

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ
ПНЕВМАТИЧНОГО МОЛОТКА НА РІВЕНЬ ВІБРОБЕЗПЕКИ ОПЕРАТОРІВ**

У статті досліджено вплив елементів пневматичного молотка на рівень вібробезпеки праці операторів. Встановлено оптимальні значення факторів для одержання заданих показників віброшвидкості.

In the article influence of elements of pneumatic hammer is investigational on the level of vibrosafety of labour of operators. The optimum values of factors are set for the receipt of the set indexes of vibrospeed.

Пріоритети в області життя та здоров'я людини, прийняті в державній політиці, визначають стратегію в промисловості щодо безпеки праці на кожному підприємстві.

В теперішній час у нашій країні однією з найважливіших проблем у сфері праці є її безпека. За даними досліджень, до 40 % техніки, що знаходиться в щоденній експлуатації, продовжує залишатися вібронезбезпечною [1].

Виробнича вібрація негативно впливає на здоров'я та працездатність людини, знижує продуктивність праці, а також призводить до розвитку і виникнення професійних захворювань.

За даними досліджень [2, 3, 4] відомо, що не дивлячись на значний прогрес в створенні вібронезбезпечних ручних машин, до 20 – 40 % від їх загальної кількості, що знаходяться в експлуатації в різних галузях промисловості, залишаються вібронезбезпечними.

Зокрема найбільш вібронезбезпечною технікою є машини і механізми ударної, зворотно-поступальної дії, а їх широке використання в промисловості збільшують вплив вібрацій на організм людини. В останні роки число випадків захворювання на вібраційну хворобу збільшується, що пов'язано із збільшенням контингенту працівників вібронезбезпечних професій при користуванні вібронезбезпечною технікою. Захист працюючих від шкідливого впливу вібрації, зниження росту захворюваності, покращення умов праці, на даному етапі є важливою як науково-технічною, так і соціально-економічною проблемою.

Метою дослідження є визначення рівнів локальної вібрації з однієї сторони для вивчення умов вібробезпеки, а з іншого боку – для обґрунтування впливу конструктивних параметрів віброзахисту на ефективність зниження інтенсивності коливань.

Тому в даній роботі з метою вивчення впливу елементів пневматичного молотка на рівень вібробезпеки операторів використовували метод математичного планування – повний факторний експеримент [1].

Вимірювання параметрів вібрації (віброшвидкості), котра діє на робітника, проводили при виконанні операцій обрубки і формування.

Для виміру віброшвидкості використовували шумомір ВШВ – 003.

Дослідження проводили за методикою встановленою в ГОСТ 12.1.042-84 [5], ГОСТ 12.1.043-84 [6].

В якості досліджуваних факторів були взяті: тиск у системі – p (x_1), діаметр пружини – d (x_2), число витків – n (x_3).

Математична модель дослідження віброактивності представлена у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Найменування факторів, рівні і інтервали варіювання

Рівні факторів	p	d	n
	x_1	x_2	x_3
Основний	0,5	80	25
Інтервал варіювання	0,1	10	5
Верхній +1	0,6	90	30
Нижній -1	0,4	70	20

Переведення натуральних перемінних у кодові x_i представлені в табл. 2.

Математична модель об'єкта досліджень представлена у вигляді поліноміального рівняння:

$$\bar{y} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_1 x_2 + b_5 \cdot x_1 x_3 + b_6 \cdot x_2 x_3 \quad (1)$$

де b_0 – коефіцієнт, який визначає загальне середнє всіх дослідів і задає центр багатofакторного простору:

$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ – коефіцієнти полінома, що характеризують ефекти впливу факторів $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ на функцію відгуку y , обчислюються стосовно значення загального середнього. Для визначення коефіцієнтів полінома було використано програму EXEL.

