

О. Ю. Рутковський, Донбаський державний технічний університет

Д. В. Мулов, Донбаський державний технічний університет

Ю. В. Коробейников, Донбаський державний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОЗАХИСНОЇ СИСТЕМИ РУЧНОЇ УДАРНОЇ МАШИНИ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Рутковський О. Ю., Мулов Д. В., Коробейников Ю. В.

Оптимізація параметрів віброзахисної системи ручної ударної машини нової конструкції

Визначено оптимальні параметри пружно-демпфірувальних елементів конструкції запропонованої віброзахисної системи ручної ударної машини і проведено аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: віброзахисна система, жорсткість, демпфування.

Рутковский А. Ю., Мулов Д. В., Коробейников Ю. В.

Оптимизация параметров виброзащитной системы ручной ударной машины новой конструкции.

Определены оптимальные параметры упруго-демпфирующих элементов конструкции предложенной виброзащитной системы ручной ударной машины и проведён анализ полученных результатов.

Ключевые слова: виброзащитная система, жесткость, демпфирование.

Ручні машини ударної дії знайшли широке застосування в промисловому виробництві. Однак істотним недоліком машин даного класу є високий рівень вібраційних навантажень, які передаються на людину-оператора при роботі та можуть привести до виникнення професійних захворювань вібраційною хворобою. Для зниження шкідливого впливу вібрації на організм оператора до рівня державних санітарних норм (ДСН 3.3.6.039-99) запропонована нова конструкція ручної ударної машини [1], яка наведена на рис.1.

До конструкції ручної машини входить рукоятка 1, яка жорстко з'єднана тягою 3 з фланцем 4, та пружно-демпфуючі елементи 5 та 6, які встановлені в

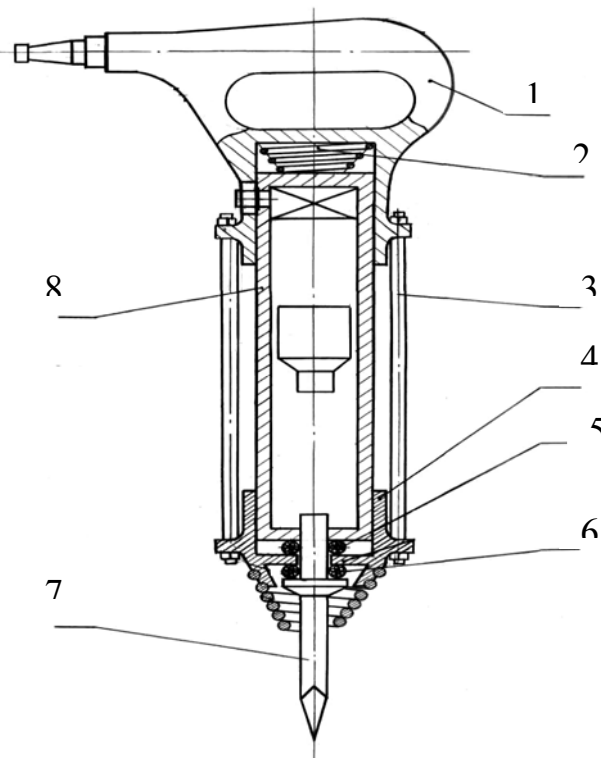


Рис. 1. Нова конструкція ручної машини ударної дії

місці контакту корпусу 8 з робочим інструментом 7. Переміщення корпусу в подовжньому напрямку обмежується з однієї сторони пружиною 2, з другої сторони пружно-демпфуючим елементом 5, розташованим в фланці 4.

У роботі [2] в наслідок проведеного аналізу була встановлена можливість за рахунок застосування нової конструктивної схеми забезпечити зниження рівня зусиль, які діють з боку корпусу машини, що коливається, на рукоятку управління ударної машини. Ефективність зниження віброударних навантажень при використанні запропонованої системи віброзахисту значною мірою визначається параметрами пружно-демпфуючих елементів, що входять до її конструкції. Для досягнення максимально можливої ефективності зниження динамічних зусиль з боку корпусу на рукоятку і, як наслідок, на людину-оператора, необхідно виконати оптимізацію параметрів пружно-демпфуючих елементів віброзахисної системи ручної ударної машини.

