СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ГУТЬКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 621.974.1-9/088.8/

ПІДШАБОТНА ВІБРОІЗОЛЯЦІЯ КУВАЛЬНИХ МОЛОТІВ

05.03.05 - Процеси та машини обробки тиском

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Луганськ, 1994

Робота виконана у Східноукраїнському держаному університеті на кафедрі "Машини та технологія обробки металів тиском" механіко-технологічного факультету.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор Рей Р.І.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор Роганов Л.Л.
кандидат технічних наук, доцент Сумской В.І.

Провідне підприємство - АП "Лугцентрокуз".

Захист відбудеться "29" червня 1994р. у 12 00 годин на засіданні спеціалізованої ради у Східноукраїнському державному університеті за адресою: 348034, м.Луганськ, квартал Молодіжний, 20-а. Довідки за телефоном: /0642/ 46-67-88.

Спеціалізована рада К 068.44.02.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Східноукраїнського державного університету.

Автореферат розіслано "27" травня 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради ,
кандидат технічних наук Л.О.Рябічева

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. У машинобудуванні одне з важливих місць відводиться обробці металів тиском, створенню та удосконалюванню ковальсько-пресового устаткування, серед якого молоти, є основним технологічним устаткуванням. Ковальсько-пресове устаткування ударної дії складає 30-50% парку машин для обробки металів тиском. На деяких підприємствах до 70% ковальського устаткування складають пароповітряні молоти. До основних недоліків молотів відносяться післяударні вібрації, які шкідливо впливають на обслуговуючий персонал, навколишнє середовище, стримують впровадження засобів автоматизації. Ударна робота молотів викликає вібрацію та ущільнення грунту, що призводить до нерівномірного осідання підвалин будов т.. сприяє їх руйнуванню.

Вище викладеного досить, щоб зробити висновок про велике наукове і практичне значення проблеми підвищування ефективності підшаботної віброізоляції кувальних молотів.

Мета роботи. Розроблення ефективної підшаботної віброізоляції кувальних молотів.

Методи дослідження. У роботі використані теоретичні та експериментальні методи дослідження. Теоретичні дослідження виконані за допомогою загальних методів теорії механічних коливань, рішення й аналізу диференціальних рівнянь. Експериментальні дослідження проведені на пароповітряному молоті з масою падаючих частин (м.п.ч.) 160 кг із застосуванням серійної, тензометричної, реєструючої та вимірювальної апаратури.

Наукова новизна. Полягає в розроблені методики розрахунку параметрів підшаботної віброізоляції молотів з одностороннім демпфіруванням і механічної системи с додатковим лінійним зв'язком шабота з фундаментом, яка створює додаткове навантаження на

шабот вверху. Визначені граничні значення коефіцієнтів відносного тертя, час затухання коливань і амплітуди коливань шабота. Рішена механічна система з двома ступенями свободи і трьома пружними зв'язками, а також з двома ступенями свободи з урахуванням "мертвої зони". Визначені умови запобігання розкриття стиків між опорними поверхнями шабота та віброізолятора.

Практична цінність. Розроблені конструкції підшаботної віброізоляції кувальних молотів забезпечують вимоги ГОСТа 12.1.012-78 "Вібрація. Загальні вимоги безпеки", запобігають відриву шабота від віброізолятора і виключають динамічні навантаження на фундамент від сил тертя у віброізоляторі.

Апробація роботи. Основні положення роботи викладені в ковальсько-пресовому цеху ВО "Луганськтепловоз" у 1990 р., на науково-технічних конференціях Східноукраїнського державного університету (СУДУ) у 1990,1992 р., на об'єднаному семінарі механіко-технологічного та інших факультетів СУДУ у 1992 р.

Публікації. Основні результати виконаних досліджень опубліковані в 8 статтях і 2 заявках на винаходи.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з 6 глав. Вона містить 99 сторінок машинописного тексту, 32 рісунка , 9 таблиць та 95 бібліографічних джерел.

ЗМІСТ РОБОТИ

У першій главі даний аналітичний огляд типових конструкцій елементів віброізоляції, механічних систем з однією та двома ступенями свободи, а також методів розрахунку параметрів підшаботної віброізоляції.

У розвиток теорії та практики механічних систем ковальських молотів зробили великий внесок учені Храмой А.Г.,Коган М.С., Потураєв В.Н. та інші. Дослідженню та удосконалюванню віброізоляції молотів присвятили свої роботи В.А. Ільічов,В.П.Кошелєв, Ю.А.Бочаров, О.Г.Власов, В.І.Климов.

