

## GIẢM TÁC DỤNG RUNG LÊN TAY BẰNG SỬ DỤNG GĂNG TAY CHỐNG RUNG

Nguyễn Văn Khang<sup>1</sup>, Triệu Quốc Lộc<sup>2</sup>, Nguyễn Anh Tuấn<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

<sup>2</sup>Viện Nghiên cứu KHKT Bảo hộ lao động, 99 Trần Quốc Toản, Hoàn Kiếm, Hà Nội

\*Email: [anhluanbhd@gmail.com](mailto:anhluanbhd@gmail.com)

Đến Tòa soạn: 10/4/2011; Chấp nhận đăng: 26/4/2012

### TÓM TẮT

Găng tay chống rung (AVG) là phương tiện bảo vệ cá nhân để giảm rung động cho tay của người lao động. AVG được sử dụng chủ yếu cho công nhân vận hành thiết bị cầm tay có mức rung động cao như: máy khoan đá khí nén, máy tán rive, máy cưa, ... Hiện nay, hầu hết các nghiên cứu về AVG được thực hiện bằng phương pháp thực nghiệm, và còn thiếu phương pháp tính toán phù hợp để đánh giá hiệu quả và xác định các thông số vật liệu của AVG.

Báo cáo này sẽ cung cấp một phương pháp tính toán các thông số vật liệu cho AVG dựa trên một mô hình cơ - sinh học của bàn tay và găng tay, từ đó tối ưu các thông số của AVG bằng phương pháp quy hoạch đầy các dạng bậc hai (SQP).

*Từ khóa:* Găng tay chống rung, tối ưu, giảm rung động, SQP

### 1. MỞ ĐẦU

Găng tay chống rung là một loại phương tiện bảo vệ cá nhân, có tác dụng giảm các tác động của rung tới tay người, khi tay người tiếp xúc với rung động. Găng tay và bao tay chống rung được dùng chủ yếu cho công nhân vận hành các thiết bị điện, khí nén cầm tay có mức rung lớn trong quá trình làm việc như: máy khoan đá khí nén, máy tán đinh rivê, máy cưa xích, ... và tùy thuộc vào các loại găng tay và bao tay chống rung khác nhau, khi sử dụng các loại găng tay và bao tay này cho phép giảm rung truyền đến tay người trung bình từ 10 ÷ 20 dB ở các dải tần số trung bình và cao.

Ở các nước phát triển trên thế giới, việc sử dụng găng tay và bao tay chống rung trong lao động sản xuất rất được chú trọng và đã trở thành những quy định hoặc quy phạm an toàn, vệ sinh chặt chẽ trong các quá trình sản xuất [1 - 7]. Chính vì vậy, cho đến nay việc nghiên cứu chế tạo các loại găng tay và bao tay chống rung vẫn đang được các nước tiếp tục nghiên cứu nhằm không ngừng hoàn thiện các loại găng tay và bao tay chống rung có hiệu quả giảm rung cao hơn, hình dáng đẹp hơn và đặc biệt tạo cảm giác thoải mái, dễ chịu, thuận tiện và hợp vệ sinh khi sử dụng.

Phương pháp nghiên cứu thiết kế găng tay chống rung thường được sử dụng là phương pháp thực nghiệm [2, 3, 6]. Hiện nay chưa có một phương pháp nào có hiệu quả để tính toán đánh giá hiệu quả giảm rung cũng như các tham số của vật liệu của găng tay chống rung. Trong bài báo này, dựa trên việc mô hình hóa tay người và găng tay dưới dạng một hệ dao động cơ sinh học, chúng tôi đưa ra một phương pháp xác định các tham số vật liệu chế tạo găng tay chống rung. Phương pháp đề xuất dựa trên việc sử dụng phương pháp quy hoạch chuỗi các dạng toàn phương [8 - 11].

## 2. PHƯƠNG PHÁP QUY HOẠCH CHUỖI CÁC DẠNG TOÀN PHƯƠNG

Phương pháp chuỗi các dạng toàn phương (Sequential Quadratic Programming), gọi tắt là phương pháp SQP, là một trong những phương pháp số mới được phát triển gần đây để giải bài toán quy hoạch phi tuyến có ràng buộc. Cơ sở lý thuyết của phương pháp là giải các phương

trình đại số phi tuyến bằng phương pháp Newton-Raphson kết hợp với việc sử dụng điều kiện Kuhn-Tucker trong bài toán tối ưu có ràng buộc. Dưới đây trình bày tóm tắt nội dung chính của phương pháp này [8, 9].

Xét một bài toán tối ưu hóa phi tuyến với các ràng buộc đẳng thức và bất đẳng thức. Bài toán được phát biểu như sau:

Tìm  $\mathbf{x} \in R^n$  sao cho  $f(\mathbf{x}) \rightarrow \min$ , với các ràng buộc:

$$g_j(\mathbf{x}) \leq 0, j = 1, 2, \dots, m$$

$$h_k(\mathbf{x}) = 0, k = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

Trước hết ta trình bày cơ sở lý thuyết bài toán tối ưu hóa phi tuyến với các ràng buộc đẳng thức.

