

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM ADAMS/VIEW ĐỂ KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC TRONG MÁY SÀNG RUNG

APPLYING ADAMS/VIEW SOFTWARE IN INVESTIGATING DYNAMIC CHARACTERISTICS OF VIBRATORY SIFTERS

Nguyễn Thái Dương

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng; ntduong@ute.udn.vn

Tóm tắt - Máy sàng rung là một trong các thiết bị dùng để phân tách các cỡ hạt khác nhau trong hỗn hợp vật liệu thành từng cỡ hạt riêng biệt [1], nên loại máy này hiện được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu và cải tiến. Hiện nay, mô phỏng động lực học bao giờ cũng là tiền đề để chuẩn bị công việc chế tạo thực tế. Chính vì vậy, việc ứng dụng phần mềm ADAMS/View để khảo sát đặc tính động lực học máy sàng rung - đã được tác giả tính toán thiết kế - đóng vai trò quan trọng. Bài báo khảo sát vận tốc, khảo sát gia tốc và tần số riêng của khung sàng, kết quả khảo sát cho thấy mô hình làm việc trong môi trường mô phỏng phù hợp với lý thuyết, từ đó nghiệm chứng khả năng làm việc của mô hình, có thể ứng dụng để chế tạo mô hình thực tế. Kết quả mang lại giá trị tham khảo nhất định trong các thiết kế máy sàng rung nói riêng và trong lĩnh vực thiết kế cơ khí nói chung.

Từ khóa - ADAMS/View; SOLIDWORKS; máy sàng rung; đặc tính động lực học; rung động

1. Đặt vấn đề

Để đảm bảo chất lượng công trình thì vật liệu xây dựng đòi hỏi phải sạch và đúng chuẩn. Cát là một trong những yếu tố quyết định, ảnh hưởng đến công trình. Hiện nay, nguồn cung cấp cát tự nhiên đã giảm đáng kể, nên vấn đề đặt ra là tạo ra cát nhân tạo từ đá thiên nhiên để đảm bảo nguồn cung. Tuy nhiên, khi tạo ra cát nhân tạo vẫn không tránh khỏi sự xen lẫn với sỏi, cát hạt lớn và các tạp chất khác. Chính vì vậy, đã có nhiều nhà nghiên cứu trong và ngoài nước đối với vấn đề này đã tiến hành nghiên cứu tính toán và thiết kế chế tạo ra nhiều chủng loại máy sàng cát để phục vụ cho mục đích này [2-5].

Ở nước ta trong những năm gần đây, việc nghiên cứu tính toán chế tạo thực tế nhiều chủng loại máy sàng cát đã được tiến hành tương đối rộng rãi. Bài báo [2] giới thiệu về việc thiết kế, chế tạo máy sàng phân loại hạt mài theo kiểu sàng rung cơ khí, nhóm tác giả đã xác định được bộ thông số tối ưu của máy gồm tốc độ rung của sàng, biên độ sàng và thời gian sàng ngắn nhất. Bài báo [3] thiết kế và chế tạo một máy sàng cát nhiều lớp có thể điều chỉnh góc nghiêng, nhóm tác giả đã tiến hành thực hiện một loạt các thí nghiệm để xác định góc nghiêng tối ưu và lượng nạp liệu tối đa của máy sàng đối cho cả hai trường hợp cát khô và cát ướt. Bài báo [4] tập trung thiết kế và chế tạo các bộ phận của máy sàng, mục tiêu của nghiên cứu là xác định độ bền, độ an toàn và sự tiện dụng của cấu trúc thân máy. Trong bài báo [5], nhóm tác giả đã tiến hành tính toán thiết kế và chế tạo một thiết bị sàng cát kết hợp với việc trộn xi măng, thiết bị sử dụng kỹ thuật tự động nhỏ nhất và tốt nhất có thể để có được sản lượng tối đa với vốn đầu tư. Bên cạnh đó, việc phân tích động lực học trong quá trình thiết kế cũng là một yêu cầu bắt buộc, mô phỏng động lực học làm giảm thiểu việc chế tạo mẫu thử vốn tốn rất

Abstract - The vibratory sifter is one of the devices used to separate different particle sizes of material mixture into separate particle sizes [1], thus this device has attracted interest from scientists aiming to do research and make improvements. Currently, simulation dynamics is always a prerequisite to prepare actual fabrication work. Therefore, the application of ADAMS/View software to examine vibratory sifter dynamics, which is designed by the author of this article, plays an important role. This article investigates the velocity, accelerometer and natural frequency of the sifter frame; the findings show that the model works in a simulation environment in consistency with the theory, thereby verifying the model's reliability, which can be applied to the production of an actual model. The results provide a certain reference value for vibratory sifter designs in particular and the field of mechanical design in general.

