

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM WORKING MODEL PHÂN TÍCH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CẦU TRỤC MỘT DẦM

APPLICATION OF WORKING MODEL SOFTWARE IN THE DYNAMIC ANALYSIS OF A SINGLE-GIRDER OVERHEAD CRANE

ThS. **Đỗ Hữu Tuấn***, ThS. **Phùng Công Dũng**
Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
*Email: tuandh@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Cầu trục là thiết bị nâng sử dụng phổ biến trong nhà xưởng, kho bãi. Trong quá trình làm việc, do tính chất của vật liệu chế tạo kết cấu và tải trọng tác dụng nên tạo ra dao động cho toàn bộ máy, nhất là quá trình xe con mang tải di chuyển trên dầm chính. Bài báo ứng dụng phần mềm Working Model để phân tích các dao động của cầu trục, từ kết quả phân tích của phần mềm sẽ lựa chọn được thông số làm việc hợp lý của thiết bị.

Từ khóa: Cầu trục; Dao động kỹ thuật; Động lực học cầu trục; Ứng dụng phần mềm Working Model.

ABSTRACT

Overhead cranes are commonly used in workshops and warehouses. During operation, due to the properties of the structural material and the applied loads, vibrations are generated throughout the machine, especially when the trolley carrying the load moves along the main girder. This paper applies the Working Model software to analyze the vibrations of the overhead crane. Based on the software's analysis results, optimal operating parameters for the equipment can be selected.

Keywords: Overhead Crane; Mechanical Vibrations; Crane Dynamics; Application of Working Model Software.

1. GIỚI THIỆU

Cầu trục là một trong những thiết bị nâng hạ chuyên dụng, được sử dụng rộng rãi trong các nhà xưởng, khu công nghiệp và kho bãi [1, 2]. Tại Việt Nam, cầu trục đã được thiết kế và chế tạo trong nước, đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của các ngành sản xuất. Trong quá trình thiết kế cầu trục, việc phân tích động

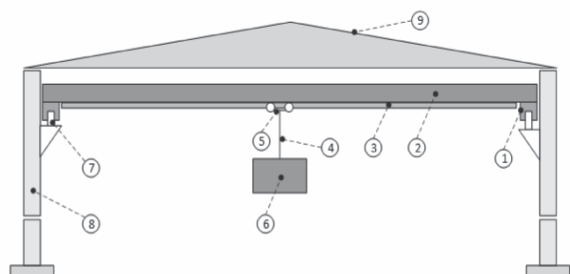
học và xác định các đặc trưng dao động của hệ thống là yêu cầu thiết yếu nhằm đảm bảo hiệu quả hoạt động cũng như độ an toàn trong quá trình vận hành. Dao động của cầu trục phát sinh chủ yếu trong quá trình xe con nâng tải và đặc biệt rõ rệt khi xe con di chuyển dọc theo dầm chính. Những dao động này không chỉ ảnh hưởng đến độ chính xác khi làm việc mà còn có thể gây ra các vấn đề về mỏi kết cấu và mất an

toàn cho người vận hành. Trong các nghiên cứu trước đây, nhiều tác giả đã tiếp cận vấn đề này thông qua việc xây dựng các mô hình toán học của hệ dao động nhiều bậc tự do [3, 4], đồng thời áp dụng các giả thiết tính toán phổ biến trong cơ học kỹ thuật [5, 6]. Các mô hình này tuy có độ chính xác cao nhưng thường đòi hỏi quá trình tính toán phức tạp. Nghiên cứu này đề xuất ứng dụng phần mềm mô phỏng động học Working Model để phân tích và đánh giá động lực học của cầu trục một dầm. Phần mềm cho phép mô phỏng trực quan các quá trình dao động và chuyển động của hệ thống thông qua các đồ thị và hình ảnh động [7].