Tìm  $\mathbf{x} \in R^n$  sao cho  $f(\mathbf{x}) \rightarrow \min$ ,

$$\text{với các ràng buộc: } h_k(\mathbf{x}) = 0, k = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

Hàm Lagrange,  $L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda})$ , tương ứng với bài toán (2) được xác định bởi công thức [8, 9]

$$L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\lambda}) = f(\mathbf{x}) + \sum_{k=1}^p \lambda_k h_k(\mathbf{x}). \quad (3)$$

Trong đó  $\lambda_k$  là nhân tử Lagrange ứng với ràng buộc đẳng thức thứ  $k$ . Điều kiện cần Kuhn-Tucker có thể được viết dưới dạng như sau

$$\nabla L = \mathbf{0}, \text{ hay } \nabla f + \sum_{k=1}^p \lambda_k \nabla h_k = \mathbf{0} \quad \text{hay } \nabla f + \mathbf{A}^T \boldsymbol{\lambda} = \mathbf{0} \quad (4)$$

$$h_k(\mathbf{x}) = 0, k = 1, 2, \dots, p \quad (5)$$

Trong đó  $\mathbf{A}$  là một ma trận cỡ  $n \times p$ , cột thứ  $k$  biểu diễn gradient của hàm  $h_k$ . Các phương trình (4) và (5) là một hệ  $(n + p)$  phương trình phi tuyến với  $(n + p)$  ẩn ( $x_i, i = 1, \dots, n$  và  $\lambda_k, k = 1, \dots$

, , p). Các phương trình phi tuyến này có thể được giải bằng phương pháp Newton-Raphson. Để trình bày thuật toán thuận tiện, các công thức (4) và (5) được viết lại dưới dạng

$$\mathbf{F}(\mathbf{y}) = \mathbf{0}, \quad (6)$$

với

$$\mathbf{F} = \begin{Bmatrix} \nabla L \\ \mathbf{h} \end{Bmatrix}_{(n+p) \times 1}, \quad \mathbf{y} = \begin{Bmatrix} \mathbf{x} \\ \boldsymbol{\lambda} \end{Bmatrix}_{(n+p) \times 1}, \quad \mathbf{0} = \begin{Bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{Bmatrix}_{(n+p) \times 1}. \quad (7)$$

Theo phương pháp Newton-Raphson, nghiệm của hệ phương trình (6) có thể tìm được bằng công thức lặp như sau:  $\mathbf{y}_{j+1} = \mathbf{y}_j + \nabla \mathbf{y}_j$  (8)

$$\text{với} \quad \nabla \mathbf{F}(\mathbf{y}_j)^T \nabla \mathbf{y}_j = -\mathbf{F}(\mathbf{y}_j) \quad (9)$$

Trong đó  $\mathbf{y}_j$  là khởi đầu vòng lặp thứ  $j$ ,  $\nabla \mathbf{F}(\mathbf{y}_j)$  là ma trận Jacobi  $(n+p) \times (n+p)$ . Thay các phương trình (6) và (7) vào phương trình (9), ta có:

$$\begin{bmatrix} \nabla^2 \mathbf{L} & \mathbf{H} \\ \mathbf{H}^T & \mathbf{0} \end{bmatrix}_j \begin{Bmatrix} \Delta \mathbf{x} \\ \Delta \boldsymbol{\lambda} \end{Bmatrix}_j = - \begin{Bmatrix} \nabla L \\ \mathbf{h} \end{Bmatrix}_j \quad (10)$$

$$\Delta \mathbf{x}_j = \mathbf{x}_{j+1} - \mathbf{x}_j \quad (11)$$

$$\Delta \boldsymbol{\lambda}_j = \boldsymbol{\lambda}_{j+1} - \boldsymbol{\lambda}_j \quad (12)$$

Trong đó  $\nabla^2 \mathbf{L}$  là ma trận Hessian của hàm Lagrange. Phần thứ nhất của phương trình (10) có thể viết lại như sau:  $\nabla^2 \mathbf{L}_j \Delta \mathbf{x}_j + \mathbf{H}_j \Delta \boldsymbol{\lambda}_j = -\nabla L_j$  (13)

Sử dụng công thức (12) và công thức (4), phương trình (13) có dạng

$$\nabla^2 \mathbf{L}_j \Delta \mathbf{x}_j + \mathbf{H}_j (\boldsymbol{\lambda}_{j+1} - \boldsymbol{\lambda}_j) = -\nabla f_j - \mathbf{H}_j^T \boldsymbol{\lambda}_j \quad (14)$$

$$\text{Đơn giản hóa công thức (14) ta được:} \quad \nabla^2 \mathbf{L}_j \Delta \mathbf{x}_j + \mathbf{H}_j \boldsymbol{\lambda}_{j+1} = -\nabla f_j \quad (15)$$

Phương trình (15) và phần thứ hai của phương trình (10) có thể viết chung lại như sau

$$\begin{bmatrix} \nabla^2 \mathbf{L} & \mathbf{H} \\ \mathbf{H}^T & \mathbf{0} \end{bmatrix}_j \begin{Bmatrix} \Delta \mathbf{x}_j \\ \boldsymbol{\lambda}_{j+1} \end{Bmatrix}_j = - \begin{Bmatrix} \nabla f_j \\ \mathbf{h}_j \end{Bmatrix} \quad (16)$$

Giải hệ phương trình (16) ta tìm được vector  $\Delta \mathbf{x}_j$  và những giá trị mới của các nhân tử Lagrange  $\boldsymbol{\lambda}_{j+1}$ . Quá trình lặp được thực hiện bởi công thức (16) được tiếp tục cho đến khi hội tụ.