Key words - ADAMS/View; SOLIDWORKS; vibratory sifter; dynamic characteristics; vibration

nhiều chi phí, đồng thời nó cũng giúp người thiết kế có thể khảo sát được các lựa chọn thiết kế nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế. Chính vì vậy, phân tích động lực học cho máy sàng rung có ý nghĩa thực tiễn và có tính ứng dụng rất quan trọng, hầu hết các kỹ sư cơ khí và kết cấu đều có kinh nghiệm về dao động nên một khi thiết kế xong một máy thì thiết kế của họ đều yêu cầu xem xét đến đặc tính rung động [6-8]. Bài báo [6] thiết lập mô hình động lực học cơ cấu sàng trong thiết bị trộn nhựa đường, mục tiêu của bài báo là khảo sát khả năng làm việc của hệ thống có xét đến độ cứng lò xo, độ cứng ổ trục và độ cứng xoắn của khớp nối, các kết quả cho thấy đều thỏa mãn chỉ tiêu độ bền. Bài báo [7] đề xuất một máy sàng đa cấp mới, máy sàng này được phân thành hai bộ phận bao gồm bộ phận sàng đa cấp và bộ phận vận chuyển dọc, các bộ phận quan trọng của máy sàng là trục đầu vào và thanh nối đều được phân tích, cả hai bộ phận được khảo sát cấu trúc tĩnh trong môi trường ANSYS Workbench 16.0 và thu được kết quả là ứng suất thực tế đều thấp hơn ứng suất cho phép. Một mô hình động lực học máy sàng rung [8] được thiết lập, mô hình được thiết kế 3D bằng sự trợ giúp bởi phần mềm SOLIDWORK 2012, sau đó được đưa vào môi trường ANSYS Workbench 14 để khảo sát chế độ làm việc của máy sàng, mục tiêu bài báo chỉ dừng lại việc tìm ra các tần số dao động riêng của hệ thống.

Chính vì vậy, trong bài báo này, tác giả tiến hành khảo sát trạng thái làm việc của mô hình trong môi trường mô phỏng, bao gồm khảo sát vận tốc, khảo sát gia tốc, tần số riêng của khung sàng... Ngoài ra, trong máy sàng rung, khung sàng nhận nhiệm vụ rung lắc để phân loại cỡ hạt, trong quá trình làm việc sẽ ảnh hưởng đến bộ phận trục lệch tâm nói riêng, và của toàn máy nói chung, nên bộ phận khung sàng đóng vai trò quan trọng trong toàn máy,

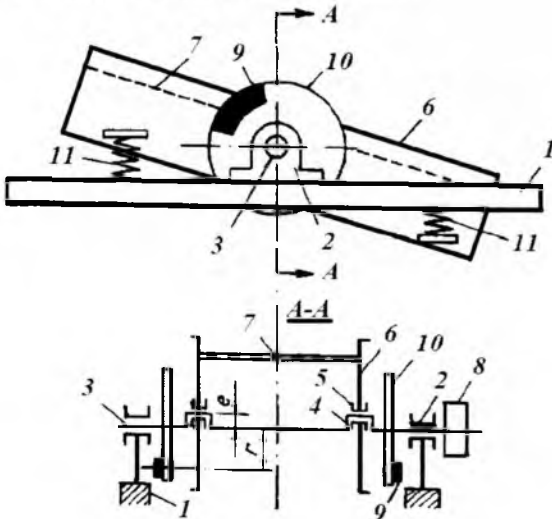
do đó tần số dao động riêng của nó và tần số của máy trong quá trình làm việc nếu trùng nhau sẽ gây ra cộng hưởng, gây nguy hiểm đến toàn máy. Vì vậy, thông qua việc phân tích chế độ làm việc của khung sàng trong môi trường ADAMS/View [10] để khảo sát đặc tính động lực học của máy. Kết quả cho thấy tần số làm việc của máy và tần số riêng mà phần mềm tính ra cách nhau khá xa, nghiệm chứng được khả năng làm việc của mô hình, tạo tiền đề cho việc chế tạo đáp ứng nhu cầu thực tế. Kết quả mang lại giá trị tham khảo nhất định trong các thiết kế máy sàng rung nói riêng và trong lĩnh vực thiết kế cơ khí nói chung.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Giới thiệu phần mềm ADAMS/View