У загальному вигляді задача оптимізації може бути сформульована таким чином: знайти оптимальні значення конструктивних параметрів віброзахисної

системи, при яких досягається мінімум передачі динамічних зусиль від віброуючого корпусу машини на рукоятку управління з урахуванням функціональних і параметричних обмежень.

Параметри віброзахисної системи, які потребують оптимізації: C_1 – жорсткість пружного елемента, встановленого між рукояткою управління і корпусом ударної машини; C_2, C_3, B_2, B_3 – жорсткості та коефіцієнти демпфірування пружних елементів, встановлених у місці контакту корпусу машини і робочого інструмента; m_1 – маса рукоятки з тягами і фланцем; m_2 – маса корпусу ручної ударної машини. Для дослідження простору параметрів і визначення їхніх оптимальних значень була розроблена блок-схема алгоритму, яка представлена на рис. 2.

Функціональні умови, що обмежують: максимально можлива віброшвидкість рукоятки управління V_{1MAX} та максимально можлива віброшвидкість корпусу ударної машини V_{2MAX} , які не повинні перевищувати санітарні норми.

Межі змінювання параметрів пружно-демпфуючих елементів:

- коефіцієнтів жорсткості:

$$C_1 = 10\,000 \div 30\,000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1};$$

$$C_2 = 30\,000 \div 100\,000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1};$$

$$C_3 = 10\,000 \div 100\,000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1};$$

- коефіцієнти демпфірування:

$$B_2 = 100 \div 1000 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1};$$

$$B_3 = 100 \div 1000 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1};$$

- маси рукоятки з тягами і фланцем:

$$m_1 = 1 \div 3 \text{ кг};$$

- маса корпусу:

$$m_2 = 7 \div 8 \text{ кг}.$$

На початку роботи програми передбачається введення значень зусилля натискання оператором на рукоятку Q і сили F , що збуджує коливання корпусу