Bây giờ ta xét bài toán quy hoạch toàn phương sau: Tìm  $\Delta \mathbf{x}$  để cực tiểu hóa hàm mục tiêu dạng toàn phương

$$Q = \nabla f^T \Delta \mathbf{x} + \frac{1}{2} \Delta \mathbf{x}^T \nabla^2 \mathbf{L} \Delta \mathbf{x}, \quad (17)$$

với các ràng buộc đẳng thức dạng tuyến tính

$$h_k + \nabla h_k^T \Delta \mathbf{x} = 0, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad \text{hay} \quad \mathbf{h} + \mathbf{H}^T \Delta \mathbf{x} = 0 \quad (18)$$

Hàm Lagrange,  $\tilde{L}$ , tương ứng với bài toán cho bởi phương trình (17) có dạng

$$\tilde{L} = \nabla f^T \Delta \mathbf{x} + \frac{1}{2} \Delta \mathbf{x}^T \nabla^2 \mathbf{L} \Delta \mathbf{x} + \sum_{k=1}^p \lambda_k (h_k + \nabla h_k^T \Delta \mathbf{x}), \quad (19)$$

Trong đó  $\lambda_k$  là nhân tử Lagrange tương ứng với ràng buộc đẳng thức thứ  $k$ .

Các điều kiện cần Kuhn–Tucker có thể được xác định bởi

$$\nabla f + \nabla^2 \mathbf{L} \Delta \mathbf{x} + \mathbf{H} \boldsymbol{\lambda} = \mathbf{0} \quad (20)$$

$$h_k + \nabla h_k^T \Delta \mathbf{x} = 0, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (21)$$

Các phương trình (20) và (21) có thể được xác định giống như phương trình (16) ở dạng ma trận. Điều này nói rằng, bài toán gốc theo công thức (1) có thể được giải bằng bài toán quy hoạch dạng toàn phương bằng công thức (16).

Bây giờ ta trở lại bài toán (1), khi các ràng buộc bất đẳng thức được thêm vào bên cạnh các ràng buộc đẳng thức. Bài toán quy hoạch dạng toàn phương theo công thức (17) bây giờ có dạng

$$\text{Tìm } \mathbf{x} \text{ sao cho } Q = \nabla f^T \Delta \mathbf{x} + \frac{1}{2} \Delta \mathbf{x}^T \nabla^2 \mathbf{L} \Delta \mathbf{x} \rightarrow \min$$

$$\text{Các ràng buộc} \quad g_j(\mathbf{x}) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$h_k(\mathbf{x}) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (22)$$

Hàm Lagrange trong bài toán này có dạng

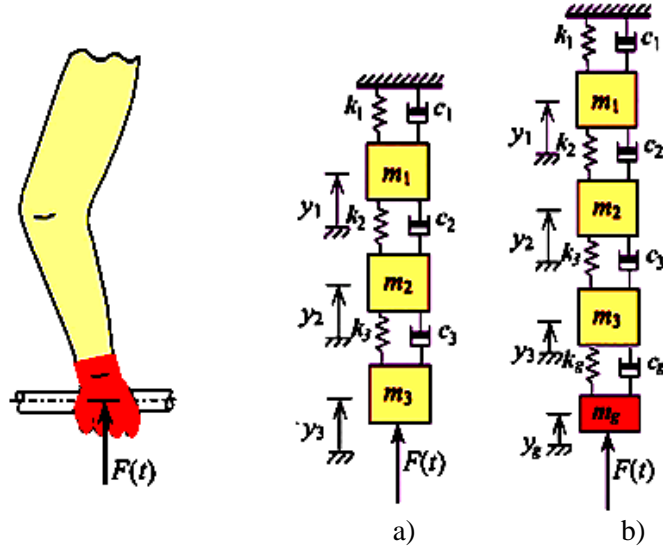
$$\tilde{L} = f(\mathbf{x}) + \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(\mathbf{x}) + \sum_{k=1}^p \mu_k h_k(\mathbf{x}) \quad (23)$$

Trong đó  $\lambda_j, \mu_k$  là các nhân tử Kuhn – Tucker. Do phải tối thiểu các hàm Lagrange bổ sung, phương pháp quy hoạch chuỗi các dạng toàn phương được gọi là phương pháp Lagrangian chiếu (*projected Lagrangian method*). Thuật toán số của phương pháp này được trình bày trong các tài liệu [8-9].

### 3. NGHIÊN CỨU GĂNG TAY CHỐNG RUNG

#### 3.1. Mô hình giảm rung cục bộ cho tay người bằng găng tay chống rung

Xét hệ dao động của tay người chịu kích động rung từ máy cầm tay, mô hình dao động được xem xét gồm các khối lượng  $m_1$  (bắp tay),  $m_2$  (cẳng tay),  $m_3$  (bàn tay), độ cứng tương ứng  $k_1, k_2, k_3$  và độ cản tương ứng  $c_1, c_2, c_3$ ; giả sử hệ chịu kích động  $F(t) = F_0 \cos(\Omega t)$  như hình 1.a, [4, 5].



Hình 1. Mô hình tay người sử dụng găng tay chống rung:  
a) Hệ gốc chưa sử dụng găng, b) Hệ có sử dụng găng

Phương trình dao động của hệ có dạng:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{y}_1 + (c_1 + c_2) \dot{y}_1 - c_2 \dot{y}_2 + (k_1 + k_2) y_1 - k_2 y_2 = 0 \\ m_2 \ddot{y}_2 - c_2 \dot{y}_1 + (c_2 + c_3) \dot{y}_2 - c_3 \dot{y}_3 - k_2 y_1 + (k_2 + k_3) y_2 - k_3 y_3 = 0 \\ m_3 \ddot{y}_3 - c_3 \dot{y}_2 + c_3 \dot{y}_3 - k_3 y_2 + k_3 y_3 = F(t) \end{cases} \quad (24)$$

