствующих возникновению высокочастотных колебаний [1,2].

**Постановка задачі.**

Ставиться задача моделювання робочого процесу ручної ударної машини з новою конструкцією віброзахисної системи і проведення попереднього аналізу ефективності її використання по порівнянню з серійно випускаемими конструкціями.

**Изложение материала и результаты.**

Разроботана нова конструкція машини ударного діяння [3] з віброзахисною системою, в якій усилие подачі человека-оператора передається через рукоятку не на колаблющийся корпус, як в серійно випускаемих машинах, а непосредственно от рукоятки, через жесткие тяги и упруго-демпфирующий элемент к рабочему инструменту. Это позволяет не только снизить уровень вибрации, воспринимаемой руками оператора от действия колаблющегося корпуса, но и увеличить степень прижатия инструмента к обрабатываемой среде при одновременном снижении резонансных колаблюний и импульсных напряжений в деталях машини, возникающих вследствие соударений корпуса и рабочего инструмента и приводящих к преждевременному выходу их из строя.

На рис.1 представлены динамические расчетные схемы для традиционной схемы виброизоляции серійно випускаемой машини ударного діяння (рис. 1,а) и машини предложенной конструкции (рис. 1,б).

На схеме:  $x_1$  и  $x_2$  - виброперемещения соответственно рукоятки машини и корпуса;  $m_1$  и  $m_2$  - массы соответственно рукоятки и корпуса;  $c_1, c_2, c_3$  - жесткость упругих элементов;  $b_1, b_2$  - коэффициенты демпфирования;  $Q$  - суммарная сила, действующая на рукоятку, состоящая из веса рукоятки и силы нажатия человека-оператора;  $F \cdot \sin(\omega \cdot t)$  - возмущающая сила, действующая на корпус, учитывающая вес корпуса и переменную силу давления сжатого воздуха внутри корпуса ударной машини для осуществления возвратно-поступательного движения поршня-ударника;  $\omega$  - частота колаблюний корпуса машини.

Для математического описания динамических процессов работы ударной машини составлены системы дифференциальных уравнений движения для каждой из принятых схем. Решение систем уравнений движения проводилось в среде Simulink пакета Matlab с применением численного метода Рунге-Кутты четвертого порядка с переменным шагом интегрирования.

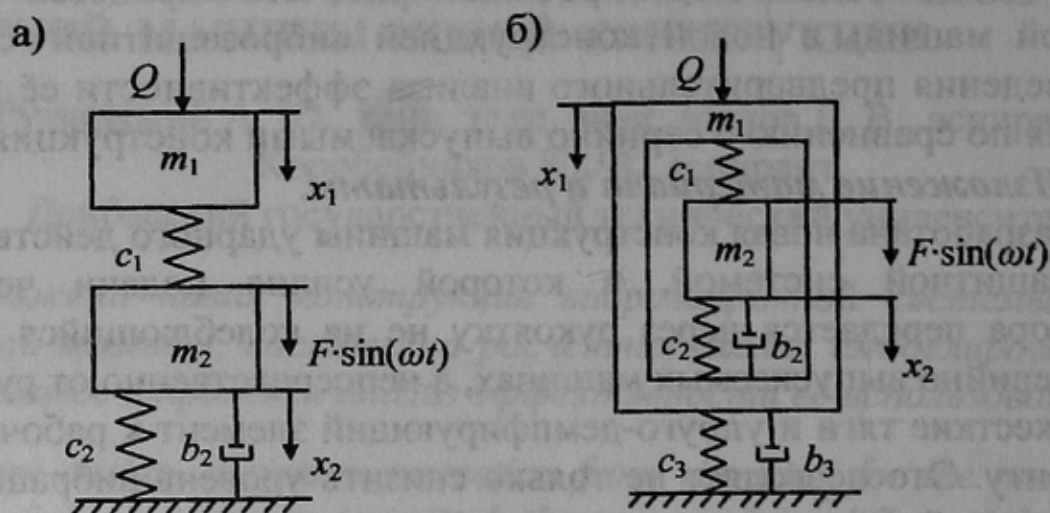


Рисунок 1 – Динамічні розрахункові схеми ударних машин:

а) – для серійно випускаємої конструкції;

б) – для пропонуваної нової конструкції;

Для складання блок-схем рішення систем рівнянь в Simulink представимо їх в вигляді:

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

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 = -1/m_1 \cdot (c_1 \cdot (x_1 - x_2) + c_2 \cdot (x_1 - x_2) + b_2 \times \\ \times (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + c_3 \cdot x_1 + b_3 \cdot \dot{x}_1 - Q); \\ \ddot{x}_2 = -1/m_2 \cdot (c_1 \cdot (x_2 - x_1) + c_2 \cdot (x_2 - x_1) + b_2 \times \\ \times (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - F \cdot \sin(\omega \cdot t)); \end{cases}$$

На рис. 2 і 3 представлені відповідно блок-схеми моделювання процесу роботи машини з традиційною схемою віброізоляції і пропонуваної системою віброзахисту.