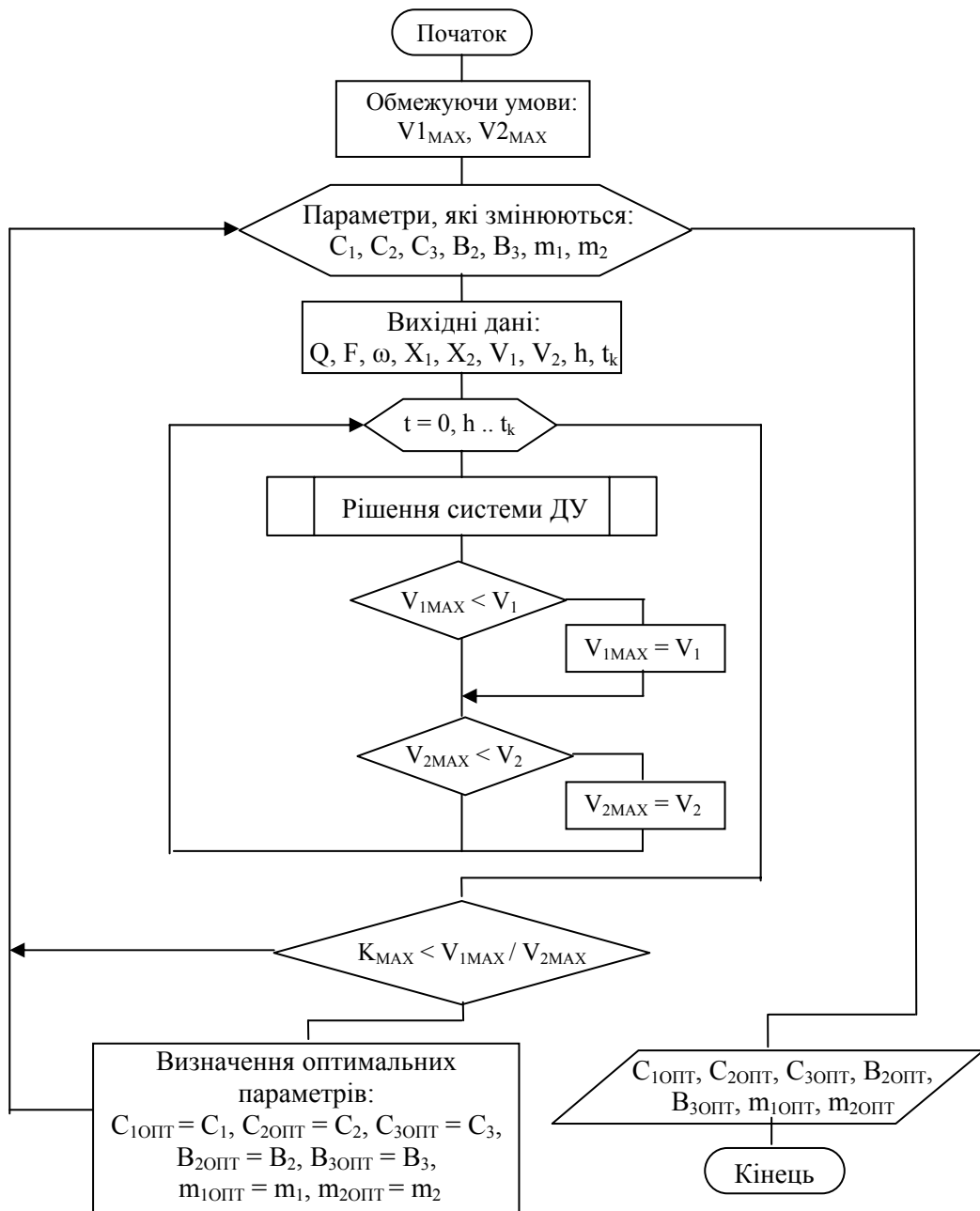


Рис. 2. Блок-схема алгоритму визначення оптимальних параметрів віброзахисної системи

з частотою ω , а також початкових умов: початкового положення маси m_1 – X_1 ; початкового положення маси m_2 – X_2 ; початкової швидкості маси m_1 – V_1 ; початкової швидкості маси m_2 – V_2 ; крок зміни за часом – h , кінцевий момент часу – t_k .

Після вводу усіх вихідних даних встановлюються значення першої групи параметрів: $C_1, C_2, C_3, B_2, B_3, m_1, m_2$, та визначаються значення віброшвидкості рукоятки керування V_1 і віброшвидкості корпусу машини V_2 у момент часу t . Цей етап реалізується шляхом розрахунку системи диференціальних рівнянь руху ударної машини (1):

$$\begin{cases} \ddot{X}_1 = -1/m_1 \cdot ((C_1 + C_2) \cdot (X_1 - X_2) + B_2 \cdot (\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + C_3 \cdot X_1 + B_3 \cdot \dot{X}_1 - Q); \\ \ddot{X}_2 = -1/m_2 \cdot ((C_1 + C_2) \cdot (X_2 - X_1) + B_2 \cdot (\dot{X}_2 - \dot{X}_1) - F \cdot \sin(\omega \cdot t)); \end{cases} \quad (1)$$

Для отримання максимальних значень віброшвидкості V_1 та V_2 система рівнянь (1) розраховується циклічно для кожного моменту часу t з кроком h , доки не буде досягнутий кінцевий момент t_k . Отримані на кожному кроці значення V_1 та V_2 порівнюються з попередньо знайденими максимальними значеннями, і якщо умови $V_{1MAX} < V_1$ та $V_{2MAX} < V_2$ виконуються, то відбувається присвоювання поточних значень віброшвидкостей максимальним.

Таким чином відбувається процес пошуку максимальних значень віброшвидкості рукоятки і корпусу для однієї групи параметрів: $C_1, C_2, C_3, B_2, B_3, m_1, m_2$, для якої визначається коефіцієнт передачі віброшвидкості $K_{MAX} = V_{1MAX}/V_{2MAX}$.