Ở chế độ dao động bình ổn, nghiệm của hệ phương trình vi phân (24) có dạng

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{a} \cos(\Omega t) + \mathbf{b} \sin(\Omega t), \quad (25)$$

trong đó:  $\mathbf{y}(t) = [y_1(t) \quad y_2(t) \quad y_3(t)]^T$ ;  $\mathbf{a} = [a_{01} \quad a_{02} \quad a_{03}]^T$ ;  $\mathbf{b} = [b_{01} \quad b_{02} \quad b_{03}]^T$

Đạo hàm biểu thức (25) theo thời gian  $t$  ta được

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{y}}(t) &= -\Omega [\mathbf{a} \sin(\Omega t) - \mathbf{b} \cos(\Omega t)] \\ \ddot{\mathbf{y}}(t) &= -\Omega^2 [\mathbf{a} \cos(\Omega t) + \mathbf{b} \sin(\Omega t)] \end{aligned} \quad (26)$$

Thế (25), (26) vào hệ phương trình (24), đồng nhất các hệ số của  $\cos(\Omega t)$  và  $\sin(\Omega t)$  ta nhận được hệ phương trình đại số tuyến tính với biến là các phần tử của các véc tơ  $\mathbf{a}$  và  $\mathbf{b}$ :

$$\begin{cases} (k_1 + k_2 - m_1\Omega^2)a_{01} + (c_1 + c_2)\Omega b_{01} - k_2 a_{02} - c_2\Omega b_{02} = 0 \\ -(c_1 + c_2)\Omega a_{01} + (k_1 + k_2 - m_1\Omega^2)b_{01} + c_2\Omega a_{02} - k_2 b_{02} = 0 \\ -k_2 a_{01} - c_2\Omega b_{01} + (k_2 + k_3 - m_2\Omega^2)a_{02} + (c_2 + c_3)\Omega b_{02} - k_3 a_{03} - c_3\Omega b_{03} = 0 \\ c_2\Omega a_{01} - k_2 b_{01} - (c_2 + c_3)\Omega a_{02} + (k_2 + k_3 - m_2\Omega^2)b_{02} + c_3\Omega a_{03} - k_3 b_{03} = 0 \\ -k_3 a_{02} - c_3\Omega b_{02} + (k_3 - m_3\Omega^2)a_{03} + c_3\Omega b_{03} = F_0 \\ c_3\Omega a_{02} - k_3 b_{02} - c_3\Omega a_{03} + (k_3 - m_3\Omega^2)b_{03} = 0 \end{cases} \quad (27)$$

Giải hệ (27) ta thu được các thành phần  $a_{0i}$ ,  $b_{0i}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) của các véc tơ  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ . Từ đó xác định được các biên độ dao động của các khối lượng:  $R_{01} = \sqrt{a_{01}^2 + b_{01}^2}$ ,  $R_{02} = \sqrt{a_{02}^2 + b_{02}^2}$ ,  $R_{03} = \sqrt{a_{03}^2 + b_{03}^2}$ .

Khi sử dụng găng tay chống rung có khối lượng  $m_g$ , độ cứng tương ứng là  $k_g$  và độ cản tương ứng  $c_g$  như hình 1.b. Hệ phương trình vi phân dao động của hệ khi sử dụng găng tay chống rung:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{y}_1 + (c_1 + c_2)\dot{y}_1 - c_2 \dot{y}_2 + (k_1 + k_2)y_1 - k_2 y_2 = 0 \\ m_2 \ddot{y}_2 - c_2 \dot{y}_1 + (c_2 + c_3)\dot{y}_2 - c_3 \dot{y}_3 - k_2 y_1 + (k_2 + k_3)y_2 - k_3 y_3 = 0 \\ m_3 \ddot{y}_3 - c_3 \dot{y}_2 + (c_3 + c_g)\dot{y}_3 - c_g \dot{y}_g - k_3 y_2 + (k_3 + k_g)y_3 - k_g y_g = 0 \\ m_g \ddot{y}_g - c_g \dot{y}_3 + c_g \dot{y}_g - k_g y_3 + k_g y_g = F(t) \end{cases} \quad (28)$$

Ở chế độ chuyển động bình ổn, nghiệm của hệ có dạng

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{a}\cos(\Omega t) + \mathbf{b}\sin(\Omega t) \quad (29)$$

trong đó:  $\mathbf{y}(t) = [y_1(t) \quad y_2(t) \quad y_3(t) \quad y_g(t)]^T$

$$\mathbf{a} = [a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_g]^T; \quad \mathbf{b} = [b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad b_g]^T$$

Đạo hàm biểu thức (29) theo thời gian  $t$  ta được

$$\dot{\mathbf{y}}(t) = -\Omega [\mathbf{a}\sin(\Omega t) - \mathbf{b}\cos(\Omega t)] \quad (30)$$

$$\ddot{\mathbf{y}}(t) = -\Omega^2 [\mathbf{a}\cos(\Omega t) + \mathbf{b}\sin(\Omega t)]$$