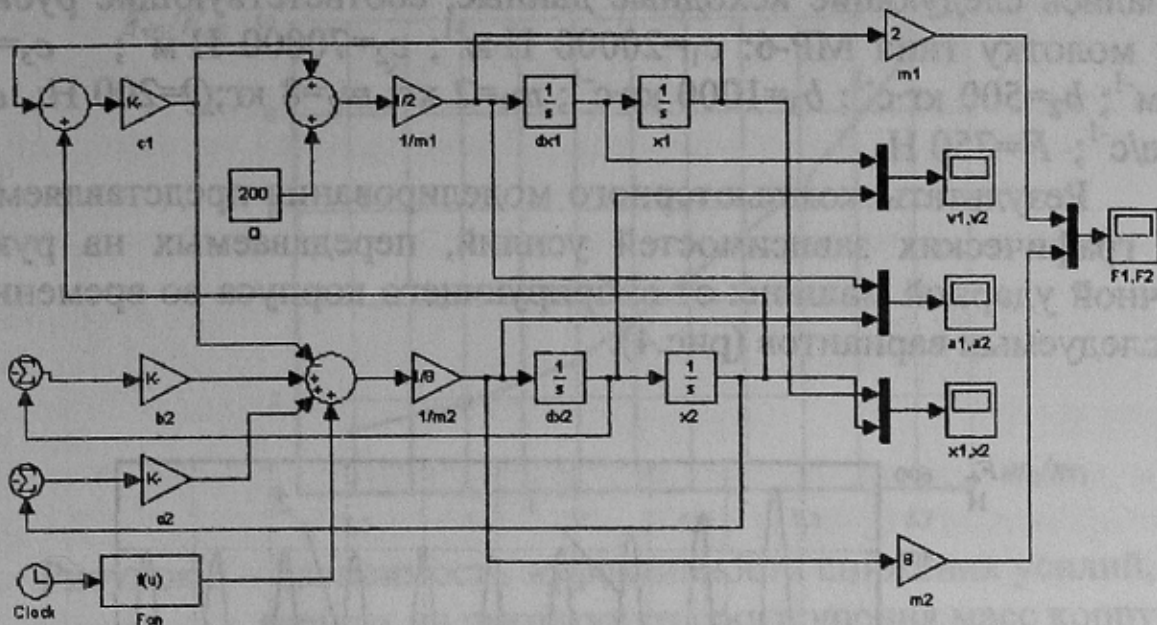


Рисунок 2 – Блок-схема моделювання процесу роботи машини з традиційною схемою віброізоляції в Simulink

