

## Khảo sát xác định bộ thông số làm việc hợp lý để nâng cao độ phẳng của bề mặt đường trong quá trình làm việc của máy san

A survey on determining the appropriate working parameters to improve the flatness of the road surface during the operation of the grader

Đào Mạnh Quyền<sup>1</sup>, Chu Văn Đạt<sup>2</sup>, Lê Hồng Quân<sup>3,\*</sup>, Lê Duy Long<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ GTVT

<sup>2</sup>Học viện Kỹ thuật Quân sự

<sup>3</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: quanlh.vsae@gmail.com

Mobile: 0902094999

---

### Tóm tắt

#### Từ khóa:

Thông số động lực học, Mô hình động lực học của máy san.

Nghiên cứu nâng cao độ phẳng của bề mặt đường sau quá trình san là nhu cầu cấp thiết hiện nay. Để đáp ứng được nhu cầu đó ta cần xây dựng được mô hình động lực học của máy san trong quá trình làm việc, thiết lập được hệ phương trình toán học. Sau đó sử dụng các phần mềm chuyên dùng để tính toán giải hệ phương trình, khảo sát ảnh hưởng của các thông số làm việc đến độ phẳng của bề mặt nền đường trong quá trình máy san làm việc. Từ đó xác định được bộ thông số làm việc hợp lý nhất để nâng cao độ phẳng của bề mặt đường trong quá trình làm việc của máy san. Nội dung bài báo sẽ thực hiện các công việc nêu trên để xác định được bộ thông số động lực học hợp lý nhất.

### Abstract

#### Keywords:

Dynamic Parameter, Dynamics model of graders.

Studying to improve the flatness of the road surface after the leveling process is an urgent need today. To meet that requirement, we need to build a dynamic model of the grader during operation and set up the mathematical equation system. From there on, a special software will be used to solve the equation and investigate the influence of the dynamic parameters on the flatness of road surface during the grading process. Consequently, the most appropriate parameter set for improving the flatness of road surface during the grading will be determined. The article will carry out the above tasks to determine the most appropriate dynamic parameters set.

---

Ngày nhận bài: 02/8/2018

Ngày nhận bài sửa: 08/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

---

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

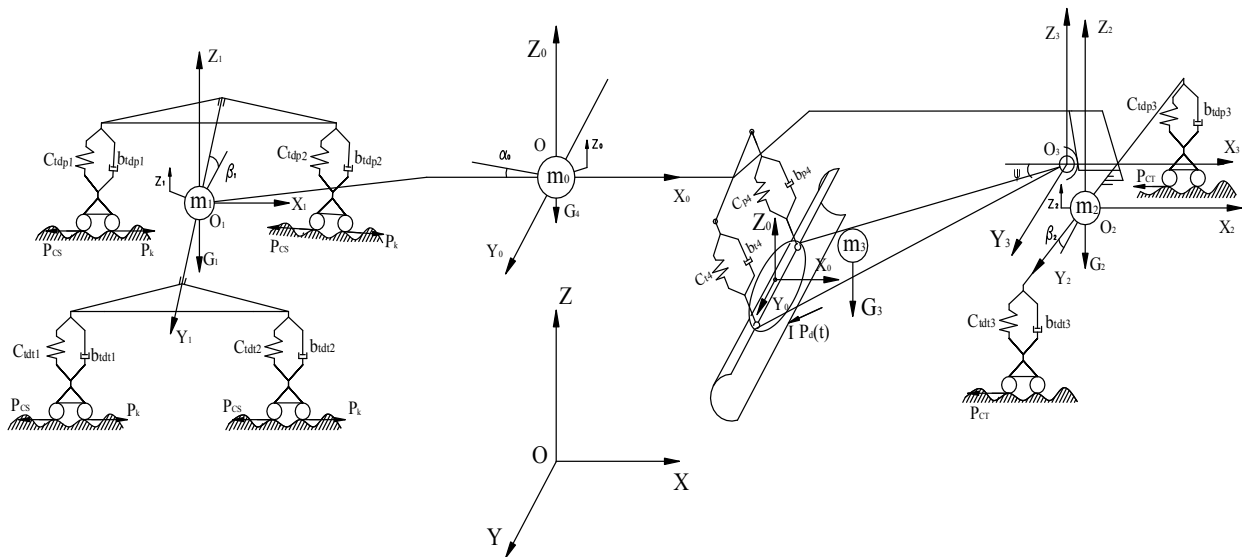
Quá trình làm việc của máy san luôn là các quá trình động lực học phức tạp, các tải trọng động biến đổi trong phạm vi rộng gây ảnh hưởng lớn đến quá trình điều khiển, chất lượng công việc và độ phẳng của bề mặt đường sau san. Do đó việc nghiên cứu các ngoại lực tác dụng, khảo sát ảnh hưởng của các thông số làm việc của máy đến độ phẳng của bề mặt đường trong quá trình san là một vấn đề rất cần thiết.