Віброізольовані фундаменти забезпечують вимоги ГОСТа12.1. 012-78 на норми технологічної вібрації. Однак, великі габарити, висока вартість капіталовкладень та праці стримують їх застосування при проектуванні і роблять неможливим їх використання при модернізації діючого устаткування. Вартість таких фундаментів складає 40...60% від вартості молота, проти 8...12% вартості "жорстких" фундаментів. Тому таке технічне рішення не може бути ефективним. Останнім часом у нашій країні і за кордоном ведуться пошуки технічних рішень для підшаботної віброізоляції молотів, передбачається одержати той же ефект, що до забезпечення ГОСТа 12.1.012-78 при збереженні традиційних "жорстких" фундаментів. Козлов А.В. запропонував підшаботну віброізоляцію у вигляді комбінації гвинтових пружин (віброізолятор) та гумових елементів (віброгаситель). Кошелєв В.П. та Носов В.С. запропонували підшаботну віброізоляцію у вигляді листових ресор. У першому випадку строк дії віброізолятора обмежений довговічністю гуми, в другому - втратою демпфіруючих властивостей ресор внаслідок старіння графітового мастила.

У Східноукраїнському державному університеті розроблена конструкція підшаботної прокладки ковальського молота, яка виготовлена з гофрованих стальних листів. Конструкція дозволяє забезпечити надійну роботу протягом 12 років без проміжних ремонтів і технічного обслуговування, забезпечує вимоги ГОСТа 12.1.012-78 володіючи при цьому низькою вартістю 8...12% від вартості молота.

Однак, належить відзначити, що віброізоляція шабота ковальських молотів за допомогою гофрованих стальних листів вільна від недоліків властивих конструкціям, наведеним вище, вона усе-таки має наявність динамічних навантажень на фундамент від сил тертя у віброізоляторі.

Незважаючи на велику різноманітність технічних рішень на підшаботну віброізоляцію у вітчизняній та зарубіжній практиці, у наш час відсутні технічні рішення, які забезпечували б запобігання відриву шабота кувального молота від віброізолятора при першому зміщенні шабота вверх. Утворення зазора між шаботом та віброізолятором знижує надійність молотової установки, тому що у зазор попадає окалина, пил і т.і., що призводить до перекосу шабота, втрати паралельності між робочими площинами і в підсумку погіршує експлуатаційні характеристики кувального молота.

Аналіз теоретичних рішень, пов'язаних з розробленням віброізоляції базується на дослідженні механічних систем з одним і двома ступенями свободи.

Визначення часу затухання коливань і граничних значень коефіцієнтів відносного тертя виводиться за результатом аналізу одномасової механічної системи демпфірованої силами тертя пропорційними зміщенню. Із проведеного аналізу системи з одним ступенем свободи можна вивести, що для запобігання відриву шабота кувального молота від віброізоляторів необхідно збільшити статичну деформацію настільки, щоб її величина була більше від першої амплітуди при зміщенні шабота вверх.

При визначенні коливань фундаменту використовуються класичні рішення вільних коливань механічної системи з двома ступенями свободи. Рішення диференціальних рівнянь дозволяє одержати можливість для визначення жорсткості віброізолятора на основі

максимально допустимого середньоквадратичного значення віброшвидкості фундаменту, заданого ГОСТом I2.I.0I2-78. При рішенні рівнянь руху мас молота, початкове зміщення шабота прирівнюється до нуля, однак із аналізу наведеного у першій главі випливає, що шабот має початкове зміщення у межах "мертвої зони". Незважаючи на те, що механічна система з двома ступенями свободи вивчена достатньо повно, в технічній літературі немає відомостей про визначення параметрів механічної системи з двома ступенями свободи і трьома пружними зв'язками (випадок, коли будова підшаботної віброізоляції включає попередньо затягнені пружини, які опираються на шабот).

Розрахункові параметри віброізоляції для деяких кувальних молотів за методикою, що передбачає розрахунок параметрів механічної системи молота за умовою обмеження середньоквадратичного значення віброшвидкості, заданого ГОСТом I2.I.0I2-78 на норми технологічної вібрації, підтверджують наявність зазора між шаботом та віброізолятором.

Із аналізу методики розрахунку пружино-реорної віброізоляції, виконаної Ільїчовим З.А., можна зробити висновок, що чим більше сили тертя у віброізоляторі, тим більше динамічна складова, діюча на фундамент і більше амплітуда його коливань.

<u>У другій главі</u> поставлені такі завдання дослідження:

I. Провести аналіз механічної системи з одним ступенем свободи при односторонньому демпфіруванні і двома ступенями свободи з трьома пружними зв'язками для коливань шабота.
2. Визначити умови, що запобігають розкриттю стиків між опорними поверхнями шабота та віброізолятора.
3. Провести теоретичне дослідження характеристик післяударного коливального руху шабота та фундаменту кувального молота.