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System) [10] là phần mềm mô phỏng động lực học và phân tích chuyển động hệ thống cơ khí nhiều vật được sử dụng rộng rãi nhất trên thế giới. ADAMS giúp các kỹ sư nghiên cứu động học của các bộ phận chuyên động, giải pháp đặt tải trọng và các lực phân bố trên toàn bộ hệ thống cơ khí để cải thiện và tối ưu hóa hiệu suất và các chỉ tiêu kỹ thuật các sản phẩm thiết kế. Phần mềm cho phép các nhà thiết kế dễ dàng tạo ra và thử nghiệm nguyên mô hình ảo của các hệ thống cơ khí trong một thời gian ngắn; Giảm chi phí cần thiết cho xây dựng và thử nghiệm mô hình vật lý. Khả năng liên kết với các ngôn ngữ 3D khác cho phép phần mềm ADAMS có khả năng liên kết với các phần mềm thiết kế 3D chuyên dụng để thuận tiện cho quá trình nghiên cứu các mô hình ảo.

2.2. Giới thiệu máy sàng rung quán tính



Hình 1. Sơ đồ máy sàng rung quán tính

1 - Bộ máy; 2 - Ổ trục; 3 - Trục; 4 - Bánh lệch tâm;
5 - Ổ trục; 6 - Khung sàng; 7 - Lưới sàng; 8 - Bánh đai;
9 - Đối trọng; 10 - Bánh đà; 11 - Lò xo

Trong máy sàng rung quán tính, khung sàng rung lắc nhờ lực ly tâm quán tính sinh ra khi quay bánh lệch tâm. Biên độ dao động của sàng sẽ phụ thuộc vào lực quán tính, tính chất giảm chấn và tải trọng lên sàng, như sơ đồ trong Hình 1 thể hiện.

Để giảm sự mài mòn của đai và hạn chế sự truyền rung động lên trục động cơ thì bánh đai dẫn động được đặt trên

trục với một độ lệch tâm có khoảng cách lệch tâm gần bằng biên độ dao động của sàng.

Máy sàng được tựa hoặc treo qua bộ phận giảm chấn. Khi tăng tải trọng lên sàng, biên độ dao động của khung sàng sẽ giảm tương ứng, còn tải tác dụng lên các ổ trục trên thực tế không thay đổi, như vậy máy sàng rung quán tính có tính chất tự bảo vệ khỏi quá tải. Tính chất này cho phép sử dụng có hiệu quả khi sàng các loại vật liệu thô có kích thước lớn. Ví dụ: Máy sàng cát với mục đích là loại bỏ các tạp chất (vỏ ốc, vỏ sò, rác, ...) và các hạt sạn có kích thước lớn ra khỏi cát để được cát thô, và cát sau khi khai thác có thể chưa được khô hoàn toàn, vì vậy có thể làm cho máy sàng bị quá tải.

2.3. Mô hình hóa máy sàng rung quán tính

Ví dụ: Thiết kế máy sàng rung quán tính với mục đích như sau:

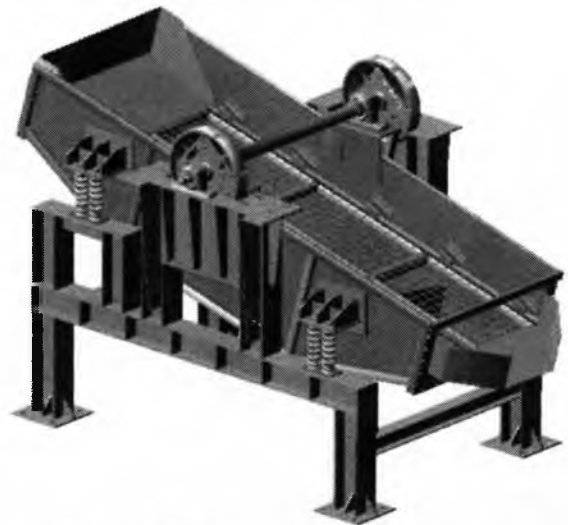
- Sàng cát thô.
- Năng suất: 10 tấn/giờ.

Sau khi tiến hành tính toán, thu được các thông số cơ bản của máy sàng rung như Bảng 1.