Để nâng cao độ phẳng của bề mặt đường sau khi san ta cần nghiên cứu động lực học của máy, khảo sát các thông số làm việc như: Chiều sâu cắt, góc cắt, vận tốc cắt, số lần san,... Để làm được việc đó ta cần xây dựng mô hình động lực học của máy, hệ phương trình vi phân. Sau đó sử dụng các phần mềm chuyên dùng để tính toán, khảo sát, xác định ảnh hưởng của các thông số làm việc đến độ phẳng của bề mặt đường trong quá trình san.

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC VÀ SƠ ĐỒ THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH CHUYỂN VỊ CỦA LƯỚI SAN TRONG QUÁ TRÌNH LÀM VIỆC

### 2.1. Xây dựng mô hình động lực học của máy san trong quá trình làm việc

Theo tài liệu [3] ta xây dựng được mô hình động lực học của máy san trong quá trình làm việc như hình 1.



**Hình 1.** Mô hình dao động của máy san trong không gian

Để xây dựng được mô hình như trên tác giả chọn hệ trục tọa độ để các Oxyz cố định gắn với mặt đất, gốc tọa độ trùng với vị trí ban đầu của trọng tâm máy san, trục Oz theo phương thẳng đứng, trục Ox theo phương dọc thân máy và trục Oy theo phương vuông góc với thân máy. Chọn hệ tọa độ suy rộng như sau:  $q_1 = x_0$  là dịch chuyển của trọng tâm máy san theo phương Ox;  $q_2 = z_0$  là dịch chuyển của trọng tâm thân máy theo phương thẳng đứng;  $q_3 = \alpha_0$  là góc lắc của thân máy trong mặt phẳng (xOz);  $q_4 = \beta_1$  là góc lắc của cầu sau trong mặt phẳng (yOz);  $q_5 = \beta_2$  là góc lắc của cầu trước trong mặt phẳng (yOz);  $q_6 = \psi$  là góc nghiêng tạo bởi mặt phẳng nằm ngang và khung phụ của cơ cấu lưới san;

Tác giả sử dụng phương trình Lagrang loại II để lập hệ phương trình vi phân chuyển động cho hệ. Phương trình Lagrang loại II viết theo các tọa độ suy rộng có dạng

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = Q_{qi} \quad (1)$$

trong đó  $T$  là hàm động năng của hệ;  $\Pi$  là hàm thế năng của hệ;  $\Phi$  là hàm hao tán của hệ;  $q_i$  là các tọa độ suy rộng ( $i = 1, 2, 3, \dots, 6$ );  $Q_{qi}$  là lực suy rộng của các lực không thể tác dụng lên cơ hệ. Sau khi tính toán ta thu được hệ phương trình vi phân như công thức (3).