4. Розробити конструкції підшаботної віброізоляції кувальних молотів, які запобігають відрив шабота від віброізолятора і виключають динамічні навантаження на фундамент від сил тертя у віброізоляторі.
5. Розробити методику розрахунку підшаботної віброізоляції кувальних молотів.
6. Провести лабораторні випробування підшаботної віброізоляції на молотовій установці з масою падаючих частин 160 кг, оцінити адекватність математичного опису дослідним даним.
7. Впровадити результати роботи у промисловість і оцінити їх економічну ефективність.

У третій главі представлені конструкції підшаботної віброізоляції, що запобігають відрив шабота кувального молота від віброізолятора.

У першому випадку використовуються навантажувальні пристрої у вигляді пневмоциліндрів односторонньої дії з вертикальним розміщенням осі закріплених на фундаменті і взаємодіючих з шаботом молота.

У другому випадку віброізоляція шабота здійснюється за такою схемою. Шабот установлюється на віброізолятор. На фундаменті закріплені підвалини, які взаємодіють з попередньо затягненими пружинами, які спираються на шабот і надають йому додаткове переміщення, що збільшує статичну деформацію віброізолятора.

Запропоновані технічні рішення можна використовувати при будь-якому виді підшаботної віброізоляції: пружинної з гасінням коливань силами тертя, ресорної, на основі пакетів з гофрованої листової сталі та ін.

Рішена механічна система з двома ступенями свободи і трьома пружними зв'язками. Силова схема показана на рис. I.

Механічна схема молота

Силова схема

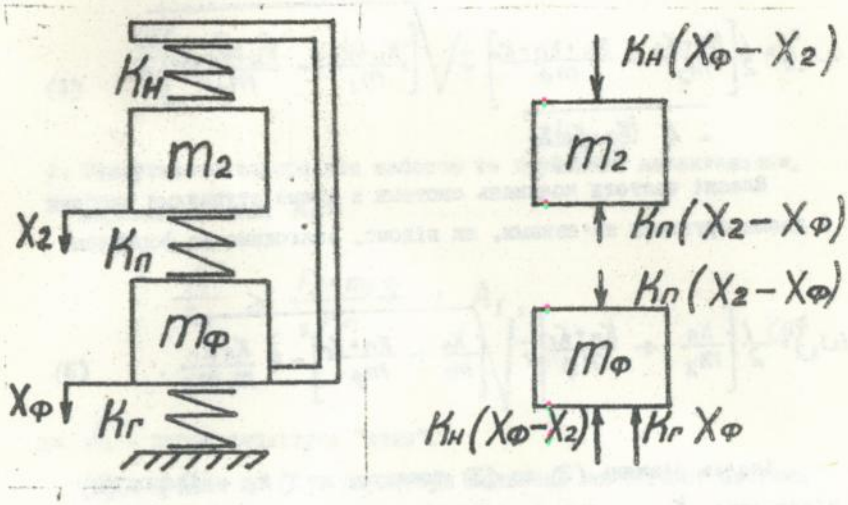


Рис. I

Рівняння руху мас системи мають вид:

$$m_2 x_2'' + (K_н + K_п) x_2 - (K_н + K_п) x_ф = 0;$$
$$m_ф x_ф'' - (K_н + K_п) x_2 + (K_н + K_п + K_г) x_ф = 0, \qquad (I)$$

де m_2 – маса шабота,

$m_ф$ – маса фундаменту,

$x_2, x_ф$ – переміщення шабота та фундаменту,

$K_н, K_п, K_г$ – жорсткість пружин навантаження, віброізоляції та фундаменту.

Після рішення системи диференціальних рівнянь, при початкових умовах $x_2(0) = 0$, $x_2'(0) = V_{ош}$, $V_{ош}$ – початкова швидкість шабота, $x_ф(0) = x_ф'(0) = 0$, була знайдена залежність для розра-

хунку власних частот коливань системи

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2}\left[\frac{K_н+K_п}{m_2} + \frac{K_н+K_п+K_г}{m_ф}\right] \mp \sqrt{\left[\frac{K_н+K_п}{m_2} + \frac{K_н+K_п+K_г}{m_ф}\right]^2 - 4\,\frac{(K_н+K_п)K_г}{m_2 m_ф}}. \qquad (2)$$

Власні частоти коливань системи з двома ступенями свободи і двома пружними зв'язками, як відомо, знаходимо за формулою:

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2}\left[\frac{K_п}{m_2} + \frac{K_п+K_г}{m_ф}\right] \mp \sqrt{\left[\frac{K_п}{m_2} + \frac{K_п+K_г}{m_ф}\right]^2 - 4\,\frac{K_п K_г}{m_2 m_ф}}. \qquad (3)$$

Аналіз рівнянь (2) та (3) показує, що ($K_н + K_п$) з (2) відповідає $K_п$ з (3), тобто параметри системи не змінюються, якщо частину жорсткості перенести на пружини навантаження.