Bảng 1. Thông số cơ bản của máy sàng rung

THÔNG SỐ CHỦ YẾU CỦA MÁY	
Công suất động cơ	$N_{dc} = 4 \text{ kW}$
Số vòng quay động cơ	$n_{dc} = 960 \text{ vg/ph}$
Số vòng quay trục lệch tâm	$n_{trục} = 704 \text{ vg/ph}$
Chiều dài sàng	$L = 2500 \text{ mm}$
Bề rộng sàng	$B = 1000 \text{ mm}$
Kích thước lỗ sàng	$l = 1,55 \text{ mm}$
Góc nghiêng sàng	$\alpha = 15^\circ$
Độ lệch tâm của trục	$e = 10 \text{ mm}$
Độ cứng lò xo	$k = 643143,8 \text{ N/m}$
Khối lượng đối trọng	$M = 31,14 \text{ kg}$

Tiến hành áp dụng phần mềm thiết kế 3D SOLIDWORKS để mô hình hóa 3D các chi tiết của máy, sau đó tiến hành lắp ráp các chi tiết để tạo thành máy sàng rung quán tính hoàn chỉnh như Hình 2 thể hiện.



Hình 2. Bản vẽ 3D máy sàng rung quán tính

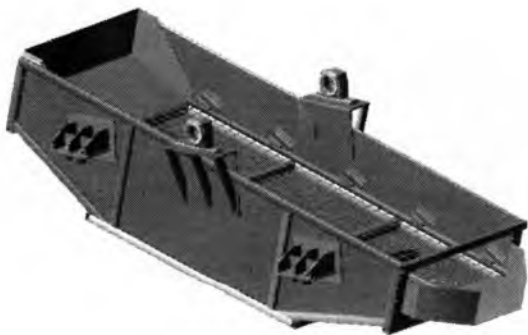
2.4. Thiết lập mô hình động lực học trong môi trường ADAMS/View

Phần mềm ADAMS/View rất mạnh trong việc khảo sát đặc tính động học và động lực học hệ thống cơ khí nhiều vật, đặc biệt đối với việc khảo sát rung động của hệ. Chính vì vậy, ứng dụng phần mềm ADAMS/View để khảo sát đặc tính rung động của máy sàng rung sẽ tối ưu hơn so với việc ứng dụng các phần mềm khác.

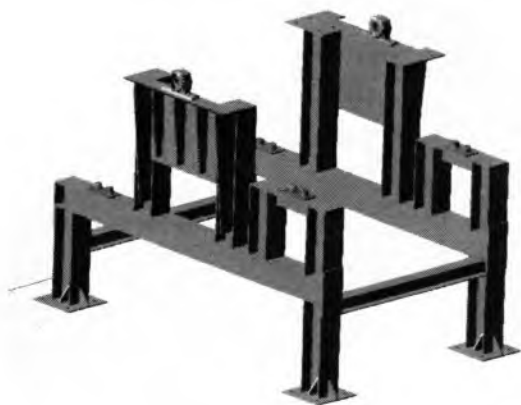
Để nâng cao hiệu suất tính toán, tác giả tiến hành đơn giản hóa việc mô phỏng động lực học của mô hình bộ truyền. Dựa trên mối quan hệ chuyển động của các chi tiết máy trong máy sàng rung, đối với các chi tiết máy không chuyển động tương đối đối với nhau thì sẽ được hợp thành từng bộ phận có liên kết cứng; cụ thể là trục lệch tâm, các bánh đà, các đôi trọng và các ô lăn được nhóm thành bộ phận trục lệch tâm (Hình 3); Kết cấu khung sàng, lưới sàng và các gối đỡ trên khung sàng nhóm thành bộ phận khung sàng (Hình 4); Kết cấu bộ máy và các gối đỡ gắn trên bộ máy nhóm thành nhóm thành bộ phận bộ máy (Hình 5).



Hình 3. Bộ phận trục lệch tâm



Hình 4. Bộ phận khung sàng



Hình 5. Bộ phận bộ máy

Sau khi thiết lập các bộ phận có liên kết cứng, tiến hành thiết lập quan hệ tiếp xúc đối với các bộ phận đó.

Đầu tiên, thực hiện việc lựa chọn vật liệu cho các chi

tiết máy đều là *Steel*, từ đó hệ thống phần mềm sẽ tự động tính toán ra các giá trị moment quán tính, trọng lượng và các thông số vật lý khác của các bộ phận.

