

Nghiên cứu phân tích kết cấu hệ thống cầu nâng xe chở sản củ trên mô hình số

Researching and analyzing the structure of the bridge system for cassava transport vehicles using numerical model

Nguyễn Đình Tùng

Viện Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy nông nghiệp, Bộ Công Thương

Email: ndtung.hn@gmail.com; ndtung@riam.com.vn;

Tel: (+84) 2438547363; Mobile: 0989 741 728

Tóm tắt

Từ khóa:

Cầu nâng lật xe chở sản củ; Khả năng chịu lực; Mô hình số; Uốn phẳng.

Hệ thống cầu nâng lật xe chở sản củ đã được thiết kế chế tạo tại Viện nghiên cứu thiết kế chế tạo máy nông nghiệp (Research institute of agricultural machinery-RIAM). Cầu nâng lật xe tải được nâng nghiêng đến một góc nghiêng xác định nhờ một cơ cấu nâng truyền động thủy lực. Góc nghiêng cực đại và vận tốc nâng sản được lựa chọn sao cho thỏa mãn điều kiện chảy tụt của vật liệu sản củ và gia tốc cuối hành trình nâng giảm dần đến 0, đảm bảo điều kiện không lật dọc khi xe tải trút đồ sản nguyên liệu. Bài báo giới thiệu nội dung nghiên cứu phân tích kết cấu trên mô hình số 3D của cầu nâng lật xe chở sản củ chịu tác động bởi các thành phần lực/mô men theo các phương x, y, z trong quá trình làm việc. Kết quả mô phỏng được so sánh với kết quả thực nghiệm nhằm tối ưu hóa trong quá trình tính toán thiết kế khả năng chịu tải, dự đoán diễn biến sự truyền lực cơ học trong nội bộ dầm cầu nâng lật và cơ chế thay đổi trạng thái khi làm việc của dầm cầu nâng lật. Kết quả nghiên cứu cho thấy rõ về kết cấu cầu nâng lật, vật liệu chế tạo, sơ đồ chịu lực, biến dạng và ứng suất trong dầm ở các trạng thái làm việc từ trạng thái tĩnh (trạng thái ban đầu) cho đến trạng thái giới hạn (trạng thái nâng xe chở sản củ lên đến góc nghiêng cho phép để trút hết sản củ mà xe vẫn đảm bảo an toàn).

Abstract

Keywords:

Crankshaft lifters for trucks; Load capacity; Numerical model; Flat bending.

The crankshaft lifters for cassava transport trucks was designed and manufactured by the Research Institute of Agricultural Machinery (RIAM). The crankshaft lifter is raised to a specified tilt angle by a hydraulic lifting gear. Maximum tilting angle and platform lifting velocity are selected to satisfy the slump of the cassava and the acceleration at the end of the lifting stroke gradually decrease to 0, ensuring the truck does not flip vertically when emptying cassava. The paper presents the structural analysis on the 3D model of the cassava transport truck's lifters driven by the force/ torque components in the x, y and z directions during the process. Simulation results were compared with the experimental results to optimize the design of load bearing capacity, predicting the evolution of mechanical forces within the lift axle and the state change mechanism while the lift axle is in operation. The results clearly showed the structure of the lifting mechanism, the manufacturing material, the load profile, the deformation and the stress on the beam in the working conditions from the static mode (initial state) to the threshold state (the state where cassava trucks are lifted up to the angle of inclination allows emptying all cassava while still ensuring the safety of the truck).