Цільовою функцією процесу оптимізації виступає умова мінімізації коефіцієнта передачі віброшвидкості K_{MAX} . Для цього в програмі передбачене поетапне зондування простору параметрів: $C_1, C_2, C_3, B_2, B_3, m_1, m_2$, значення яких автоматично змінюється в програмі після закінчення чергових циклічних обчислень, та вибираються нові в межах функціональних та параметричних обмежень. Наприкінці роботи програми встановлюються такі оптимальні значення параметрів, при яких $K_{MAX} \rightarrow \min$.

Вище викладений алгоритм реалізований на мові програмування Turbo Pascal. В результаті проведеного розрахунку були отримані наступні оптимальні значення конструктивних параметрів віброзахисної системи: $C_1=10000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$; $C_2=30000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$; $C_3=10000 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$; $B_2=100 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$; $B_3=500 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$; $m_1=1 \text{ кг}$; $m_2=7 \text{ кг}$.

Для порівняння двох конструктивних схем віброзахисних систем молотка для рубки: яка випускається серійно і нової запропонованої конструкції зі знайденими оптимальними значеннями параметрів, були розроблені блок-схеми, що моделюють роботу ударних машин в системі Matlab/Simulink, наведені на рис. 3 і рис. 4.

Під час комп'ютерного моделювання на екрани осцилографів виводяться зусилля, прискорення, швидкості і переміщення мас розглянутих конструкцій віброзахисних систем. Результати моделювання наведені в таблиці 1.

Аналіз отриманих результатів показує, що застосування ударної машини з новою віброзахисною системою та отриманими оптимальними параметрами пружно-демпфіруючих елементів забезпечує зниження динамічних навантажень, що передаються на рукоятку управління від корпусу машини, що коливається: рівень прискорення, що передається на рукоятку, знизився на 28%, віброшвидкості - на 30%. Найбільшого зниження досягає рівень зусиль, переданих на рукоятку від віброуючого корпусу, що складає 84%.

У результаті проведеного аналізу був досягнутий мінімальний рівень вібрації рукоятки керування ручної ударної машини за рахунок оптимізації конструктивних параметрів пропонованої віброзахисної системи.

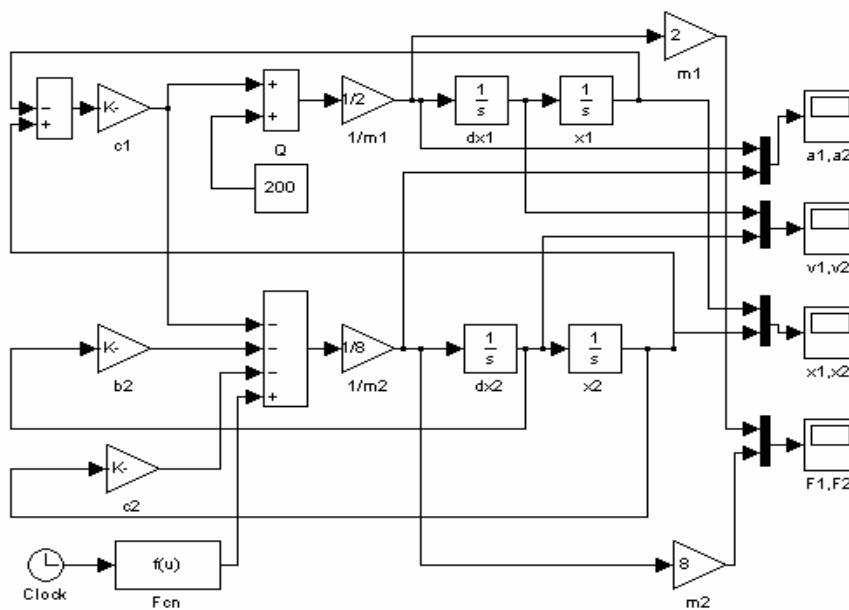


Рис. 3. Блок-схема моделювання роботи серійної конструкції ручної машини ударної дії