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC BẰNG PHẦN MỀM

2.1. Cấu tạo chung của cầu trục một dầm

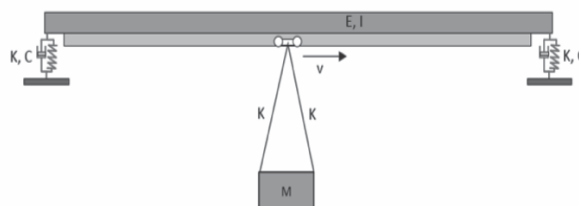
Cấu tạo chung của cầu trục một dầm sử dụng trong nhà xưởng được thể hiện trên hình 1. Kết cấu dầm chủ (2) được liên kết cứng với dầm đầu (1). Trên dầm chủ được hàn ray di chuyển xe con (3). Xe con (5) nâng hạ hàng (6) thông qua pa-lăng cáp (4). Toàn bộ cầu trục di chuyển trên ray (7) đặt trên hệ thống cột đỡ (8). Do cầu trục làm việc trong nhà xưởng nên sẽ không có tải trọng gió nhờ mái che số (9).



Hình 1. Cấu tạo chung của cầu trục một dầm
1 - Dầm đầu; 2 - Dầm chủ; 3 - Ray di chuyển xe con; 4 - Pa-lăng cáp; 5 - Xe con; 6 - Hàng nâng; 7 - Ray di chuyển máy; 8 - Cột xưởng; 9 - Mái xưởng

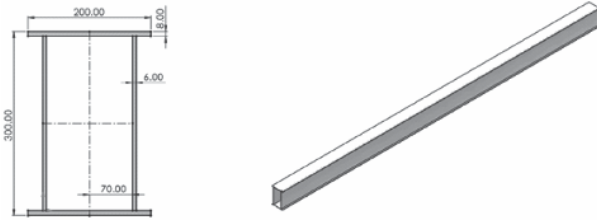
Trong quá trình hoạt động của cầu trục, sau khi nâng hàng đến chiều cao nâng nhất định, xe con sẽ di chuyển hàng dọc theo dầm chủ. Mặc dù hàng nâng có thể dao động trong hai mặt phẳng, tuy nhiên dao động trong mặt phẳng tải trọng thường có ảnh hưởng lớn hơn so với mặt phẳng còn lại. Chính vì vậy, trong bài báo này sẽ ứng dụng phần mềm để phân tích các trạng thái dao động trong mặt phẳng tải trọng.

2.2. Mô hình động lực học



Hình 2. Mô hình động lực học của cầu trục một dầm

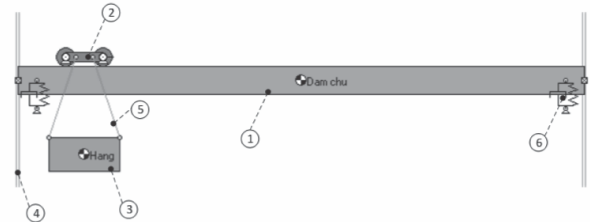
Mô hình động lực học của cầu trục thể hiện trên hình 2. Trên mô hình động lực học, dầm chính của cầu trục là vật biến dạng, đặt trên hệ đàn hồi được mô hình hóa bằng hệ lò xo-giảm chấn. Cáp thép của hệ pa-lăng nâng hàng được mô hình bằng phần tử đàn hồi. Mô hình được xét trong mặt phẳng tải trọng, khi xe con mang hàng di chuyển. So với phương pháp tính toán lý thuyết, cần phải thành lập các phương trình vi phân dao động của dầm chủ và hàng nâng trong các điều kiện làm việc khác nhau của cầu trục sau đó giải hệ phương trình vi phân chuyển động của cơ hệ để tìm ra các đặc trưng của dao động. Phương pháp dùng phần mềm có ưu điểm không cần phải thành lập phương trình vi phân dạng tường minh, các phần tử trong phần mềm Working Model đã chứa sẵn các phương trình toán học. Để mô tả cơ hệ, cần lựa chọn và cài đặt đúng các tham số. Các thông số của kết cấu được mô tả ở bảng 1.



Hình 3. Thông số kích thước của dầm chủ

Mô hình động lực học xây dựng trong Working Model của cầu trục khi xe con di chuyển hàng nâng trên dầm chủ được thể hiện trên hình 4. Trong mô hình động lực học, liên kết trượt (4) đảm bảo dầm chủ chỉ có dao động theo phương thẳng đứng. Xe con (2) được dẫn

động di chuyển bằng các mô tơ đặt tại các bánh xe. Cáp thép (5) là phần tử đàn hồi được nối với hàng nâng.