Ngày nhận bài: 30/06/2018

Ngày nhận bài sửa: 06/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Đối với cây sắn hiện vẫn được trồng rộng rãi trên 100 quốc gia trên toàn thế giới với nhiều quy mô canh tác khác nhau, tập trung chủ yếu ở các nước có khí hậu nhiệt đới và cận nhiệt đới như châu Phi, châu Á, Nam Mỹ và một số nước khác. Tổ chức nông lương liên hợp quốc (FAO) đã xếp cây sắn là một trong những cây lương thực có vị trí quan trọng trong cơ cấu nền kinh tế ở các nước đang phát triển (trong đó có Việt Nam) sau lúa gạo, ngô [1]. Ngoài việc cung cấp lương thực cho con người và gia súc, sản phẩm từ sắn còn làm nguyên liệu chính cho một số ngành công nghiệp nhẹ như chế biến, dược phẩm, hóa chất... Sắn cùng với lúa và ngô là ba cây trồng được ưu tiên nghiên cứu phát triển trong tầm nhìn chiến lược đến năm 2020 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Các vùng trồng sắn chính của Việt Nam được tập trung chủ yếu là Bắc Trung bộ, duyên hải miền Trung, Tây Nguyên, Đông Nam bộ và Trung du miền núi phía Bắc. Tổng diện tích sắn của 5 vùng sinh thái này chiếm khoảng 97% diện tích sắn cả nước. Sắn ở Việt Nam phần lớn được chế biến thành tinh bột, riêng về tinh bột xuất khẩu, theo thống kê của Hải quan cho thấy, xuất khẩu tinh bột sắn của Việt Nam những năm gần đây ngày một tăng trưởng khá ấn tượng so với các năm trước đây, ngành tinh bột sắn thu về khoảng gần 1000 triệu đô la Mỹ từ xuất khẩu, tăng so với giá trị xuất khẩu của một số mặt hàng nông sản khác[2].

Hiện tại ở Việt Nam đã có nhiều nhà máy chế biến tinh bột sắn quy mô công nghiệp, chưa kể các cơ sở tư nhân chế biến nhỏ lẻ. Nhưng hầu hết các nhà máy chế biến tinh bột sắn quy mô công nghiệp (năng suất từ 400 - 500 tấn củ/ngày) khi nhập nguyên liệu bằng các ô tô tải loại thông thường không có “ben nâng” với tải trọng thường từ 20 - 40 vẫn phải tháo dỡ củ sắn tươi xuống sân nhà máy chế biến bằng thủ công là sử dụng sức người để tháo dỡ, cào từ xe xuống sân (Hình 1), như vậy tốn rất nhiều công sức. Tính trên phương diện kinh tế thì rất kém hiệu quả. Hơn nữa thời gian xuống liệu chậm như vậy còn ảnh hưởng đến diện tích sân bãi vận hành, chất lượng bột cũng giảm sút. Xuất phát từ sự cần thiết trong sản xuất nêu trên, việc nghiên cứu thiết kế đưa ra thị trường hệ thống cầu nâng lật xe chở sắn sử dụng truyền động và điều khiển thủy lực là cần thiết. Tuy nhiên để giảm chi phí cho việc thiết kế, chế tạo và đảm bảo kỹ thuật trước khi gia công chế tạo thì công đoạn sử dụng phần mềm máy tính hỗ trợ trong khâu thiết kế và phân tích mô hình trước khi “chốt” phương án thiết kế là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Bởi thế nội dung bài báo này trình bày kết quả ”nghiên cứu phân tích kết cấu hệ thống cầu nâng lật xe chở sắn củ trên mô hình số” đối với hệ thống cầu nâng - lật xe chở sắn củ có điều khiển, truyền động thủy lực phục vụ cho nhà máy chế biến sắn quy mô 450 - 500 tấn củ/ngày đáp ứng được cho sản xuất. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần nâng cao giá trị sản xuất kinh doanh cho doanh nghiệp.



Hình 1. Hình ảnh dùng sức người thủ công để tháo/cào sắn trên xe xuống bãi tập kết

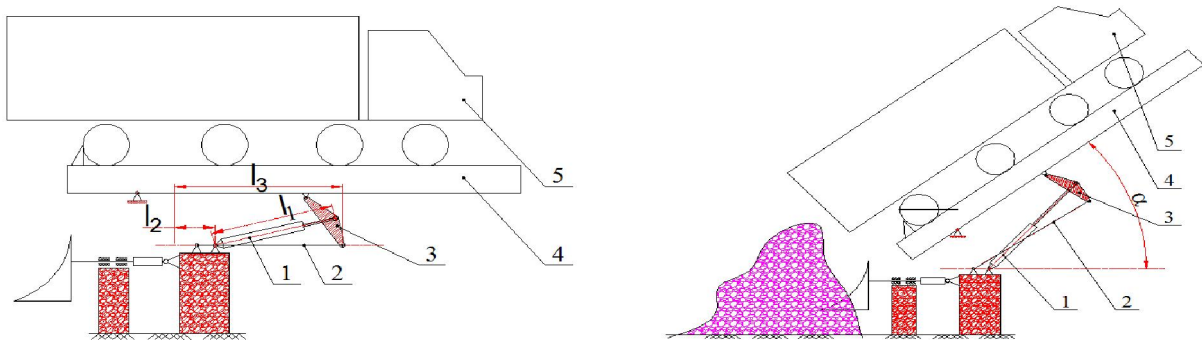
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong bài báo này sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng để phân tích kết cấu trên mô hình số 3D. Cụ thể đã sử dụng phần mềm máy tính ANSYS version 15.0 để phân tích kết cấu hệ thống cầu nâng lật xe chờ sẵn củ trên mô hình số 3D, nhằm đánh giá độ bền kết cấu và khả năng chịu tải của hệ thống cầu nâng - lật xe chờ sẵn củ có điều khiển, truyền động thủy lực phục vụ cho nhà máy chế biến sẵn quy mô 450 - 500 tấn củ tươi/ngày để đáp ứng được nhu cầu sản xuất.