Để mô phỏng động lực học của bộ truyền, dựa trên sự chuyển động quay tròn của cụm trục lệch tâm so với các gối đỡ gắn trên bộ máy, nên tiến hành thiết lập quan hệ *Revolute* giữa hai bộ phận, đồng thời đặt trên trục vào vận tốc góc cố định $\omega_1 = 4224^{\circ}/s$ (tương đương $704r/min$) để mô phỏng trạng thái đầu vào của máy; Đồng thời cụm trục lệch tâm cũng có chuyển động quay tròn so với các gối đỡ gắn trên khung sàng nên tiến hành thiết lập quan hệ *Revolute* giữa hai bộ phận.

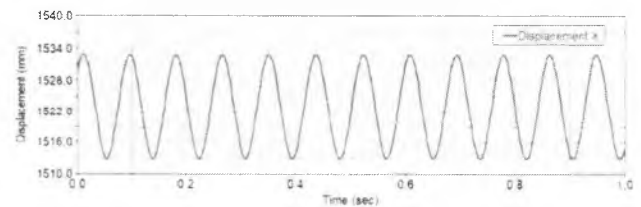
Để giảm chấn khung sàng so với bộ máy, tiến hành thiết lập 4 cặp lò xo gắn liền giữa 2 bộ phận máy với độ cứng lò xo $k = 643143,8 \text{ N/m}$ như tính toán.

Cuối cùng, để khảo sát động lực học máy sàng rung làm việc trong điều kiện đầy tải, thiết lập tải trọng phân bố trên toàn bộ khung sàng với $F = 1600 \text{ N}$ (khối lượng vật liệu trên lưới sàng $M = 160 \text{ kg}$).

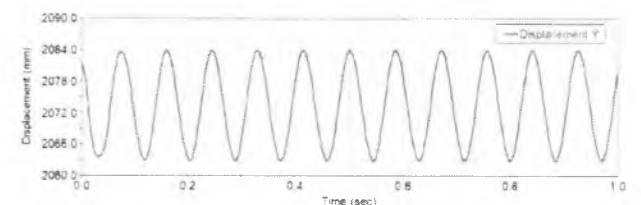
3. Kết quả và thảo luận

Sau khi chạy mô phỏng động lực học trong trường hợp đầy tải, thu được các kết quả như Hình 6 đến Hình 12 thể hiện.

Hình 6 và Hình 7 cho thấy, đường cong dịch chuyển theo phương X và phương Y của trọng tâm khung sàng trong suốt thời gian từ 0 ~ 1s. Cả hai đường cong này thể hiện: Khi trục lệch tâm quay đều, thì trọng tâm khung sàng dịch chuyển qua lại với khoảng cách dịch chuyển lớn nhất là 20mm trong cả hai phương X và Y, và đây cũng chính là biên độ rung lắc của khung sàng, từ đó chứng tỏ rằng quy luật chuyển động trong quá trình mô phỏng phù hợp với với sự dịch chuyển của khung sàng được tính toán trong lý thuyết.



Hình 6. Đường cong dịch chuyển của trọng tâm khung sàng theo phương X



Hình 7. Đường cong dịch chuyển của trọng tâm khung sàng theo phương Y

Khi trục lệch tâm quay từ $0 \sim 360^{\circ}$ đã mang theo gối đỡ gắn trên khung sàng chuyển động theo, từ đó làm cho khung sàng chuyển động với vận tốc thay đổi theo thời gian như Hình 8 thể hiện. Khi vừa bắt đầu mô phỏng, có thể thấy vận tốc thay đổi không ổn định, điều này có thể giải thích là do có sự tồn tại khe hở giữa các chi tiết trong quá trình lắp ráp, tuy nhiên, qua thời gian rất ngắn thì vận tốc đã dần ổn định. Trọng tâm khung sàng chuyển động đồng phẳng trong

ứng với độ lệch tâm của trục, dẫn đến hướng của vận tốc khung sàng thay đổi liên tục và tuân theo quy luật hình sin theo cả hai phương X và Y lệch pha nhau một góc 90 độ.