Để giải được hệ phương trình (4) ta cần xác định các thông số đầu vào và các thông số về điều kiện ban đầu (điều kiện biên). Các thông số đầu vào được xác định theo [3]. Các thông số điều kiện biên bao gồm:

Vận tốc ban đầu của các khâu:

$$\dot{q}_1^0 = 0; \dot{q}_2^0 = 0; \dot{q}_3^0 = 0; \dot{q}_4^0 = 0; \dot{q}_5^0 = 0; \dot{q}_6^0 = 0 \quad (2)$$

Góc quay và chuyển vị ban đầu của các khâu:

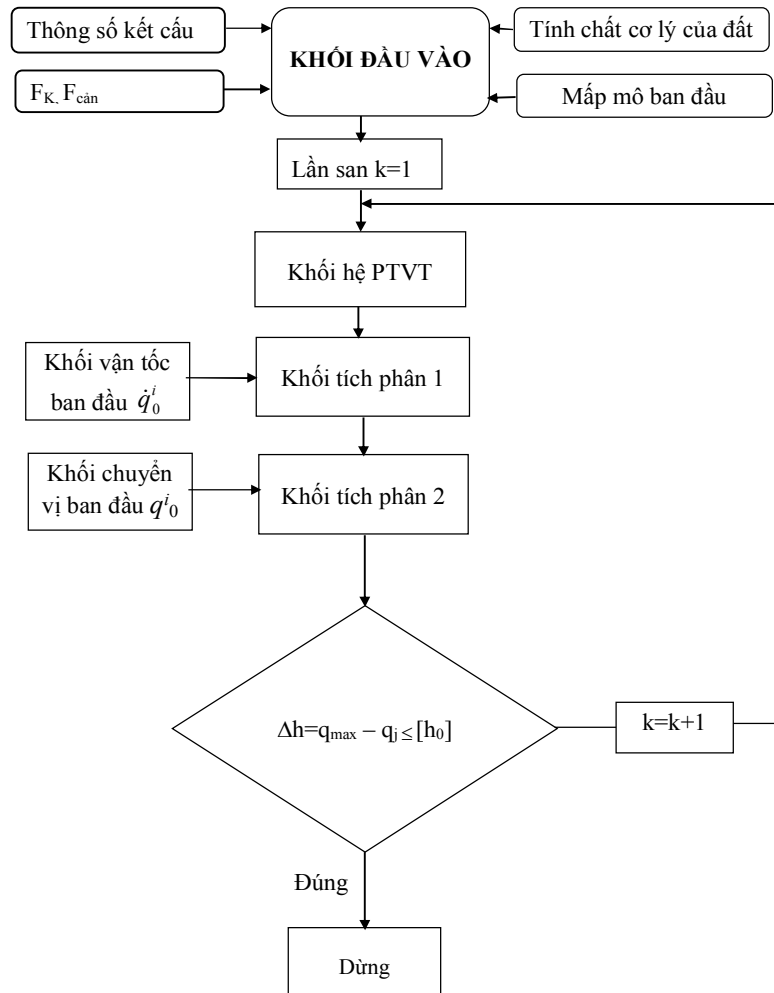
$$q_1^0 = 0; q_2^0 = 0; q_3^0 = 0; q_4^0 = 0; q_5^0 = 0; q_6^0 = \frac{7\pi}{45} (\text{rad}) \quad (3)$$