Với phương pháp này đã sử dụng công cụ toán học “phần tử hữu hạn” để đánh giá độ bền kết cấu có xét đến chế độ thiết lập chia lưới; cơ tính/đặc tính vật lý của vật liệu thiết kế như: giới hạn chảy, mô đun đàn hồi, hệ số Poisson của vật liệu,... Kết quả cuối cùng được thể hiện thông qua thang giá trị đo và màu sắc như trên các hình vẽ trong mục 3.

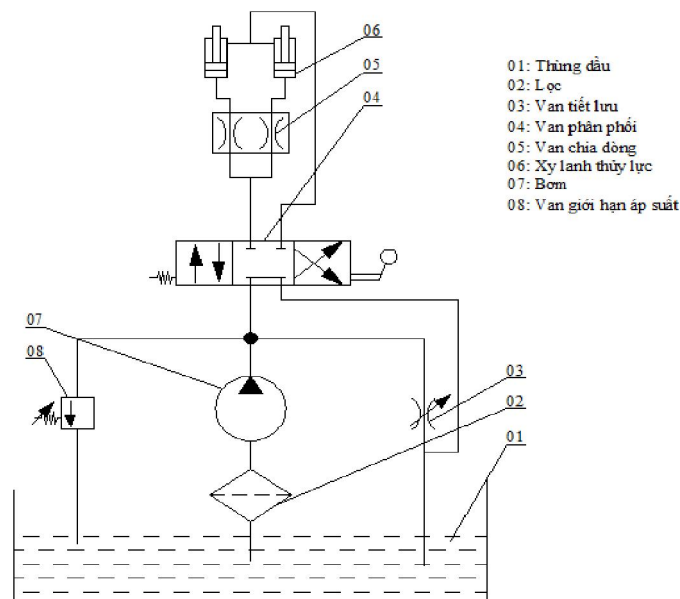
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích kết cấu và hoạt động của cầu nâng



Hình 2. Kết quả lựa chọn và xây dựng sơ đồ nguyên lý kết cấu của hệ thống cầu nâng - lật xe chờ sẵn củ quy mô 450 - 500 tấn củ/ngày (ở trạng thái trước và khi hoạt động)

1- Xylanh thủy lực; 2- Thanh liên kết; 3- Cơ cấu nâng; 4- Cầu nâng lật xe; 5- Xe ô tô chờ sẵn



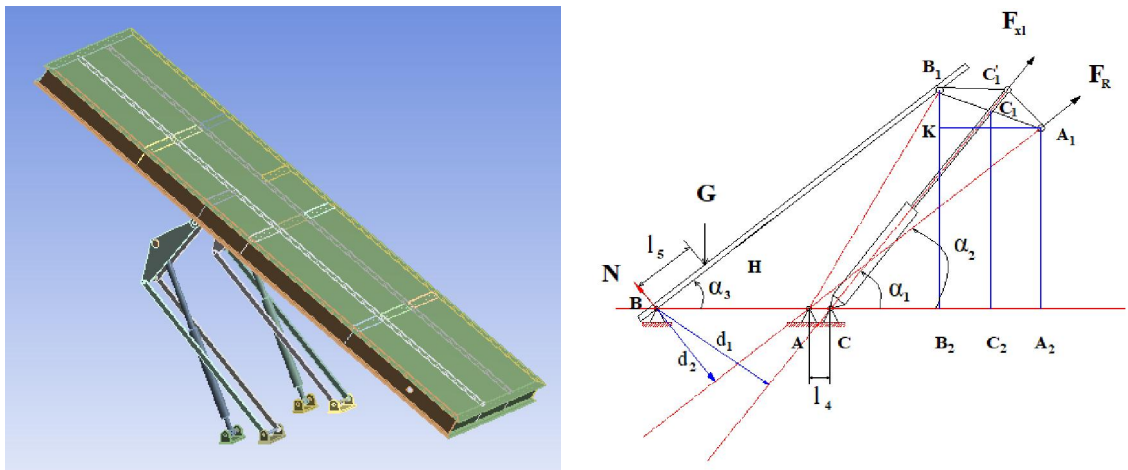
Hình 3. Kết quả lựa chọn và xây dựng sơ đồ mạch truyền động và điều khiển thủy lực ứng dụng cho hệ thống cầu nâng - lật xe chờ sẵn củ quy mô 450 - 500 tấn củ/ngày [3-5]