Умова відсутності зазора, при використанні навантажувального пристрою у вигляді пневмоциліндрів, запишеться

$$\frac{m_2 g}{K_п} + \frac{F}{K_п} \geq A_2 \quad \text{або} \quad F \geq A_2 K_п - m_2 g, \qquad (4)$$

де F – сила на поршні пневмоциліндра,

A_2 – перша амплітуда "вверх",

тобто сумарна статична деформація віброізолятора повинна бути більше від першої амплітуди при зміщенні набота вверх.

При використанні навантажувальних пристроїв у вигляді попередньо затягнених пружин необхідно враховувати додержання таких умов:

I. Відсутність зазора між набоєм та віброізольованою прокладкою,

жорсткість якої $K_п$

$$\frac{F_1 + m_2 g}{K_п} \geqslant A_2 ; \qquad (5)$$

2. Відсутність зазора між шаботом та пружинами навантаження, жорсткість яких $K_н$

$$\frac{F_1}{K_н} \geqslant \frac{F_1 + m_2 g}{K_п} + A_1 , \qquad (6)$$

де A_1 - перша амплітуда "вниз".

Відповідно до (2), параметри коливань механічної системи не змінюються, якщо частину жорсткості віброізолятора перенести на пружини навантаження. Тому справедлива рівність

$$K_п + K_н = K_п' , \qquad (7)$$

де $K_п'$ - жорсткість віброізоляції, розрахована на основі максимально допустимого середньоквадратичного значення віброшвидкості за ГОСТом I2.I.0I2-78.

Для того, щоб знайти жорсткість пружин $K_н, K_п$ і величину сили затягання пружин F_1, складемо систему рівнянь

$$\begin{cases} K_п + K_н = K_п' , \\ \dfrac{F_1}{K_п} = A_2 - \dfrac{m_2 g}{K_п} , \\ \dfrac{F_1}{K_н} = \dfrac{F_1 + m_2 g}{K_п} + A_1 . \end{cases} \qquad (8)$$

Розв'язавши систему рівнянь, отримаємо такі залежності

$$F_1 = \left(\frac{A_1 + A_2}{A_1 + 2A_2}\right)\left[A_2 K_п' - m_2 g\right],$$

$$K_п = \frac{F_1 + m_2 g}{A_2}, \qquad (9)$$

$$K_н = \frac{F_1}{A_1 + A_2}.$$

Четверта глава присвячена дослідженню характеристик післяударного коливального руху шабота та фундаменту.

Для визначення параметрів післяударного коливального руху шабота та фундаменту, розглядалась динамічна модель, у вигляді двохмасової механічної системи з двома ступенями свободи.

Рівняння руху подаються отак

$$m_2 x_2'' + K_п (x_2 - x_ф) = 0,$$

$$m_ф x_ф'' - K_п x_2 + (K_п + K_г) x_ф = 0. \qquad (10)$$

У цілому ряді робіт подано рішення системи у випадку, коли початкове зміщення шабота дорівнювалось нулю. У нашому випадку початкове зміщення шабота дорівнює x_0, тобто шабот може знаходитися у межах "мертвої зони". Найбільше значення x_0 буде у тому випадку, коли шабот знаходиться в нижньому положенні на краю "мертвої зони".

Введемо зміщення шабота у межах "мертвої зони" у початкові умови рішення (10) і оцінимо його вплив на реакції системи шабот--фундамент.

При $t = 0$

$$x_2 = x_0, \; x_2' = V_{0ш}, \; x_ф = 0, \; x_ф = 0.$$

Після рішення системи (10) з урахуванням початкового зміщення шабота, були одержані такі залежності

$$A_{11} = \frac{P_0 \mu_2}{\omega_1 m_2 \cos\alpha_1 (\mu_2 - \mu_1)}, \quad A_{12} = \frac{P_0 \mu_1}{\omega_2 m_2 \cos\alpha_2 (\mu_1 - \mu_2)}$$

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{\omega_1 x_0 m_2}{P_0}, \quad \alpha_2 = \operatorname{arctg} \frac{\omega_2 x_0 m_2}{P_0}, \tag{II}$$

де α_1, α_2 - фазові кути,

A_{11} - амплітуда основної форми коливань,

A_{12} - амплітуда другої форми коливань,

$$\mu_1 = \frac{K_П}{K_П + K_Г - m_ф \omega_1^2},$$

$$\mu_2 = \frac{K_П}{K_П + K_Г - m_ф \omega_2^2}.$$

Жорсткість віброізоляції визначалась з вираження

$$K_П' = \frac{K_Г m_2 [V_A]}{P_0} \cos\alpha_1, \tag{I2}$$

де $[V_A]$ - амплітудне значення віброшвидкості фундаменту, визначене на основі ГОСТа I2.I.0I2-78.