Các thông số động lực học chính được khảo sát trong quá trình máy san làm việc là: Chiều sâu cắt đất  $h$ ; Vận tốc cắt  $v$ ; Góc tạo bởi lưỡi san và trục dọc máy  $\varphi$ ; Số lần san  $n$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} (m_0 + m_1 + m_2 + m_3) \ddot{q}_1 + m_3 \cdot l_{33} \cdot \sin q_6 \cdot \ddot{q}_6 + m_3 \cdot l_{33} \cdot \dot{q}_6^2 \cdot \cos q_6 \\ = 4(P_K - P_{Fs}) - P_{dt}^x(t) - P_{dp}^x(t) - 2P_{Ft} \\ \dots \\ (m_0 + m_1 + m_2 + m_3) \ddot{q}_2 + (m_1 \cdot l_{10} - m_2 \cdot l_{20} - m_3 \cdot l_{O3}) \ddot{q}_3 - m_3 \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 \cdot \ddot{q}_6 + m_3 \cdot l_{33} \cdot \dot{q}_6^2 \cdot \sin q_6 \\ + 2 \cdot (b_{td1} + b_{td2}) (\dot{q}_2 + l_{10} \cdot \dot{q}_3) + 2b_{td3} \cdot (\dot{q}_2 - l_{20} \cdot \dot{q}_3) \\ + (m_0 + m_1 + m_2 + m_3) \cdot g + 2(c_{td1} + c_{td2}) (q_2 + l_{10} \cdot q_3 - h_{10}) + 2c_{td3} \cdot (q_2 - l_{20} \cdot q_3 - h_{20}) \\ = -(P_{dt}^z(t) + P_{dp}^z(t)) \\ \dots \\ (m_1 \cdot l_{10} - m_2 \cdot l_{20} - m_3 \cdot l_{O3}) \ddot{q}_2 + (J_{Oy} + m_1 \cdot l_{10}^2 + m_2 \cdot l_{20}^2 + m_3 \cdot l_{O3}^2) \ddot{q}_3 + m_3 \cdot l_{O3} \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 \cdot \ddot{q}_6 \\ - m_3 \cdot l_{O3} \cdot l_{33} \cdot \dot{q}_6^2 \cdot \sin q_6 + (m_1 \cdot g \cdot l_{10} - m_2 \cdot g \cdot l_{20} - m_3 \cdot g \cdot l_{O3}) \cdot q_3 + 2(c_{td1} + c_{td2}) (q_2 + l_{10} \cdot q_3 - h_{10}) \cdot l_{10} \\ - 2c_{td3} \cdot (q_2 - l_{20} \cdot q_3 - h_{20}) \cdot l_{20} + 2(b_{td1} + b_{td2}) \cdot (\dot{q}_2 + l_{10} \cdot \dot{q}_3) \cdot l_{10} - 2b_{td3} \cdot (\dot{q}_2 - l_{20} \cdot \dot{q}_3) \cdot l_{20} \\ = [P_{dt}^z(t) + P_{dp}^z(t)] \cdot l_{O3} \\ \dots \\ (J_{Ox} + J_{1x} + J_{3x}) \ddot{q}_4 + \frac{1}{2} [(b_{td1} + b_{td2}) \cdot b_s^2 + b_{td4} \cdot b_{xl}^2] \cdot \dot{q}_4 + \frac{1}{2} [(c_{td1} + c_{td2}) \cdot b_s^2 + c_{td4} \cdot b_{xl}^2] \cdot q_4 \\ = -\frac{B}{4} \cdot (P_{dt}^z(t) - P_{dp}^z(t)) \\ \dots \\ J_{2x} \cdot \ddot{q}_5 + \frac{1}{2} b_{td3} \cdot b_t^2 \cdot \dot{q}_5 + \frac{1}{2} c_{td3} \cdot b_t^2 \cdot q_5 = 0 \\ \dots \\ m_3 \cdot l_{33} \cdot \sin q_6 \cdot \ddot{q}_1 - m_3 \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 \cdot \ddot{q}_2 + m_3 \cdot l_{O3} \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 \cdot \ddot{q}_3 + m_3 \cdot l_{33}^2 \cdot \ddot{q}_6 \\ + m_3 [\dot{q}_1 \cdot \dot{q}_6 \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 + \dot{q}_2 \cdot \dot{q}_6 \cdot l_{33} \cdot \sin q_6 - l_{O3} \cdot l_{33} \cdot \dot{q}_3 \cdot \dot{q}_6 \cdot \sin q_6] \\ - m_3 [\dot{q}_1 \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 \cdot \dot{q}_6^2 + \dot{q}_2 \cdot l_{33} \cdot \dot{q}_6^2 \cdot \sin q_6 - l_{O3} \cdot l_{33} \cdot \dot{q}_3 \cdot \dot{q}_6^2 \cdot \sin q_6] - m_3 \cdot g \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 \\ + 2c_{td4} \cdot l_{34}^2 \cdot \sin q_6 \cdot \cos q_6 + 2 \cdot b_{td4} \cdot l_{34}^2 \cdot \dot{q}_6 \cdot \cos^2 q_6 \\ = -(P_{dt}^x(t) \cdot l_{33} \cdot \sin q_6 + P_{dp}^x(t) \cdot l_{33} \cdot \sin q_6 - P_{dt}^z(t) \cdot l_{33} \cdot \cos q_6 - P_{dp}^z(t) \cdot l_{33} \cdot \cos q_6) \end{array} \right. \quad (4)$$