Kết quả thiết kế, xây dựng, đưa ra được sơ đồ nguyên lý, kết cấu hệ thống thiết bị nâng, lật xe truyền động và điều khiển thủy lực đồng bộ đáp ứng được yêu cầu đòi hỏi của các doanh nghiệp chế biến sản quy mô công nghiệp về việc tháo, dỡ sản củ khi tập kết vào sân chuẩn bị phục vụ cho sản xuất được trình bày như trên Hình 2, Hình 3.

Với sơ đồ này cho thấy khi xe chở sản củ tươi đến nhà máy chế biến sẽ được đưa/di chuyển lên cầu nâng - lật (sàn nâng), sau khi được “thắt dây an toàn” sản củ xe tải được nâng nghiêng lên dần từ góc ban đầu “0⁰” đến một góc nghiêng xác định/góc nâng tới hạn (cực đại) nhờ một cơ cấu nâng truyền động thủy lực. Góc nghiêng cực đại và vận tốc nâng sản được lựa chọn sao cho thỏa mãn điều kiện chảy tụt của vật liệu sản củ và gia tốc cuối hành trình nâng giảm dần đến 0, đảm bảo điều kiện không lật dọc khi xe tải trút đổ sản nguyên liệu. Phần nội dung tiếp theo trong mục 3.2 trình bày kết quả phân tích, khảo sát mô hình cầu nâng ở các chế độ làm việc góc nâng khác nhau sao cho khả năng chịu tải khi hoạt động của hệ thống nâng trút sản nguyên liệu và kết quả nghiên cứu trên mô hình số, khảo sát quá trình hoạt động để đánh giá, lựa chọn các thông số kết cấu, vận hành đáp ứng yêu cầu hoạt động ổn định của hệ thống.

3.2. Phân tích đánh giá độ bền kết cấu và khả năng chịu tải của hệ thống trên mô hình

Với mục đích phân tích kết cấu của hệ thống cầu nâng lật xe chở sản củ có sơ đồ nguyên lý động học và kết cấu như trên hình 4 nhằm mục đích trước khi tiến hành gia công chế tạo hệ thống, để tiên đoán và loại trừ các hư hỏng có thể xảy ra trong quá trình làm việc thực tế. Mô hình 3D đã được xây dựng trên phần mềm Inventor với các kích thước chính xác như khi thiết kế chính thức, sau đó nhờ phần mềm DesignModeler của Ansys Workbench để thực hiện quá trình phân tích (Hình 4).



Hình 4. Mô hình nguyên lý kết cấu (trái) và sơ đồ động học (phải) của hệ thống cầu nâng lật xe chở sản củ

Trong Engineering Data Toolbox lựa chọn vật liệu chế tạo hệ thống cầu nâng cho mô hình này là thép CT38 có các tính chất vật lý như mô đun đàn hồi, hệ số Poisson, khối lượng riêng và giới hạn bền mỗi được trình bày chi tiết như trong Bảng 1, các thông số này làm cơ sở phân tích đánh giá độ bền mỏi, độ biến dạng, ứng suất trong kết cấu từng chi tiết của hệ thống. Trong nghiên cứu này, công cụ tĩnh học “Static Structure” được lựa chọn để phân tích kết cấu và kiểm tra bền cho hệ thống cầu nâng lật xe chở sản củ.