Thế (29) và (30) vào hệ phương trình (28), đồng nhất các hệ số của  $\cos(\Omega t)$  và  $\sin(\Omega t)$  ta nhận được hệ phương trình đại số tuyến tính với các biến là các phần tử của các véc tơ  $\mathbf{a}$  và  $\mathbf{b}$ :

$$\begin{cases} (k_1 + k_2 - m_1\Omega^2)a_1 + (c_1 + c_2)\Omega b_1 - k_2 a_2 - c_2\Omega b_2 = 0 \\ -(c_1 + c_2)\Omega a_1 + (k_1 + k_2 - m_1\Omega^2)b_1 + c_2\Omega a_2 - k_2 b_2 = 0 \\ -k_2 a_1 - c_2\Omega b_1 + (k_2 + k_3 - m_2\Omega^2)a_2 + (c_2 + c_3)\Omega b_2 - k_3 a_3 - c_3\Omega b_3 = 0 \\ c_2\Omega a_1 - k_2 b_1 - (c_2 + c_3)\Omega a_2 + (k_2 + k_3 - m_2\Omega^2)b_2 + c_3\Omega a_3 - k_3 b_3 = 0 \\ -k_3 a_2 - c_3\Omega b_2 + (k_3 + k_g - m_3\Omega^2)a_3 + (c_3 + c_g)\Omega b_3 - k_g a_g - c_g\Omega b_g = 0 \\ c_3\Omega a_2 - k_3 b_2 - (c_3 + c_g)\Omega a_3 + (k_3 + k_g - m_3\Omega^2)b_3 + c_g\Omega a_g - k_g b_g = 0 \\ -k_g a_3 - c_g\Omega b_3 + (k_g - m_g\Omega^2)a_g + c_g\Omega b_g = F_0 \\ c_g\Omega a_3 - k_g b_3 - c_g\Omega a_g + (k_g - m_g\Omega^2)b_g = 0 \end{cases} \quad (31)$$

Giải hệ phương trình đại số tuyến tính (31) các thành phần  $a_i$ ,  $b_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) của các véc tơ  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ . Từ đó xác định được các biên độ dao động của các khối lượng.

Bài toán đặt ra ở đây là : Xác định các giá trị tham số  $m_g, k_g, c_g$  của găng tay chống rung sao cho biểu thức  $f(m_g, c_g, k_g) = R_3 = \sqrt{a_3^2 + b_3^2}$  đạt cực tiểu.

### 3.2. Sử dụng phương pháp SQP tính toán tối ưu các tham số của găng tay chống rung

Để trình bày việc xác định các tham số tối ưu của găng tay chống rung (hình 1.b), ta đưa vào các kí hiệu như sau.  $\mathbf{x} = [m_g, k_g, c_g]^T$ ,  $f(\mathbf{x}) = f(m_g, c_g, k_g) = R_3 = \sqrt{a_3^2 + b_3^2}$ .

Bài toán quy hoạch tối ưu phi tuyến có ràng buộc được phát biểu như sau: Tìm các giá trị của tham số  $m_g, k_g, c_g$  của găng tay chống rung ở trong miền ràng buộc

$$0,01 \leq m_g \text{ (kg)} \leq 0,1; \quad 1000 \leq k_g \text{ (N/m)} \leq 5000; \quad 1 \leq c_g \text{ (Ns/m)} \leq 50$$

sao cho  $f(m_g, c_g, k_g) = R_3 = \sqrt{a_3^2 + b_3^2}$  đạt cực tiểu.

Chú ý rằng nếu biên độ của khối lượng  $m_3$  đạt cực tiểu thì theo [12] toàn bộ các khối lượng khác của hệ 1.b cũng sẽ có biên độ nhỏ.

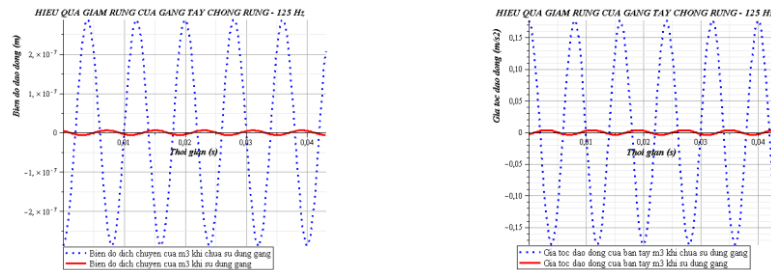
Các thông số nhân trắc cơ thể người được lấy tương ứng với người trưởng thành trọng lượng 60 kg. [13, 14] Vị trí bắp tay:  $m_1 = 1.62 \text{ kg}$ ;  $k_1 = 50 \text{ kN/m}$ ;  $c_1 = 1 \text{ kNs/m}$ ;

Vị trí cẳng tay:  $m_2 = 1.08 \text{ kg}$ ;  $k_2 = 50 \text{ kN/m}$ ;  $c_2 = 1 \text{ kNs/m}$ ;

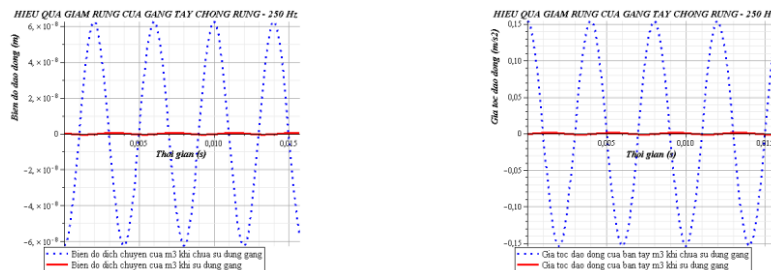
Vị trí bàn tay:  $m_3 = 0.54 \text{ kg}$ ;  $k_3 = 50 \text{ kN/m}$ ;  $c_3 = 1 \text{ kNs/m}$ ;

Sử dụng phương pháp SQP ta xác định được các tham số tối ưu cho găng tay chống rung, đạt hiệu quả trên 97% như sau:  $m_g = 0,1 \text{ kg}$ ;  $c_g = 1 \text{ Ns/m}$ ;  $k_g = 1000 \text{ N/m}$ .

Trên các hình 2 và 3 trình bày một vài kết quả so sánh biên độ dao động khi không sử dụng và có sử dụng găng tay chống rung.