Порівнюючи вираження (II), (I2) з урахуванням початкового зміщення і без нього, можна відзначити, що вони відрізняються наявністю $\cos\alpha_1$, $\cos\alpha_2$.

Використання (II), (I2) для всієї гами ковальських молотів дозволило зробити висновок, що значення основної і другої амплітуд коливань шабота, відрізняються від відомих значень на 4-8%, і це дозволяє зробити висновок, про те, що наявність початкового зміщення шабота молота у межах "мертвої зони" треба враховувати при визначенні жорсткості віброізоляції, що забезпечує вимоги ГОСТа I2.I.0I2-78 "Вібрація. Загальні вимоги безпеки".

Із аналізу коливань фундаменту молота з урахуванням сил тертя у віброізоляторі і з урахуванням "мертвої зони" можна

вивести, що для зниження динамічних навантажень на фундамент необхідно забезпечити одностороннє демпфірування коливань шабота.

Запропонована конструкція віброізоляції кувального молота (рис. 2) виключає динамічні навантаження на фундамент від сил тертя у віброізоляторі, при збереженні віброізольованих характеристик.

Кут розташування фрикціонної пари до вертикальної осі молота рівняється

$$\varphi = \operatorname{arctg} \mu, \tag{I3}$$

де μ - коефіцієнт тертя фрикціонної пари віброгасителя.

На рис. 3 показана схема дії сил при переміщенні шабота вниз. Якщо сили розкласти на горизонтальні та вертикальні складові, то вертикальна складова від сил тертя $F_{тр}$ і вертикальна складова нормальної сили P мають однакову величину і протилежний напрям, тобто

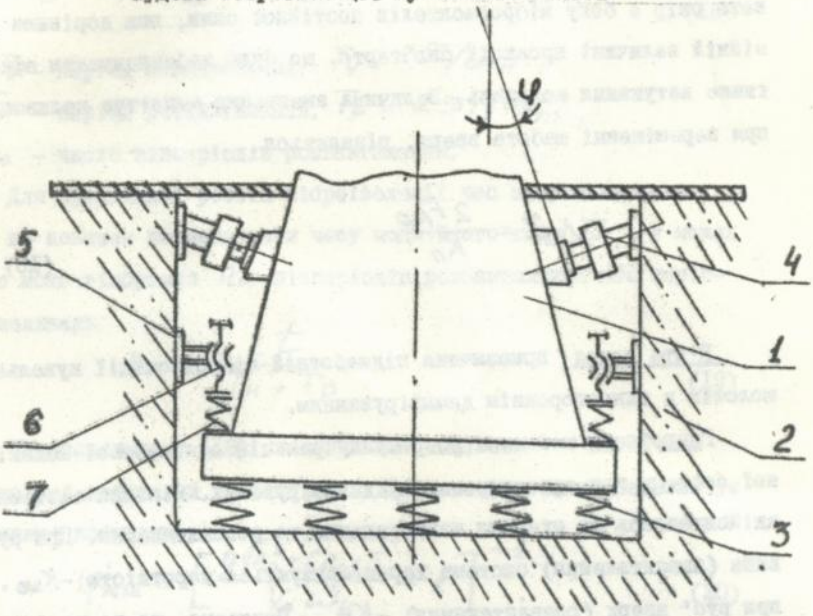
$$P \sin\varphi - F_{тр} \cos\varphi = 0. \tag{I4}$$

Так як віброізоляція передбачає попарно симетричне, відносно вертикальної осі молота, розміщення віброгасителів, то горизонтальні складові сил P та $F_{тр}$ будуть врівноважуватися такими ж силами, діючими на шабот з боку симетричного віброгасителя. Значить, переміщення шабота вниз після удару падаючих частин буде здійснюватися без навантаження від сил тертя у віброізоляторі.

Рівняння проекцій сил на вертикальну вісь, при переміщенні шабота вверх має вигляд

$$P \sin\varphi + F_{тр} \cos\varphi = 2 F_{тр}. \tag{I5}$$

Будова віброізоляції кувального молота



I-шабот, 2-фундамент, 3-циліндричні пружини, 4-віброгаситель, 5-підвалини, 6-гвинтова шара, 7-пружини навантаження.