Vận tốc tới hạn đảm bảo cho hạt vật liệu chui qua lỗ sàng [9]:

$$v_{th} \leq \left[l - \frac{d}{2}(1 + \tan \alpha) \right] \sqrt{\frac{g}{d(\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \alpha)}}$$

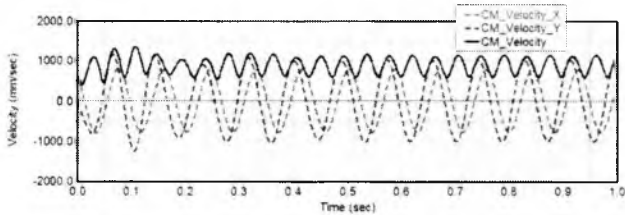
Với $d = 1,5 \text{ mm}$ – kích thước hạt lớn nhất cho phép lọt qua sàng. Từ đó:

$$v_{th} \leq \left[1,55 - \frac{1,5}{2}(1 + \tan 15^\circ) \right] \sqrt{\frac{9,81}{1,5(\cos 15^\circ + \sin 15^\circ \cdot \tan 15^\circ)}} = 1,5 \text{ (m/s)}$$

Để cho vật liệu chui qua lỗ sàng, thông thường lấy vận tốc làm việc của khung sàng bằng 0,8 vận tốc tới hạn. Nên vận tốc thực tế của sàng [9]:

$$v = 0,8v_{th} = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ (m/s)}$$

Trên Hình 8 có thể thấy, vận tốc tại trọng tâm khung sàng đạt giá trị cực đại $v_{max} = 1,18 \text{ m/s}$, so với lý thuyết sai lệch không đáng kể, từ đó nghiệm chứng khả năng làm việc của mô hình.



Hình 8. Vận tốc khung sàng theo thời gian t

CM_Velocity_X – Vận tốc thành phần X của khung sàng
 CM_Velocity_Y – Vận tốc thành phần Y của khung sàng
 CM_Velocity – Vận tốc tổng hợp của khung sàng

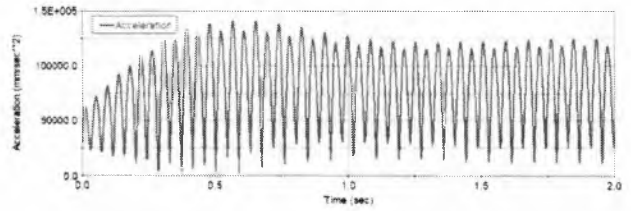
Bên cạnh đó, khung sàng nhận nhiệm vụ rung lắc để phân loại cỡ hạt, trong quá trình làm việc sẽ ảnh hưởng đến cụm trục lệch tâm nói riêng, và của toàn máy nói chung, nên bộ phận khung sàng đóng vai trò quan trọng trong toàn máy, do đó tần số dao động riêng của nó và tần số của máy trong quá trình làm việc nếu trùng nhau sẽ gây ra cộng hưởng, gây nguy hiểm đến toàn máy. Chính vì vậy, bài báo đã khảo sát sự biến đổi gia tốc của trọng tâm khung sàng sau đó thông qua phương pháp biến đổi Fourier được tích hợp trong ADAMS/View thu được đặc tính phổ tần của bộ phận này. Hình 9 và Hình 11 thể hiện sự thay đổi gia tốc trọng tâm khung sàng theo thời gian trong trường hợp không tải và đầy tải. Sau khi sử dụng phương pháp biến đổi Fourier đối với sự biến đổi gia tốc của bộ phận trên, thu được đường cong đặc tính phổ tần gia tốc của khung sàng trong cả hai trường hợp như Hình 10 và Hình 12 thể hiện. Dựa trên Hình 10 và Hình 12, tiến hành chọn ra 5 tần số ứng với giá trị gia tốc lớn nhất đối với khung sàng như được thể hiện trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Đặc tính phổ tần gia tốc khung sàng tại trạng thái không tải

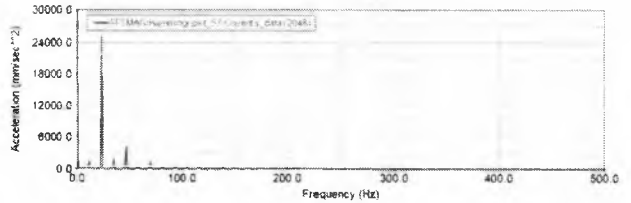
Số thứ tự		1	2	3	4	5
Khung sàng	Tần số (Hz)	4,4	11,5	23,4	35,2	46,9
	Độ lớn (mm/s ²)	218	1244	25172	1775	4155