$b_1 = 2,1125; b_2 = 20,2625; b_3 = 7,0125; b_4 = -1,6375; b_5 = -2,7375; b_6 = 1,6125.$

В результаті проведення експерименту отримано рівняння рівня віброшвидкості:

Матриця планування експерименту при дослідженні рівня віброшвидкості пневматичного інструмента

№ досліджу	b_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	y_1	y_2	\bar{y} а
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	126,5	122,5	124,5
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	120,9	114,3	117,6
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	92,3	87,7	90
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	84	80	82
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	113	107	110
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	117	113	115
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	72	68	70
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	64	61	63

$$\bar{y} = 96,5125 + 2,1125x_1 + 20,2625x_2 + 7,0125x_3 - 1,63,75x_4 - 2,7375x_5 + 1,6125x_6 \quad (2)$$

Досліди вважатимуться відтворюваними, якщо обчислене значення критерію Кохрена G буде менше від табличного G_T . Тому визначимо дисперсію розсіювання результатів кожного досліджу S_j^2 [7]:

$$S_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{jk} - \bar{y}_j)^2 \quad (3)$$

де m – число паралельних повторень кожного досліджу, $m = 2$; k – номер паралельного повторення досліджу; j – номер досліджу в матриці планування.

Дисперсії в кожному із дослідів за даними його паралельних повторень становитимуть:

$$S_1^2 = 8 \cdot 10^{-3}; S_2^2 = 21,78 \cdot 10^{-3}; S_3^2 = 10,58 \cdot 10^{-3}; S_4^2 = 8 \cdot 10^{-3};$$

$$S_5^2 = 18 \cdot 10^{-3}; S_6^2 = 8 \cdot 10^{-3}; S_7^2 = 8 \cdot 10^{-3}; S_8^2 = 5 \cdot 10^{-3}.$$

Знайдемо значення критерію Кохрена за формулою [7]:

$$G = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} = 0,249313 \quad (4)$$

Табличне значення для цих умов $G_T = 0,6798$. Оскільки $0,249313 < 0,6798$, то досліджу вважаються відтворюваними.

Вплив деяких досліджуваних факторів на показник досліджуваного процесу може виявитися незначним. Тоді таким показником доцільно знехтувати.

Для перевірки суттєвості впливу кожного з факторів на функцію відгуку обчислимо для кожного коефіцієнта полінома значення критерію Стюдента. Дисперсія відтворюваності дає змогу визначити похибку загального середнього значення [7]

$$S_{b_0} = S_Y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2} = \sqrt{\frac{87,36}{8}} = 3,304542 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

Похибка обчислення коефіцієнтів полінома

$$S_b = \frac{S_{b_0}}{\sqrt{Nm}} = \frac{3,304542}{\sqrt{8 \cdot 2}} = 0,826136 \quad (6)$$

Знайдемо значення критерію Стюдента для кожного з коефіцієнтів полінома:

$$S_{t1}=2,557086; S_{t2}=24,52685; S_{t3}=8,488316; S_{t4}=1,98212; S_{t5}=3,31362; S_{t6}=1,951859.$$

Якщо обчислене значення менше від табличного, то гіпотеза про не суттєвість впливу даного фактора на функцію відгуку приймається, а його коефіцієнт вважається рівним нулеві.

За таблицями S_t – розподілу Стюдента знаходимо значення критерію Стюдента S_{tT} для ступеня вільності отриманої моделі

$$f = N(m-1) = 8(2-1) = 8 \quad (7)$$

при рівні значущості $\alpha = 0,05$. Табличне значення $S_{tT} = 2,31$, що свідчить про малий вплив факторів b_4 і b_6 . Тому поліноміальне рівняння (2) матиме вигляд:

$$\bar{y}' = 96,5125 + 2,1125x_1 + 20,2625x_2 + 7,0125x_3 - 2,7375x_5$$

Якщо обчислене значення критерію Фішера менше одиниці, тобто $F < 1$, то модель адекватно описує досліджуване явище. Якщо ж $F > 1$, то необхідно порівняти обчислене значення F із табличним F_T , що задається розподілом Фішера. Якщо $F < F_T$ модель вважається адекватною.