Рис. 2

Схема дії сил при переміщенні шабота вниз

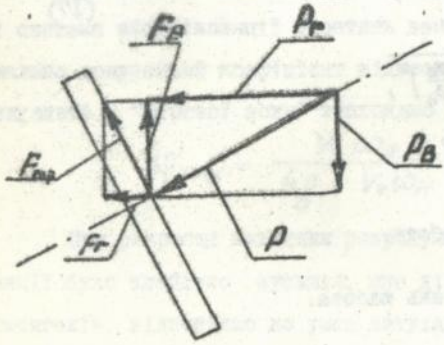


Схема дії сил при переміщенні шабота вверх

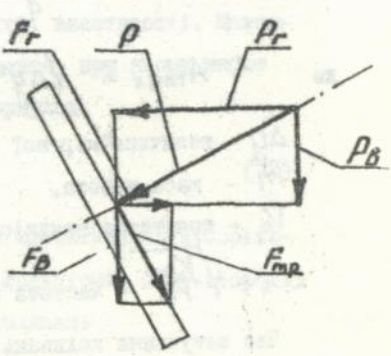


Рис. 3

Це значить, що при переміщенні шабота вверх він буде зазнавати опір з боку віброгасителів постійної сили, яка дорівнює подвійній величині проекції сил тертя, що буде забезпечувати ефективне затухання коливань. Величина зменшення амплітуд коливань, при переміщенні шабота вверх, рівняється

$$\Delta x = \frac{2F_{тр}}{K_п}. \qquad (I6)$$

П'ята глава присвячена підшаботній віброізоляції кувальних молотів з одностороннім демпфіруванням.

Розроблена методика розрахунку реакцій одномасової механічної системи при односторонньому демпфіруванні. Рішення системи здійснювалось за схемами навантаження та розвантаження. При русі вниз (навантаження) система характеризується жорсткістю $-K_{нав}$, при рус' вверх (розвантаження) $-K_р$. Показано, що кожна непарна амплітуда (розвантаження) зменшується на величину "мертвої зони", а кожна наступна за нею парна зберігається (навантаження). Максимальне число півперіодів розвантаження до припинення коливань

$$n = 2\left(\frac{A_{max}}{\Delta y}\right) - 3, \qquad (I7)$$

де $A_{max} = \sqrt{\Delta y^2 + \left(\frac{V_0}{\omega_н}\right)^2}$,

Δy - величина"мертвої зони",

m - маса шабота,

V_0 - початкова швидкість шабота,

$\omega_н = \sqrt{\frac{K_{нав}}{m}}$ - частота коливань шабота.

Час затухання коливань

$$t_3 = 0,25\left[2n_0(T_p+T_H)-T_H\right], \tag{18}$$

де T_H - період навантаження, $T_H = 2\pi/\omega_H$,

T_p - період розвантаження, $T_p = 2\pi/\sqrt{k_p/m}$,

n_0 - число півперіодів розвантаження.

Для ефективної роботи віброізоляції час затухання коливань не повинен перевищувати часу подвійного ходу t, у межах якого може відбутися n_0 півперіодів розвантаження або періодів коливань

$$n_0 = \frac{2t}{T_H+T_p}. \tag{19}$$

Підставляючи у (18) значення n_0 замість n визначимо мінімально допущений коефіцієнт відносного тертя, що забезпечує затухання коливань

$$\varphi'_{min} = \left[\frac{g\sqrt{n_0^2+6n_0+5}}{V_0\omega_H}+1\right]^{-1}. \tag{20}$$

Для ефективності роботи віброізоляції необхідно, щоб шабот виходив з "мертвої зони" при першому переміщенні вверх

$$A_2 > \Delta y. \tag{21}$$

Якщо (21) не виконується, рух шабота стане аперіодичним, і система віброізоляції втратить демпфіруючі властивості. Максимально допущений коефіцієнт відносного тертя, при якому шабот виходить з "мертвої зони" знаходимо за формулою

$$\varphi'_{max} = \frac{V_0\omega_H}{4g+V_0\omega_H}. \tag{22}$$

При розробці методики розрахунку та проектування віброізоляції було знайдено зусилля, яке діє на фрикціонну пару віброгасителів, відповідно до умов затухання коливань

$$P = \frac{\Delta y \cdot K_п}{2 \cdot z \cdot \sin\varphi}, \qquad (23)$$

де Δy - величина "мертвої зони", $\Delta y = \frac{A_1}{n_0}$,

$A_1 = \frac{V_{0ш}}{\omega_ш}$,

n_0 - число періодів коливань шабота на основній частоті,

$n_0 = \frac{t \cdot \omega_ш}{\pi}$,

$\omega_ш$ - частота коливань шабота, $\omega_ш = \sqrt{\frac{K_п}{m}}$,

z - кількість віброгасителів.