Bảng 3. Đặc tính phổ tần gia tốc khung sàng tại trạng thái đầy tải

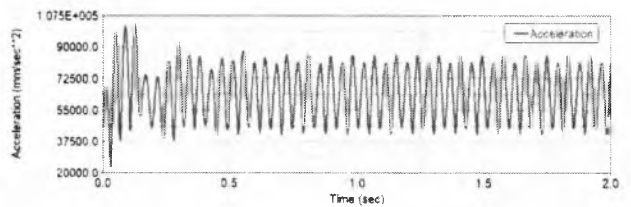
Số thứ tự		1	2	3	4	5
Khung sàng	Tần số (Hz)	4,4	11,5	23,4	35,2	46,9
	Độ lớn (mm/s ²)	615	796	1047	1144	843



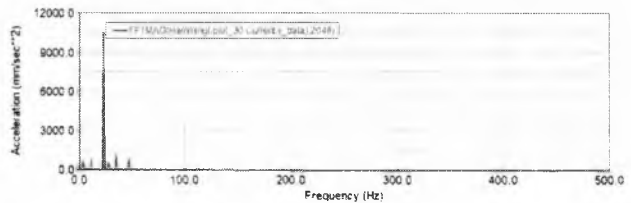
Hình 9. Gia tốc khung sàng tại trạng thái không tải



Hình 10. Đặc tính phổ tần gia tốc của khung sàng tại trạng thái không tải



Hình 11. Gia tốc khung sàng tại trạng thái đầy tải

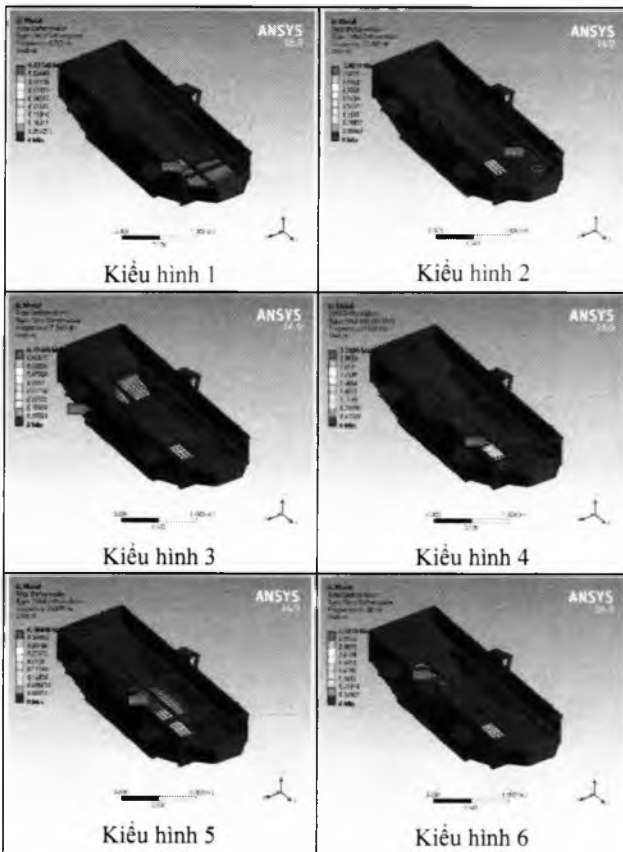


Hình 12. Đặc tính phổ tần gia tốc của khung sàng tại trạng thái đầy tải

Để kiểm chứng khả năng làm việc của máy sàng rung quán tính, tác giả ứng dụng phần mềm WORKBENCH 16.0 [11] để khảo sát chế độ làm việc của khung sàng, từ đó xác định được các tần số riêng của khung sàng một cách nhanh chóng. Thông thường, chỉ cần biết một số tần số dao động riêng và kiểu hình tương ứng ban đầu, mà không cần phải tìm toàn bộ tần số dao động và kiểu hình tương ứng của nó. Bài báo chỉ chọn ra 6 chế độ làm việc ban đầu của khung sàng như Hình 13 và Bảng 4 thể hiện.