Bảng 1. Một số đặc tính cơ tính của thép CT38[6]

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Thứ nguyên
Mô đun đàn hồi	E	210000	MPa
Hệ số Poisson	ν	0,3	-
Khối lượng riêng	ρ	7850	kg/m ³
Giới hạn bền mới	S_y	380-490	Mpa

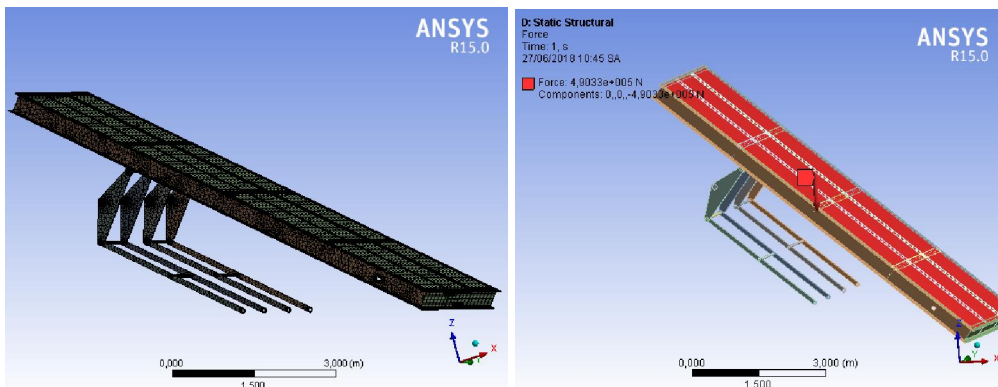
Với sự thiết lập chia lưới cho các mô hình nghiên cứu, đây là một bước hết sức quan trọng trong công cụ toán học phần tử hữu hạn. Có rất nhiều phương pháp chia lưới mịn được gọi là làm mịn thích ứng cao để tăng số phần tử lên tới mức yêu cầu tối thiểu. Sự rời rạc hóa phụ thuộc vào hình dáng kết cấu các chi tiết, tải trọng và các điều kiện biên. Kết quả phân tích trong nghiên cứu này mong muốn đạt được kết quả tin cậy nhất và chính xác nhất cho nên cần thiết lập chế độ chia lưới “dày đặc” như ở Hình 5. Số lượng phần tử và số nút của từng chi tiết sau khi chia lưới được chỉ ra ở Hình 6. Với số lượng phần tử lớn như vậy, kết quả mô phỏng sẽ rất chính xác và đáng tin cậy.

Model (D4) > Mesh	
Object Name	Mesh
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Fine
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Minimum Edge Length	4,3428e-004 m