Розроблений порядок розрахунку параметрів пружин дозволяє використовувати їх у конструкції віброізоляції з одностороннім демпфіруванням.

Шоста глава присвячена експериментальним дослідженням з метою обгрунтовування об'єктивності методики розрахунку і одержування даних про параметри коливань механічної системи. При експериментах використана серійна тензометрична, реєструюча та вимірювальна апаратура, така, як: тензометричний підсилювач 8АНЧ, світлопроменевий осцилограф НІІ7/І, сейсмоприймачі СВ20 (ГОСТ 13002-74, ГОСТ 16805-71) та ін. Лабораторні випробування проводились на пароповітряному молоті з м.п.ч. 160 кг. В експеременті фіксувались: хід падаючих частин (використаний струнний ходограф), ходограма коливань шабота (застосована балочка рівного опору з наклеєними тензодатчиками), швидкість переміщення фундаменту (використані сейсмоприймачі СВ20).

Якісний аналіз осцилограм показав, що зберігаються загальні закономірності коливань, закономірність зниження амплітуд коливань за кожний півперіод розвантаження і відміни відображають тільки кількісні зміни, викликані різницею у величинах ударного імпульсу. Кількісна оцінка експериментальних даних виконувалась у відповідності з вимогами ГОСТа 8.207-76 "Прямі виміри з бага-

торазовими спостереженнями. Методи обробки результатів спостережень". Аналіз результатів величин абсолютного зміщення шабота і віброшвидкості фундаменту, дозволяє виявити таке:

- експериментальні значення амплітуди коливань шабота і віброшвидкості фундаменту належать нормальному розподілу $d_{min} < \tilde{d} < d_{max}$ (амплітуда - 0,7404 < 0,857I < 0,8625, віброшвидкість - 0,7404 < 0,8363 < 0,8625), при довірчій імовірності 0,95, де $\tilde{d}$ - розрахункове, d_{min} та d_{max} - табличне значення складового критерію за ГОСТ 8.207-76;
- межі похибки результатів вимірів складають 8,5% та I0,5% при довірчій імовірності 0,95;
- відтворюваність експерименту забезпечується при довірчій імовірності 0,95 і підтверджується G -критерієм Кохрена, $G < G_{кр}$ (амплітуда - 0,2055 < 0,26I2, віброшвидкість - 0,2592 < 0,26I2), де G - розрахункове, $G_{кр}$ - табличне значення критерію;
- адекватність математичного опису дослідним даним додержується при довірчій імовірності 0,95 і підтверджується F -критерієм Фішера, $F < F_{кр}$ (амплітуда - I,462 < I,65, віброшвидкість - I,467 < I,65), де F - розрахункове, $F_{кр}$ - табличне значення критерію;
- межі похибок математичного опису амплітуди та віброшвидкості, розраховані по дисперсії адекватності, складають ±7,5% та ±I3,5% при рівні значущості 0,05.

Підшаботна віброізоляція впроваджена на пневматичному кувальному молоті М4I8 з м.п.ч. I000 кг Стахановського вагонобудівного заводу. Експлуатація віброізолятора забезпечує нормальну роботу молота у відповідності з вимогами ГОСТа I2.I.0I2-78 до технологічної вібрації на робочих місцях і запобігання утворення зазора між шаботом та віброізолятором. Економічний ефект

від впровадження результатів роботи складає 12,167 тис. крб. (пайовий) у цінах 1991 р.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вимоги ГОСТа 12.1.012-78 до технологічної вібрації на робочих місцях забезпечуються підшаботною віброізоляцією, однак вона не запобігає утворення зазора між шаботом та віброізолятором для кувальних молотів і створює динамічні навантаження на фундамент від сил тертя у віброізоляторах, що не ефективно і вимагає вишукування нових способів віброізоляції.
2. Запропоновані конструкції підшаботної віброізоляції кувальних молотів дозволяють запобігти утворення зазора між шаботом та віброізолятором, а також виключити динамічні навантаження на фундамент від сил тертя у віброізоляторі.
3. Проведені теоретичні дослідження характеристик післяударного коливального руху шабота та фундаменту кувального молота дозволяють зробити висновки:
   - наявність початкового зміщення шабота молота у межах "мертвої зони" треба враховувати при визначенні жорсткості віброізоляції;
   - для зниження динамічних навантажень на фундамент молота необхідно забезпечити одностороннє демпфірування коливань шабота.
4. Запропонована методика розрахунку та проектування підшаботної віброізоляції дозволяє забезпечити вимоги ГОСТа 12.1.012-78 "Вібрація. Загальні вимоги безпеки". Визначення амплітуд коливань, часу затухання коливань, граничних значень коефіцієнтів відносного тертя, зусилля діючого на фрикціонну пару віброгасителів здійснюється за аналізом одномасової механичної систе-

ми при односторонньому демпфіруванні. Визначені умови, що запобігатимуть утворенню зазора між шаботом та віброізолятором. Розроблений порядок розрахунку параметрів пружин, застосованих при віброізоляції.