Bảng 4. 6 tần số dao động riêng của khung sàng

STT	Tần số dao động riêng/Hz
1	8,723
2	15,383
3	17,649
4	21,534
5	26,897
6	31,82



Hình 13. Các kiểu hình của khung sàng

Dựa vào Bảng 2, Bảng 3 có thể thấy, tần số gia tốc của khung sàng tập trung ở dải tần số thấp, và giá trị của gia tốc khung sàng ở trạng thái đầy tải thấp hơn so với trạng thái không tải, bởi vì khi tăng tải trọng lên sàng thì biên độ dao động của khung sàng sẽ giảm tương ứng. Tại Bảng 2 và Bảng 3, quan sát thấy tần số làm việc của khung sàng tại giá trị 4,4 Hz và 11,5 Hz so với tần số riêng của nó (ứng với kiểu hình đầu tiên $f = 8,723$ Hz - Bảng 4) cách nhau khá gần, tại đây đã khuếch đại biên độ dao động của khung sàng lên. Cụ thể, ứng với tần số 4,4 Hz thì trị số gia tốc của khung sàng đạt giá trị 218 mm/s^2 và 615 mm/s^2 , còn ứng với tần số 11,5 Hz thì giá trị đạt 1244 mm/s^2 và 796 mm/s^2 tương ứng với trạng thái không tải và đầy tải. Bên cạnh đó, tần số vào khoảng 23,4 Hz xuất hiện giá trị cực đại (trị số gia tốc là 25172 mm/s^2 và 10477 mm/s^2 tương ứng đối với không tải và đầy tải), điều này có thể lý giải là do tần số quay của trục lệch tâm ($f = n \cdot 60 = 704 \cdot 60 = 11,7\text{Hz}$) kích thích cộng hưởng kết cấu gây nên biên độ dao động lớn tại tần số ứng với hài bậc 2 của tần số quay của trục lệch tâm, tuy nhiên, tần số làm việc của khung sàng lúc này và tần số riêng của nó cách nhau tương đối xa. Từ đó, nghiệm chứng mô hình của máy sàng rung làm việc trong cả hai trạng thái

không tải và đầy tải đều thỏa mãn khả năng làm việc.

4. Kết luận

Bài báo giới thiệu về nhu cầu cấp thiết trong việc phân loại nguyên vật liệu, cụ thể ở đây là cát dùng trong xây dựng, thông qua các số liệu đầu vào để tính toán thiết kế các thông số chủ yếu của máy sàng rung, từ đó ứng dụng phần mềm thiết kế 3D SOLIDWORK để mô hình hóa toàn máy. Sau đó, ứng dụng phần mềm phân tích động lực học hệ thống ADAMS/View để khảo sát đặc tính động lực học của toàn máy ở cả hai trạng thái không tải và đầy tải, bao gồm việc khảo sát vận tốc, khảo sát gia tốc, tần số riêng của khung sàng.... các kết quả khảo sát nghiệm chứng mô hình 3D của toàn máy thỏa mãn điều kiện làm việc, tạo tiền đề cho việc chế tạo mô hình thực tế để phục vụ cho nhu cầu sử dụng. Kết quả phân tích mang lại giá trị tham khảo nhất định trong việc thiết kế máy sàng rung nói riêng và trong lĩnh vực thiết kế cơ khí nói chung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số T2019-06-122.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://maysangrung.com>
- [2] Vũ Ngọc Pi, Lê Xuân Hưng, Trần Quốc Hùng, Nguyễn Văn Kiên, "Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy sàng rung kiểu cơ khí", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, Số 1&2, 2012, 24-26.
- [3] Aldo B.A., Albert C.C., Reyner G.I., Ena R.P., Benedicto N.F., "Design and fabrication of inclinable trommel sand sieve machine", *6th International Conference on Civil Engineering (6th ICCE 2017)*.
- [4] Nachimuthu A.K., Ragnath S., Mohanavelan S., Nab han P.P., Mariraj S., "Design and fabrication of horizontal sieving machine", *International Research Journal of Multidisciplinary Science & Technology*, Volume 01 Issue 03, 2016, 17-20.
- [5] Sai karthik. M.M., Abhijeet S., Sandeep B., "Design and Fabrication of Sand Sieving and Cement Mixing Machine", *International Journal of Engineering Science and Computing*, Volume 6 Issue No.10, 2016, 2714-2716.
- [6] He Z.X., Liu Q.T., Chang L.H., "Dynamics Analysis and Experiment of Vibrating Screen for Asphalt Mixing Equipment", *Journal of Sensors and Transducers*, Vol 169 Issue 4, 2014, 205-210.
- [7] Bandgar S., Chate D., Dongare V. and Mirpagar D., "Review of Multi-level Sand screening Machine and Analysis of Vibration mechanism", *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, Vol 4 Issue 3, 2018, 3-8.
- [8] Gunaji S., Murali M., "Dynamic Analysis Of Vibration Screen", *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, Volume 2 Issue 06, 2015, 99-104.
- [9] Hồ Lê Viên, *Các máy gia công vật liệu rắn & dẻo - tập 1*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2003.
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/MS_CADAMS
- [11] <http://www.ansys.com>