Hình 5. Thiết lập chế độ chia lưới cho mô hình

Statistics	
Nodes	1380992
Elements	562565
Mesh Metric	None

Hình 6. Chia lưới phần tử cho mô hình

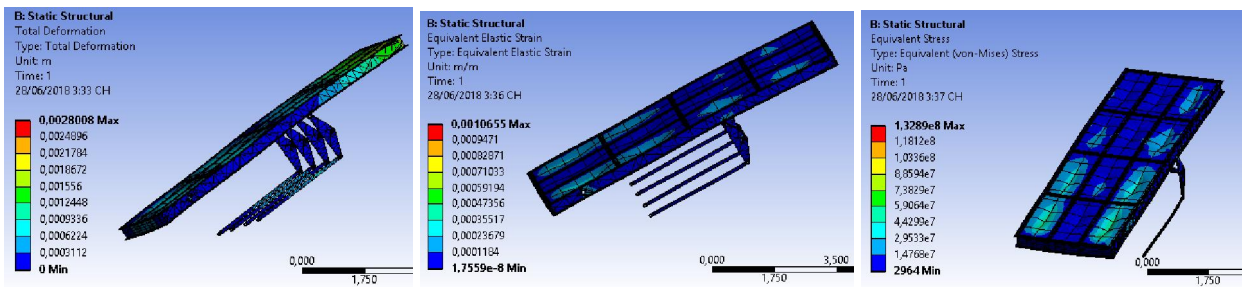


Hình 7. Chia lưới và đặt lực cho hệ thống cầu nâng lật

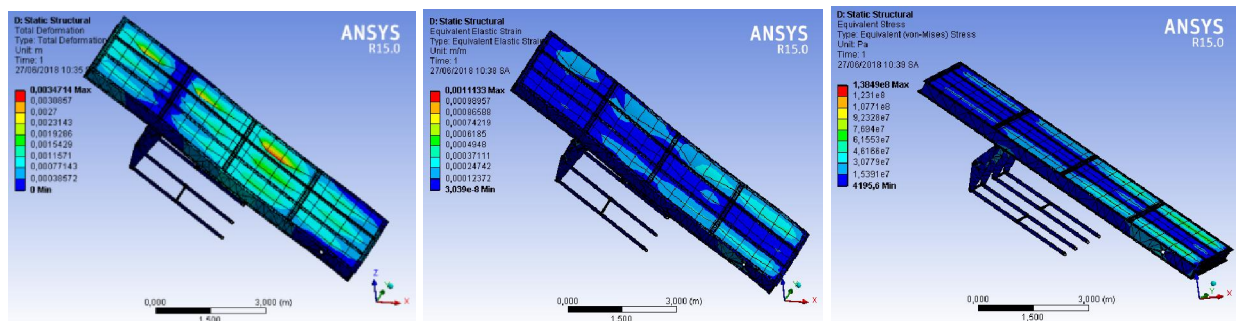
Thiết lập các điều kiện biên, tải trọng và các loại kết quả mong muốn sau khi chạy mô phỏng. Tải trọng của xe chở sắn củ tác dụng lên hệ thống cầu nâng lật, lực nâng của xy lanh thủy

lực và các ràng buộc cố định chi tiết (hình 4) được biểu thị về chia lưới và đặt lực cho mô hình như trên Hình 7. Những kết quả mong muốn là tổng chuyển vị, sức căng tương đương và ứng suất tương đương trong hệ thống của nghiên cứu này.

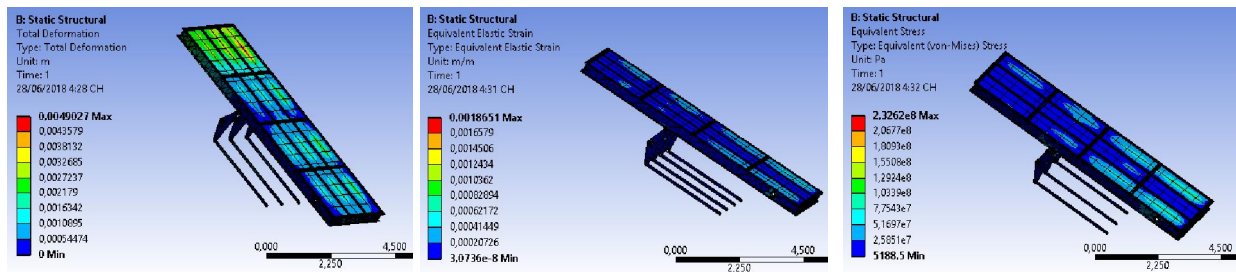
Sau khi chạy chương trình mô phỏng cho hệ thống cầu nâng lật ở các chế độ làm việc với các góc nâng khác nhau, kết quả mô phỏng được biểu thị trên Hình 8, Hình 9, Hình 10 tương ứng với trạng thái làm việc khi góc nâng 30° , 40° , và 45° . Trên Hình 8, ở chế độ làm việc với góc nâng 30° giá trị cực đại của tổng chuyển vị kết cấu cầu nâng chỉ là $2,8008e-3$ m xuất hiện tại vị trí phía trước của cầu nâng. Trong khi đó giá trị sức căng cực đại đạt $1,0655e-3$ m/m, giá trị cực tiểu đạt $1,559e-8$ m/m, và giá trị ứng suất cực đại đạt $1,3289e8$ Pa.



Hình 8. Tổng chuyển vị, sức căng tương đương và ứng suất “von-Mises Stress” của hệ thống cầu nâng lật xe chờ sẵn ở trạng thái làm việc khi góc nâng 30°



Hình 9. Tổng chuyển vị, sức căng tương đương và ứng suất “von-Mises Stress” của hệ thống cầu nâng lật xe chờ sẵn ở trạng thái làm việc khi góc nâng 40°



Hình 10. Tổng chuyển vị, sức căng tương đương và ứng suất “von-Mises Stress” của hệ thống cầu nâng lật xe chờ sẵn ở trạng thái làm việc khi góc nâng 45°

Tiếp theo trên Hình 9 trình bày kết quả ở chế độ làm việc của hệ thống cầu nâng - lật xe với góc nâng 40° giá trị cực đại tổng chuyển vị là $3,4714e-3$ m. Trong khi giá trị sức căng cực đại đạt $1,1133e-3$ m/m, giá trị cực tiểu đạt $3,039e-8$ m/m, và giá trị ứng suất cực đại đạt $1,3849e8$ Pa. Tương tự ở Hình 10 khi sản nâng ở vị trí làm việc 45° giá trị cực đại tổng chuyển vị của kết cấu

cầu nâng là $4,9027e-3m$, giá trị sức căng cực đại đạt $1,86519e-3 m/m$, và giá trị ứng suất cực đại đạt $2,3262e8 Pa$.