Тестування полягає в порівнянні дисперсії розсіювання паралельних повторень дослідів (дисперсії відтворюваності) S_Y^2 із дисперсією адекватності S_{AD}^2 за допомогою F -критерію Фішера [7]

$$F = \frac{S_{AD}^2}{S_Y^2} \quad (8)$$

Дисперсія адекватності S_{AD}^2 являє собою розсіяння середніх значень функції відгуку y_j , знайдених експериментально в j -му досліді, відносно обчислених за отриманою моделлю значень функції відгуку для тих же умов $\overline{y_j}$. Тоді

$$S_{AD}^2 = \frac{1}{N - \beta} \sum_{j=1}^N (y_j - y_j^*)^2, \quad (9)$$

де j – номер досліді (номер рядка в матриці експерименту);

β – число значущих коефіцієнтів полінома, з урахуванням загального середнього b_0 .

Обчислюємо за отриманою моделлю значення функції відгуку в кожному досліді $\overline{y_j}$.

$$\overline{y_1} = 123,1625; \overline{y_2} = 118,9375; \overline{y_3} = 88,1125; \overline{y_4} = 83,8875;$$

$$\overline{y_5} = 114,6125; \overline{y_6} = 110,3875; \overline{y_7} = 68,6125; \overline{y_8} = 64,3875.$$

Тоді дисперсія адекватності визначиться як

$$S_{AD}^2 = 28,55188 \cdot 10^{-3},$$

Враховуючи, що дисперсія відтворюваності

$$S_{b0}^2 = S_Y^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2 = \frac{3,304542 \cdot 10^{-3}}{8} = 10,92 \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

отримуємо таке значення критерію Фішера:

$$F = \frac{S_{AD}^2}{S_Y^2} = \frac{28,55188 \cdot 10^{-3}}{10,92 \cdot 10^{-3}} = 2,62$$

Тоді визначаємо табличне значення критерію Фішера F_T при рівні значущості $\alpha = 0,05$ для ступенів вільності чисельника $f_1 = N - \beta = 8 - 6 = 2$ та знаменника $f_2 = N(m - 1) = 8(2 - 1) = 8$. Табличне значення $F_T = 3,8$. Оскільки $2,614641 < 3,8$, то модель також вважатиметься адекватною.

Використання методу математичного планування – повного факторного експерименту, дозволило встановити оптимальні значення факторів для одержання заданих показників віброшвидкості пневматичного молотка.

З аналізу рівняння регресії слідує, що величина рівня віброшвидкості залежить від діаметра пружини пневмовіброізолятора, числа витків і тиску в системі. Конструктивні параметри пневмовіброізолятора істотно впливають на рівень віброшвидкості пневмоінструмента.

Експериментальні дослідження підтверджують вплив конструктивних параметрів пневмовіброізолятора на фактичну ефективність віброзахисту.

Література

1. Ожогин А.П. Безопасность труда: Курс лекций. – Ч. 1. – Иркутск: 2000. – 179 с.
2. Актуальные вопросы профилактики неблагоприятного воздействия шума и вибрации // Тез. докл. Всесоюзн. Совещ. 11-13 ноября 1981 г. – М.: 1981. – 169 с.
3. Мазов В.А. Научно-технический процесс и охрана труда / Обзorn. информ. / ВЦНИИОТ ВЦСПС. Сер. "Охрана труда". – Вып. № 7. – М.: 1980. – 57 с.
4. Техника безопасности и производственная санитария: Сборн. научн. работ инст-ов охраны труда ВЦСПС. – М.: 1979. – 120 с.
5. ГОСТ 12.1.042 – 84. Вибрация локальная. Методы измерения. М.: Издательство стандартов, 1985.
6. ГОСТ 12.1.043-84. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях. М.: Издательство стандартов, 1985.
7. Ящерицын П. И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении: Справочное пособие. – Минск: Высшая школа, 1985. – 286 с.

Надійшла 15.2.2009 р.