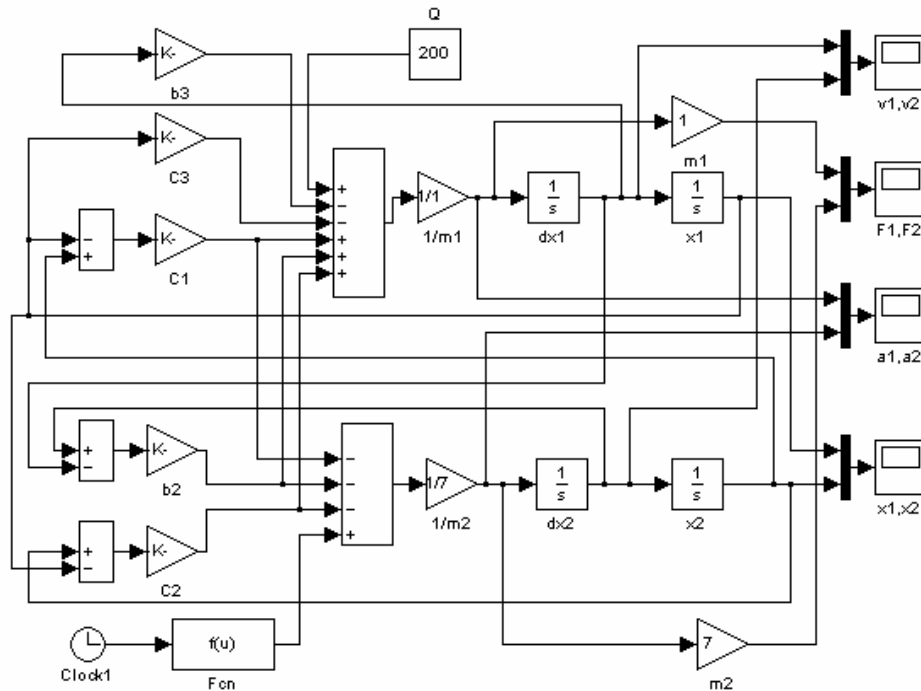


Рис. 4. Блок-схема моделювання роботи ударної машини з запропонованою віброзахисною системою

Таблиця 1

Результати моделювання ручних ударних машин досліджуваних конструктивних схем

Параметри	Вихідний варіант конструкції	Пропонована конструкція з оптимальними параметрами
Швидкість v , м/с:		
корпус	1,31	0,92
рукоятка	1,43	0,44
Прискорення a , м/с ² :		
корпус	180	127
рукоятка	195	60
Зусилля F , Н:		
корпус	1450	890
рукоятка	395	63

Розроблені динамічні моделі в системі Matlab/Simulink дозволяють проводити порівняльний аналіз роботи ручних ударних машин при різних значеннях вхідних параметрів і різному характері сил, що визначають коливання корпусу машини.

Подальші напрямки досліджень пов'язані з розглядом питань відносно оцінки ефективності нової конструкції для передачі ударної енергії середовищу, що оброблюється.

Література

1. Патент 19365 Україна, МПК⁷ В 25 D 17/24. Пневматична машина ударної дії / О. Ю. Рутковський, В. О. Сурело, Д. В. Мулов; заявник і патентовласник Донбас. держ. техніч. ун-т. - №200606523; заявл. 13.06.06; опубл. 15.12.06, Бюл. №12 – 3 с.: іл.

2. Рутковский А. Ю. Моделирование динамики работы ручной ударной машины новой конструкции. / А. Ю. Рутковский, Д. В. Мулов, Ю. В. Коробейников // Труды международной научно-технической конференции «Горная энергомеханика и автоматика». – Донецк: ДонНТУ, 2006. – С. 128-134.

Rutkovsky A. U., Mulov D. V., Korobeynikov U. V.

Optimization of parameters of system protection from vibration for the manual machine of shock action of a new construction.

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.

Key words: vibrations, protection system, inflexibility, damping.

Відомості про авторів

Рутковський Олександр Юрієвич – кандидат технічних наук, доцент кафедри "Гірнична енергомеханіка і обладнання" Донбаського державного технічного університету.

Мулов Дмитро Валерійович – аспірант кафедри "Гірнична енергомеханіка і обладнання" Донбаського державного технічного університету.

Коробейников Юрій Володимирович – аспірант кафедри "Гірнична енергомеханіка і обладнання" Донбаського державного технічного університету.