Hình 4. Mô hình động lực học trong phần mềm Working Model

1 - Dầm chủ; 2 - Xe con; 3 - Hàng nâng;
4 - Liên kết trượt
5 - Cáp nâng; 6 - Hệ lò xo-giảm chấn

Bảng 1. Thông số mô phỏng của mô hình

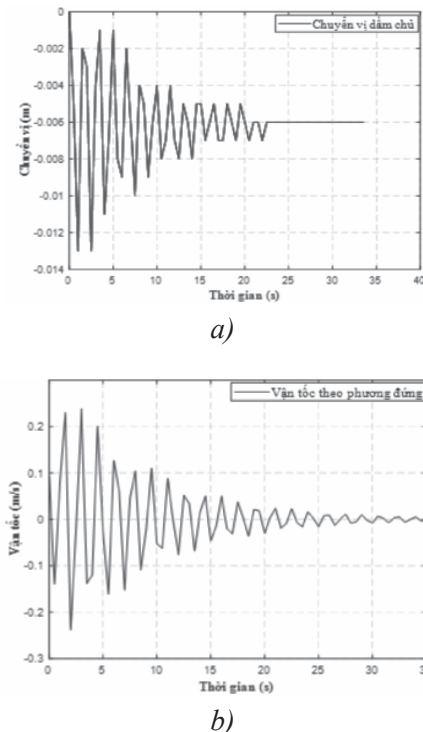
Đối tượng	Tham số	Giá trị	Đơn vị
Dầm chủ	Mặt cắt	300*200*8*6	mm
	Chiều dài	6000	mm
	Vật liệu	SS400	-
	Khối lượng	311.24	kg
	Mômen quán tính khối	5.65	kg*m ²
Hàng nâng	Kích thước	500*250*250	mm
	Khối lượng	245.31	kg
	Mômen quán tính khối	6.39	kg*m ²
	Chiều cao nâng	1	m
Hệ lò xo-giảm chấn	Hệ số đàn hồi của lò xo (K)	500000	N/m
	Hệ số giảm chấn (C)	150	Ns/m
Xe con	Vận tốc di chuyển	5	m/phút



3. KẾT QUẢ VÀ NHẬN XÉT

3.1. Kết quả phân tích động lực học dầm chủ

Kết quả phân tích động lực học theo phương thẳng đứng của dầm chủ được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Kết quả phân tích động lực học của dầm chủ

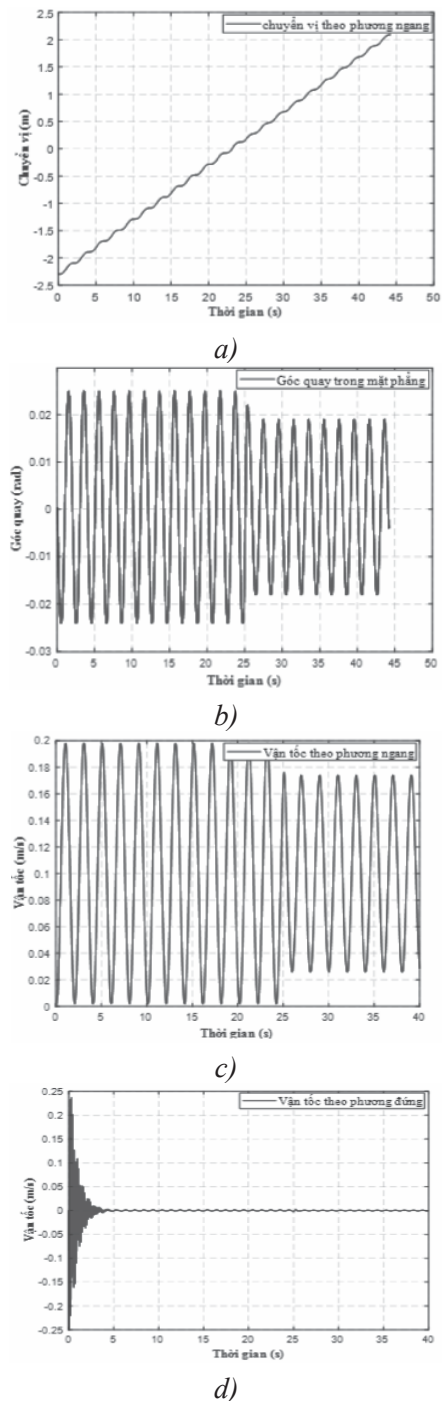
a) Chuyển vị đứng; b) Vận tốc theo phương đứng