## 2.2. Sơ đồ thuật toán xác định chuyển vị của lưới san trong quá trình làm việc

Chương trình tính toán ĐLH máy san được viết bằng ngôn ngữ lập trình Matlab, dựa trên bộ công cụ Simulink trong Matlab. Để tính toán và giải hệ phương trình vi phân chuyển động của cơ hệ trên tác giả sử dụng kết hợp đồng thời 2 bộ công cụ Matlab và Simulink của phần mềm Matlab phiên bản 2012.



Hình 2. Sơ đồ thuật toán khảo sát xác định bộ thông số làm việc hợp lý

## 3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT, XÁC ĐỊNH BỘ THÔNG SỐ LÀM VIỆC HỢP LÝ ĐỂ NÂNG CAO ĐỘ PHẪNG CỦA BỀ MẶT ĐƯỜNG SAU QUÁ TRÌNH SAN

Phương pháp khảo sát như sau: Ta đưa ra trước cao độ định mức của nền đường cần san so với cốt chuẩn trong thiết kế tuyến đường là: 10, 7 cm. Ở lượt san đầu tiên, do nền đất có dạng mấp mô tự nhiên (được xác định từ thực nghiệm) nên ta chọn chiều sâu cắt ở lượt san 1 bằng 10 cm. Do tiêu trí cần đạt được của máy san là độ phẳng nên chiều sâu cắt ở các lượt san tiếp theo bằng giá trị  $q_{max}$  ở lượt san trước đó trừ đi giá trị cao độ định mức mà ta đang chọn. Tiến hành tương tự ở các lượt san tiếp theo. Ta tiến hành dừng san khi tỷ lệ % đất bị cắt (chuyển vị của lưới san) ở lượt san sau so với lượt san trước đó nhỏ hơn 10%. Nếu tỷ lệ này lớn hơn 10% thì ta tiếp tục cho san lượt tiếp theo cho tới khi đạt điều kiện nhỏ hơn 10% thì dừng san.

Chuyển vị của lưỡi san trong quá trình làm việc chính là độ phẳng của bề mặt đường sau quá trình san. Sau khi tính toán ta có 100 kết quả ứng với 25 trường hợp. Trong thuyết minh tác giả xin trình bày kết quả của 4 trường hợp điển hình như sau:

**Trường hợp 1:** Cao độ định mức của nền đường cần san so với cốt chuẩn là: 10 cm.

Lượt san 1:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_1 = 10$  cm;  $n = 4$ .

Sau lượt san 1 ta nhận được bảng 500 giá trị chuyển vị của lưỡi san  $q$  tương ứng trong thời gian 10 giây. Căn cứ vào bảng giá trị đó, ta thấy giá trị  $q_{\max} = 16$ cm. Như vậy để mong muốn đạt được độ phẳng theo cao độ định mức cho trước bằng 10cm thì chiều sâu cắt ở lượt san thứ 2 phải bằng:  $q_{\max} - 10 = 6$ cm.