Hình 2. Hiệu quả giảm rung đạt 97,89 % của găng tay chống rung tại 125 Hz



Hình 3. Hiệu quả giảm rung đạt 99,24% của găng tay chống rung tại 250 Hz

### 3.3. Thực nghiệm và tính toán găng tay chống rung bằng vật liệu cao su tự nhiên

Việc lựa chọn các vật liệu để chế tạo găng tay chống rung là vấn đề không đơn giản. Dưới đây trình bày việc tính toán các tham số của găng tay và nghiên cứu thực nghiệm găng tay chống rung của Viện Nghiên cứu KHKT Bảo hộ Lao động Hà Nội.

#### 3.3.1. Tính toán các tham số găng tay chống rung

Găng tay chống rung được tiến hành nghiên cứu làm từ cao su tự nhiên, sau đó được ép lên găng tay dạng sợi hiện có trên thị trường.

Thông số nhân trắc cơ thể người được lấy tương ứng với người trưởng thành trọng lượng 60 kg. [13, 14]

Vị trí bắp tay:  $m_1 = 1.62 \text{ kg}$  ;  $k_1 = 50 \text{ kN/m}$ ;  $c_1 = 1 \text{ kNs/m}$ ;

Vị trí cẳng tay:  $m_2 = 1.08 \text{ kg}$  ;  $k_2 = 50 \text{ kN/m}$ ;  $c_2 = 1 \text{ kNs/m}$ ;

Vị trí bàn tay:  $m_3 = 0.54 \text{ kg}$  ;  $k_3 = 50 \text{ kN/m}$ ;  $c_3 = 1 \text{ kNs/m}$ ;

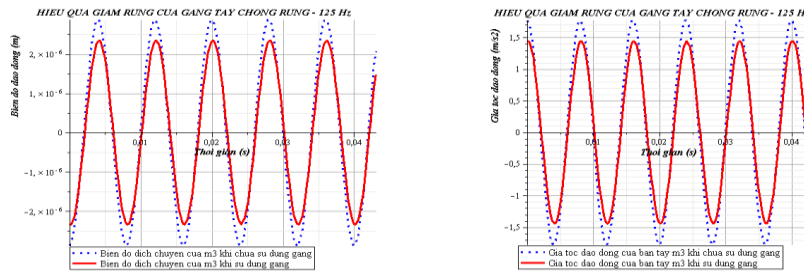
Tối ưu các tham số của găng tay chống rung bằng phương pháp SQP với các biên ràng buộc:

$$0,01 \leq m_g \text{ (kg)} \leq 0,1; \quad 500 \leq k_g \text{ (N/m)} \leq 10000; \quad 70 \leq c_g \text{ (Ns/m)} \leq 1000.$$

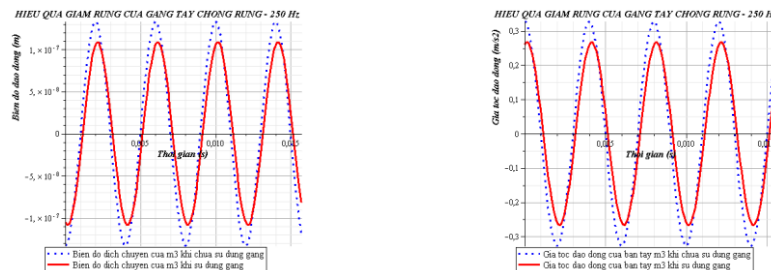
Đã xác định được các tham số tối ưu cho găng tay chống rung như sau:

$$m_g = 0,1 \text{ kg}; \quad c_g = 534,99 \text{ Ns/m}; \quad k_g = 5249,99 \text{ N/m}$$

Hiệu quả giảm rung được biểu diễn bằng các đồ thị mô phỏng số trên các hình 4-7.



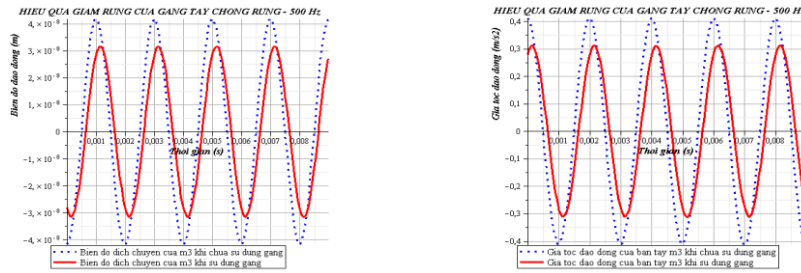
Hình 4. Hiệu quả giảm rung đạt 18,59 % của găng tay chống rung cao su tự nhiên tại 125 Hz



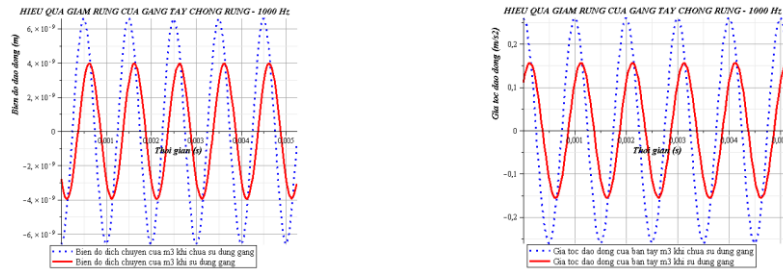
Hình 5. Hiệu quả giảm rung đạt 18,46 % của găng tay chống rung cao su tự nhiên tại 250 Hz



## Giảm tác dụng rung lên tay bằng sử dụng găng tay chống rung



Hình 6. Hiệu quả giảm rung đạt 24,39 % của găng tay chống rung thực nghiệm tại 500 Hz