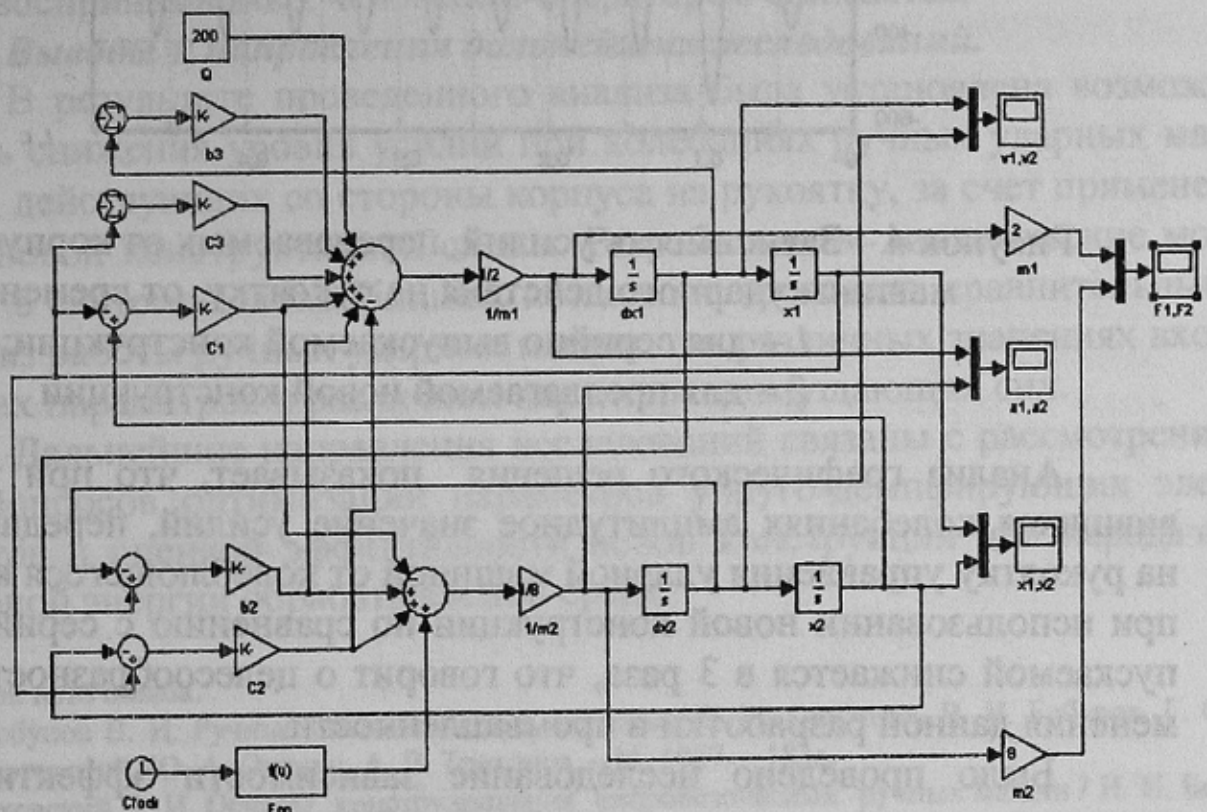


Рисунок 3 – Блок-схема моделювання процесу роботи машини з пропонуваною новою системою віброзахисту в Simulink

Для моделирования процесса работы ударной машины использовались следующие исходные данные, соответствующие рубильно-молотку типа МР-6:  $c_1=20000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ;  $c_2=70000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ;  $c_3=50000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ;  $b_2=500 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ ;  $b_3=1000 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ ;  $m_1=2 \text{ кг}$ ;  $m_2=8 \text{ кг}$ ;  $Q=200 \text{ Н}$ ;  $\omega=138 \text{ рад/с}^{-1}$ ;  $F=750 \text{ Н}$ .

Результаты компьютерного моделирования представляем в виде графических зависимостей усилий, передаваемых на рукоятку ручной ударной машины от вибрирующего корпуса во времени  $t$  для исследуемых вариантов (рис.4).

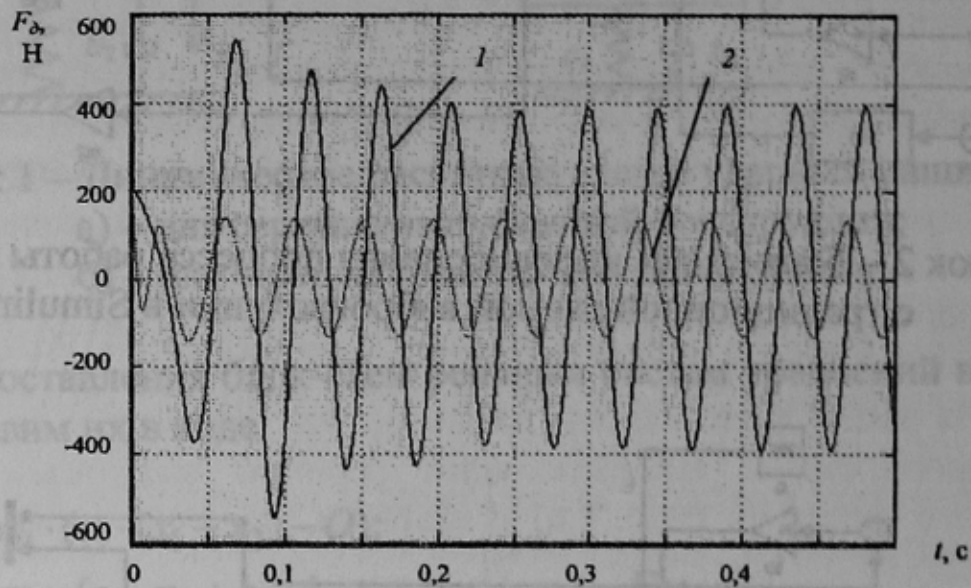


Рисунок 4 – Зависимость усилий, передаваемых от корпуса машины ударного действия на рукоятку, от времени  $t$ :

- 1 – для серийно выпускаемой конструкции;
- 2 – для предлагаемой новой конструкции

Анализ графического решения показывает, 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.