Từ kết quả có thể thấy, dao động của dầm chủ là động điều hòa tắt dần, kết cấu dao động rõ rệt tại thời điểm xe con mang hàng bắt đầu di chuyển trên dầm chính và tắt dần sau khoảng 22 giây. Tuy nhiên khi xe con di chuyển, vận tốc của dầm vẫn thay đổi nhỏ.

3.2. Kết quả phân tích động lực học hàng nâng

Trong quá trình xe còn di chuyển, sự dao động của hàng nâng cũng ảnh hưởng rõ đến dao động của toàn bộ máy. Kết quả phân tích

dao động thể hiện ở hình 6.



Hình 6. Kết quả phân tích động lực học của hàng nâng

a) Chuyển vị ngang; b) Góc quay;
c) Vận tốc chuyển vị ngang;
d) Vận tốc chuyển vị đứng

Có thể thấy, trong quá trình xe con mang hàng di chuyển, chuyển động lắc của hàng có ảnh hưởng đến chuyển vị của xe con (hình 6-a) làm cho chuyển vị có dao động nhỏ. Hàng nâng có dao động lắc trong mặt phẳng tải trọng (hình 6-b). Ngoài ra khi di chuyển, vận tốc của hàng theo phương ngang cũng có sự dao động (hình 6-c). Trong khi dao động theo phương đứng của hàng thể hiện rõ khi xe con mới bắt đầu di chuyển, và giảm dần khi xe con di chuyển ổn định (hình 6-d).

Như vậy, trong quá trình làm việc, do tính chất vật liệu chế tạo và tải trọng tác dụng, toàn bộ cơ hệ của cầu trục dao động trong mặt phẳng ngang, chuyển vị của dầm dao động lớn nhất khi xe con bắt đầu di chuyển và giảm dần khi xe con di chuyển ổn định. Trong quá trình chuyển động, hàng nâng có dao động lắc trong mặt phẳng tải trọng, chính chuyển động này làm cho vận tốc của hàng theo phương ngang cũng thay đổi trong suốt quá trình di chuyển hàng trên dầm chính. Các kết quả phân tích bằng Working Model thể hiện trực quan, dễ theo dõi. Có thể áp dụng phần mềm này đối với phân tích động lực học của các thiết bị nâng tương tự như cầu trục. ❖

Ngày nhận bài: **15/5/2025**

Ngày phản biện: **11/6/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Hợp, Nguyễn Thị Nghi, Lê Thiện Thành (2000), "*Máy trục vận chuyển*". NXB. Giao thông vận tải
- [2]. Đỗ Hữu Tuấn, Bùi Văn Trầm, Phùng Công Dũng (2021), "*Máy nâng vận chuyển*". NXB. Xây dựng.
- [3]. S S Enin, E Y Omelchenko, N V Fomin, A V Belyi, "*Overhead Crane Computer Model*". Materials Science and Engineering 327 (2018) 022028, doi:10.1088/1757-899X/327/2/022028.
- [4]. G. D. Muscă (Anghelache) and S. Năstac, "*Dynamic modelling of overhead crane*". Materials Science and Engineering 916 (2020) 012071, doi:10.1088/1757-899X/916/1/012071.
- [5]. Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Phòng Điền (2024), "*Cơ học kỹ thuật*". NXB. Bách khoa Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Văn Khang (2017), "*Động lực học hệ nhiều vật*". NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [7]. Working Model 2D, Design Simulation Technologies.