Hình 7. Hiệu quả giảm rung đạt 40,01% của găng tay chống rung cao su tự nhiên tại 1000 Hz

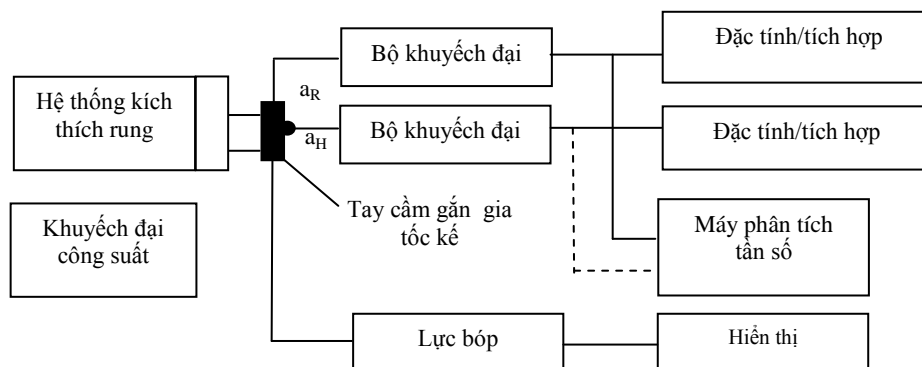
### 3.3.2. Thiết kế chế tạo

Găng tay chống rung đã được tiến hành thiết kế, gia công chế tạo bằng khuôn ép găng tay cao su sử dụng công nghệ cao như: vẽ thiết kế trên AutoCad, gia công trên các máy cắt dây, máy xung, máy mài phẳng, ... Chính điều này đã đảm bảo độ chính xác cao của khuôn sau gia công. Găng tay chống rung được làm từ loại găng tay sợi sẵn có trên thị trường, sau đó cao su tự nhiên (độ cứng 39 ShoreA) sẽ được ép lên trên bề mặt găng sợi để làm vật liệu hấp thụ rung.



Hình 8. Gia công găng tay chống rung

### 3.3.3. Đo đạc, đánh giá thử nghiệm (theo tiêu chuẩn ISO 10819:1996)



Hình 9. Sơ đồ đánh giá gắng tay chống rung theo ISO 10819 (1996)



Hình 10. Đánh giá gắng tay chống rung của hãng Vibration theo ISO 10819 (1996)



Hình 11. Đánh giá gắng tay chống rung cao su tự nhiên theo ISO 10819(1996)

Các hình 9-11 cho biết một số hình ảnh về quá trình thực nghiệm. Bảng 1 trình bày một số kết quả đo đặc đánh giá hiệu quả giảm rung của găng tay. Trên bảng 2 và hình 12 cho biết sự phù hợp khá tốt giữa kết quả tính toán lí thuyết theo phương pháp SQP và kết quả đo đạc thực nghiệm.

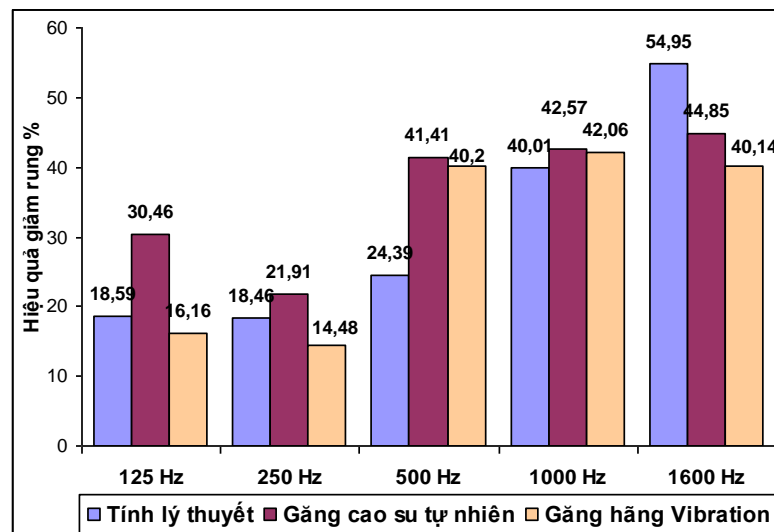
Bảng 1. Tổng hợp kết quả đo đạc đánh giá hiệu quả giảm rung các mẫu găng tay

Mẫu thử	Tần số (Hz)	Gia tốc tại cổ tay ( $m/s^2$ )			Gia tốc tại cổ tay khi có găng ( $m/s^2$ )				% giảm
		Lần 1	Lần 2	Trung bình	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình	
Găng tay chống rung cao su tự nhiên	125	1,29	1,28	1,3	1,2900	0,1111	0,0772	0,6954	30,46
	250	0,219	0,217	0,227	0,2210	0,0169	0,0132	0,7809	21,91
	500	0,29	0,296	0,2930	0,178	0,164	0,173	0,1717	41,41
	1000	0,2	0,204	0,2020	0,122	0,109	0,117	0,1160	42,57
	1600	0,107	0,106	0,1065	0,0588	0,0579	0,0595	0,0587	44,85

Mẫu của hãng Vibration	125	1,47	1,48	1,475	1,25	1,28	1,18	1,2367	16,16
	250	0,288	0,295	0,2915	0,25	0,246	0,252	0,2493	14,48
	500	0,288	0,285	0,2865	0,167	0,178	0,169	0,17133	40,20
	1000	0,184	0,198	0,191	0,113	0,108	0,111	0,11067	42,06
	1600	0,123	0,107	0,115	0,0666	0,0695	0,0704	0,06883	40,14