5. Експериментальні дослідження віброізолятора на пароповітряному молоті з м.п.ч. 160 кг. підтверджують об'єктивність розробленої методики розрахунку параметрів підшаботної віброізоляції і працездатність запропонованої конструкції віброізоляції. Обробка експериментальних та розрахункових значень амплітуди коливань шабота та віброшвидкості фундаменту методами математичної статистики дозволяє вивести, що експериментальні значення амплітуди та віброшвидкості належать нормальному розподілу; межі похибок результатів вимірів складають 8,5% і 10,5% при довірчій імовірності 0,95; відтворюваність експерименту підтверджується критерієм Кохрена при довірчій імовірності 0,95; адекватність математичного опису дослідним даним підтверджується критерієм Фішера при довірчій імовірності 0,95; межі похибок, розрахованих по дисперсії адекватності, для амплітуди коливань шабота складають ±7,5%, для віброшвидкості фундаменту ±13,5% при рівні значущості 0,05.

6. Експлуатація віброізолятора на пневматичному кувальному молоті з м.п.ч. 1000 кг забезпечує нормальну роботу у відповідності з вимогами ГОСТа 12.1.012-78 до технологічної вібрації на робочих місцях і запобігання утворення зазора між шаботом та віброізолятором. Економічний ефект від впровадження складає 12,167 тис. крб. (пайовий) у цінах 1991 р.

Основний зміст дисертації викладений в таких роботах:

1. Рей Р.И., Гутько Ю.И., Сушкова Т.С. Механическая система ковочного молота с дополнительной упругой связью шабота /Восточноукр.гос.ун-т.-Луганск, 1994.- 6 с.-Деп.в ГНТБ Украины 25.01.94, № 168-Ук.94.

2. Рей Р.И., Гутько Ю.И., Сушкова Т.С. Влияние фрикционных гасителей на параметры колебаний системы шабот-фундамент /Восточноукр.гос.ун-т.-Луганск, 1994.-5 с.-Деп.в ГНТБ Украины 25.01.94, № 169-Ук. 94.

3. Рей Р.И., Гутько Ю.И., Сушкова Т.С. Повышение надежности виброизоляции ковочного молота /Восточноукр.гос.ун-т.-Луганск, 1994.-6 с.-Деп.в ГНТБ Украины 25.01.94, № 172 - Ук.94.

4. Гутько Ю.И., Сушкова Т.С. Условия предотвращения отрыва шабота от виброизолятора ковочного молота /Восточноукр.гос.ун-т. - Луганск, 1994 - 6 с.-Деп.в ГНТБ Украины 25.01.94, № 170 - Ук.94.

5. Гутько Ю.И. Расчет параметров пружин применяемых при виброизоляции кузнечных молотов /Восточноукр.гос.ун-т.-Луганск, 1994.- 5 с.-Деп.в ГНТБ Украины 25.01.94, № 171 - Ук.94.

6. Гутько Ю.И. Параметры подшаботной виброизоляции молотов с односторонним демпфированием /Восточноукр.гос.ун-т.- Луганск, 1994. - 4 с.-Деп.в ГНТБ Украины 10.03.94, № 474 - Ук.94.

7. Гутько Ю.И. Анализ колебаний фундамента кузнечного молота /Восточноукр.гос.ун-т.-Луганск, 1994 - 4 с. Деп.в ГНТБ Украины 10.03.94, № 475 - Ук.94.

8. Гутько Ю.И. Динамические испытания подшаботной виброизоляции кузнечных молотов /Восточноукр.гос.ун-т. - Луганск, 1994.

- 8 с.-Деп.в ГНТБ Украины 10.03.94, № 476 - Ук.94.

9. Устройство виброизоляции шабота ковочного молота /Р.И.Рей, Ю.И.Гутько/ Заявка на изобретение № ВЗБ07031 от 23.II.93.

10. Устройство подшаботной виброизоляции ковочного молота /Р.И.Рей, Ю.И.Гутько/ Заявка на изобретение № ВЗБ 07137 от 23.II.93 г.

Підписано до друку 10.05.94 р. Формат 60х84 1/16 1 д.а.
Тираж 100 прим. Заказ № 311

Ротапрінт СУДУ
м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а