Было проведено исследование зависимости эффективности снижения максимальных значений усилий  $F_{d1}$  и  $F_{d2}$ , передаваемых на рукоятку ручной ударной машины для существующей системы виброзащиты и предлагаемой новой, от соотношения масс корпуса  $m_2$  и рукоятки  $m_1$  (см. рис.5).

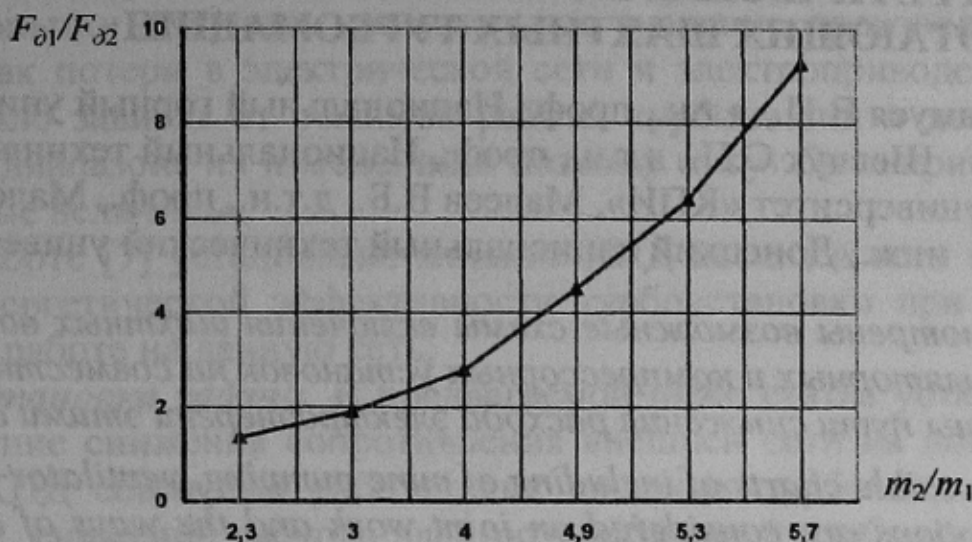


Рисунок 5 – Залежність ефективності зниження зусиль, передаваних на рукоятку від відношення мас корпусу машини  $m_2$  і рукоятки  $m_1$

При збільшенні відношення між масами корпусу машини і рукоятки величина зусиль, передаваних на рукоятку, і як наслідок, сприймаємих людиною-оператором зменшується.

#### **Висновки і напрями подальших досліджень.**

В результаті проведеного аналізу була встановлена можливість зменшення рівня зусиль при коливаннях ручних ударних машин, діючих з боку корпусу на рукоятку, за рахунок застосування нової конструктивної схеми. Розроблені динамічні моделі в системі Matlab/Simulink дозволяють проводити порівняльний аналіз роботи ручних ударних машин при різних значеннях входять параметрів і різному характері збурюючих сил.

Подальші напрями досліджень пов'язані з розглядом питань оптимізації параметрів пружно-демпфуючих елементів і оцінкою ефективності нової конструкції для передачі ударної енергії оброблюваній середі.

#### **Список джерел.**

1. Горбунов В. И. Ручные пневматические машины / В. И. Горбунов, В. И. Бабуров, Г. С. Жартовский, Ю. А. Опарин, А. В. Триханов. – М., 1967. – 183 с.
2. Быховский И. И. Основы конструирования вибробезопасных ручных машин / И. И. Быховский, И. Г. Гольдштейн – М., 1982. – 195 с.
3. Заявка на декларационный патент на полезную модель №200606523, МКИ<sup>7</sup> В25 D 17/24. Пневматическая машина ударного действия/ А. Ю. Рутковский, В. А. Сурело, Д. В. Мулов, Ю. В. Коробейников; заявл. 6.09.2006.

Дата поступления статьи в редакцию: 24.10.06