Bảng 2. So sánh kết quả tính toán lí thuyết với kết quả đo đạc thực nghiệm về hiệu quả giảm rung của găng tay chống rung

Tần số đánh giá (Hz)	Hiệu quả giảm rung của găng tay (%)		
	Tính lí thuyết	Mẫu găng cao su tự nhiên	Hãng Vibration
125	18,59	30,46	16,16
250	18,46	21,91	14,48
500	24,39	41,41	40,20
1000	40,01	42,57	42,06
1600	54,95	44,85	40,14



Hình 12. So sánh đánh giá hiệu quả giảm rung của găng tay chống rung

#### 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở tính toán tối ưu các tham số của găng tay chống rung, ta có thể lựa chọn được các tham số để găng tay chống rung đạt hiệu quả cao nhất. Những kết quả nghiên cứu lí thuyết

trong bài báo này đã chỉ ra rằng, ta có thể tìm ra được các tham số của găng tay để đạt được hiệu quả giảm rung cao nhất, nếu như tìm được những vật liệu có những tham số phù hợp.

Tuy nhiên, vấn đề tìm ra được một chủng loại vật liệu đáp ứng được các tham số tính toán là khó khăn. Trong bài báo đã tiến hành xác định các tham số cho mẫu găng tay được chế tạo bằng cao su thiên nhiên và gia công đo đạc đánh giá hiệu quả giảm rung theo tiêu chuẩn ISO 10819 (1996). Những kết quả nghiên cứu giữa lý thuyết và thực nghiệm đã chỉ ra những đánh giá bước đầu về độ chính xác của phương pháp tính toán. Đây là những nghiên cứu mới lần đầu tiên được áp dụng trong công việc tính toán xác định các tham số của găng tay chống rung, trước đây những nghiên cứu này chủ yếu được thực hiện theo phương pháp thực nghiệm.

**Lời cảm ơn.** Bài báo này được hoàn thành với sự trợ giúp kinh phí của Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ quốc gia (NAFOSTED).

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Harris C. M., Piersol A. G. - Harris' Shock and Vibration Handbook (5. Edition), McGraw-Hill 2002.
2. Griffin M. J. - Handbook of Human Vibration, Elsevier, 1996.
3. ISO 10819: Mechanical Vibration and Shock – Hand-arm Vibration – Method for the Measurement and Evaluation of the Vibration Transmissibility of Gloves at the Palm of the Hand, 1996.
4. Nguyễn Văn Khang, Đỗ Sanh, Triệu Quốc Lộc, Nguyễn Sĩ - Dao động trong Bảo hộ lao động, Viện Nghiên cứu KHKT Bảo hộ lao động, 1990.
5. Nguyễn Văn Khang - Dao động kỹ thuật (in lần 4), NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2005.
6. Nguyễn Văn Khang, Triệu Quốc Lộc, Nguyễn Anh Tuấn - Phương pháp thực nghiệm đo đạc găng tay chống rung và một số kết quả nghiên cứu bước đầu. Tuyển tập Hội nghị cơ học toàn quốc 2010, tr. 125-131.
7. Nguyễn Anh Tuấn - Nghiên cứu ảnh hưởng của dao động đến cơ thể người. Luận văn thạc sỹ khoa học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2007.
8. Singresu S. Rao - Engineering Optimization Theory and Practice (Fourth edition), John Wiley & Sons, Inc 2009.
9. Nocedal J., Wright S. J. - Numerical Optimization (second edition), Springer, 2006.
10. Bhatti M. A. - Practical Optimization Methods with mathematica applications, Springer 2000.
11. Nguyễn Nhật Lê - Các bài toán cơ bản của tối ưu hóa và điều khiển tối ưu, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2009.
12. Nguyễn Anh Tuấn - Xác định các tham số của bộ tắt chấn động lực hệ dao động nhiều bậc tự do bằng phương pháp SQP, Chuyên đề nghiên cứu sinh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2011.
13. Nguyễn Anh Tuấn - Nghiên cứu giảm rung cho công nhân sử dụng máy khoan khí nén cầm tay bằng bộ tắt chấn động lực kết hợp với phương tiện bảo vệ cá nhân, Đề tài 207/04/TLĐ, 2009.

14. Фролов К. В. - Вибрации в технике, Том 6, Машиностроение, Москва, 1981.

**ABSTRACT**

**VIBRATIONS REDUCTION TO HAND WITH THE ANTI-VIBRATION GLOVES**

Nguyen Van Khang<sup>1</sup>, Trieu Quoc Loc<sup>2</sup>, Nguyen Anh Tuan<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>*Hanoi University of Technology, No.1, Dai Co Viet, Hai Ba Trung Dist., Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*National Institute of Labour Protection (NILP)  
99 Tran Quoc Toan Str., Hoan Kiem Dist., Hanoi, Vietnam*

\*Email: *anhtuanbhld@gmail.com*

Anti-vibration gloves (AVG) are personal protective equipment to reduce vibrations to the worker's hands. AVG are used mainly for workers operating the handheld with high level vibrations such as: pneumatic rock drilling machine, riveting machine, saws, etc... Currently, most of researches on AVG are performed with use of experimental methods; and there is lack of reasonable calculate approach to effectively evaluate and determine the material parameters of the AVG.

This report will provide a method of calculating the material parameters for AVG based on a mechanical - biological model of the hands and gloves, from which the optimal parameters of the AVG by sequential quadratic programming (SQP).

*Keywords:* anti-vibration gloves, optimal, reduced vibration, SQP