Đánh giá chung cho toàn hệ thống ở các trạng thái làm việc thì giá trị ứng suất cực đại “von Mises stress” đều thỏa mãn, tất cả các giá trị đều nhỏ hơn giới hạn biến dạng đàn hồi của thép CT38 là 380-490MPa. Ứng suất cao nhất đạt giá trị $2,3262e8 Pa$ khi làm việc tại trạng thái góc nâng của sàn nâng là 45^0 , tuy nhiên với giá trị này vẫn nằm trong giới hạn an toàn bền. Chuyển vị lớn nhất xuất hiện với giá trị là $4,9027e-3m$ cũng tại trạng thái làm việc với góc nâng của sàn nâng là 45^0 , giá trị này nhỏ và chấp nhận được. Nhìn chung giá trị ứng suất cực đại đều thỏa mãn và nằm trong giới hạn an toàn bền.

Do vậy, có thể kết luận rằng, với điều kiện làm việc khó khăn nhất theo thiết kế của hệ thống, độ bền về kết cấu cơ khí được đảm bảo an toàn trong quá trình làm việc. Tuy nhiên trong thực tế để đảm bảo an toàn cho xe tải không bị lật dọc khi trút đổ sản nguyên liệu mà vẫn thỏa mãn điều kiện chảy tụt của vật liệu sản củ, tác giả nhận thấy ở chế độ làm việc của sàn nâng tại góc nâng 40^0 cần được lựa chọn để thiết kế cho chế độ làm việc trong thực tiễn sản xuất sẽ đảm bảo luôn thỏa mãn các điều kiện trên.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở nghiên cứu này đã đưa ra được nguyên lý kết cấu hệ thống cầu nâng - lật xe chở sản củ có điều khiển, truyền động thủy lực ứng dụng trong nhà máy chế biến sản quy mô công nghiệp năng suất 450 - 500 tấn củ/ngày.

Khảo sát các chế độ làm việc ứng với các góc nâng khác nhau 30^0 , 40^0 , 45^0 nhưng vẫn đảm bảo điều kiện an toàn về độ bền kết cấu, cụ thể cho thấy:

Ở trạng thái chế độ làm việc với góc nâng 30^0 giá trị cực đại tổng chuyển vị của kết cấu cầu nâng chỉ là $2,8008e-3m$. Trong khi đó giá trị sức căng cực đại đạt $1,0655e-3 m/m$ và giá trị ứng suất cực đại đạt $1,3289e8 Pa$.

Ở chế độ làm việc của hệ thống cầu nâng-lật xe với góc nâng 40^0 giá trị cực đại tổng chuyển vị là $3,4714e-3m$. Trong khi giá trị sức căng cực đại đạt $1,1133e-3 m/m$ và giá trị ứng suất cực đại đạt $1,3849e8 Pa$.

Khi sàn nâng ở vị trí làm việc 45^0 giá trị cực đại tổng chuyển vị của kết cấu cầu nâng là $4,9027e-3m$, giá trị sức căng cực đại đạt $1,86519e-3 m/m$, và giá trị ứng suất cực đại đạt $2,3262e8 Pa$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>
- [2]. <http://cafef.vn/hon-80-luong-san-va-san-pham-san-xuat-khau-sang-trung-quoc-2018062218065086.chn>
- [3]. Bùi Hải Triều, Nguyễn Đình Tùng, 2018. *Truyền động và điều khiển thủy lực ứng dụng*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [4]. Nguyễn Đình Tùng, Bùi Hải Triều, 2005. *Điều chỉnh tần số quay đĩa dao trên máy thu hoạch mía truyền động thủy lực*. Tạp chí Nông nghiệp - Nông thôn, Tập 2, số 3, trang 28-30.
- [5]. Holger Watter, 2008. *Hydraulik und Pneumatik, Grundlagen und Uebungen-Anwendungen und Simulation*. 2 Auflage. Vieweg & Teubner Verlag (Studium Buch).
- [6]. Hà Văn Vui, Nguyễn Chí Sáng, Phan Đăng Phong, 2006. *Sổ tay thiết kế cơ khí tập 1*. NXB Khoa học và kỹ thuật.