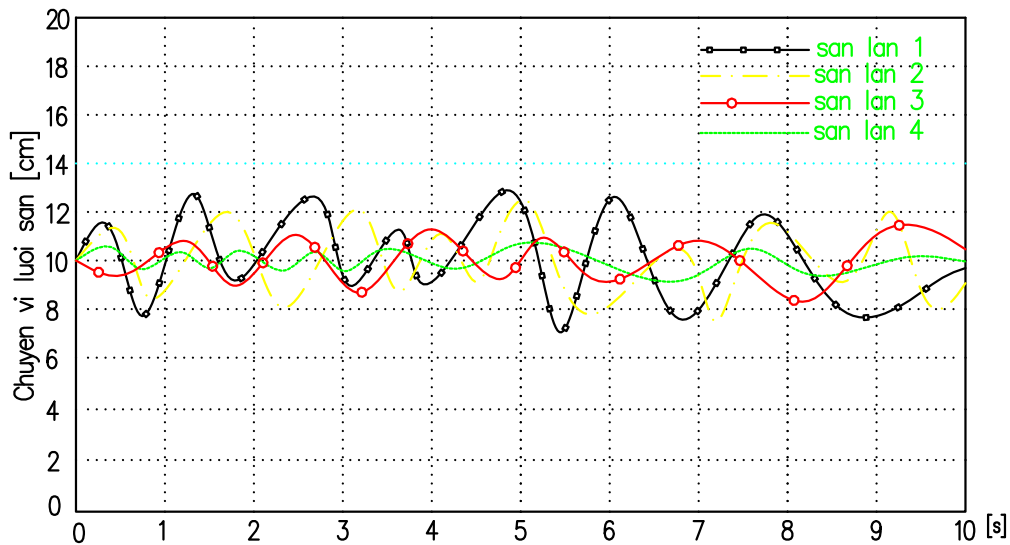
Như vậy ở lượt san 2:

$v_1 = 0.6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_2 = 6$ cm;  $n = 4$ .

Phương pháp khảo sát tương tự cho những lượt san tiếp theo ta được kết quả cụ thể dưới dạng đồ thị như sau:

Lượt san 3:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_3 = 3$ cm;  $n = 4$ .

Lượt san 4:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_4 = 2$  cm;  $n = 4$ .



**Hình 3.** Chuyển vị của lưỡi san ở trường hợp 1

**Trường hợp 2:** Cao độ định mức của nền đường cần san so với cốt chuẩn là: 7 cm.

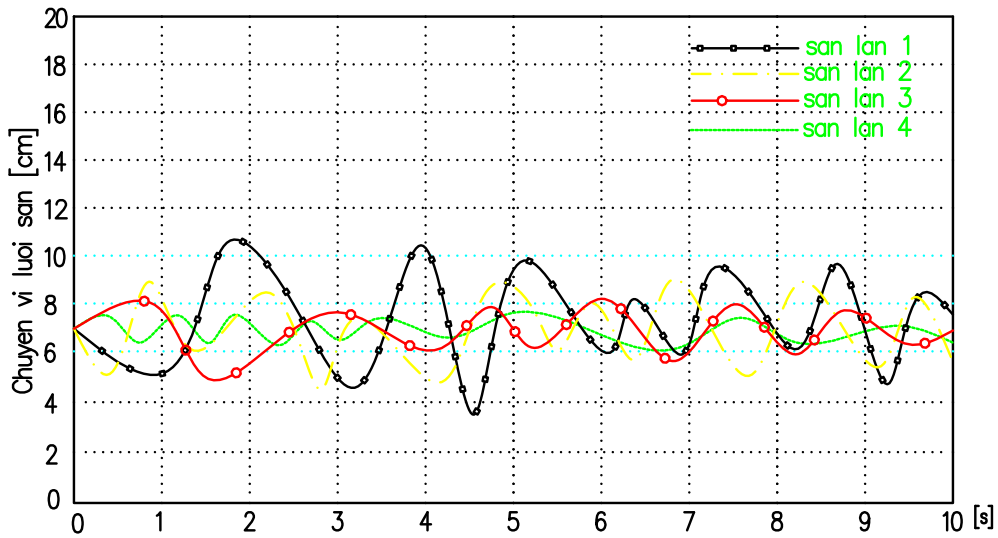
Phương pháp khảo sát tương tự như trường hợp 1. Ta có bộ số liệu san như sau:

Lượt san 1:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_1 = 10$  cm;  $n = 4$ .

Lượt san 2:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_2 = 5$  cm;  $n = 4$ .

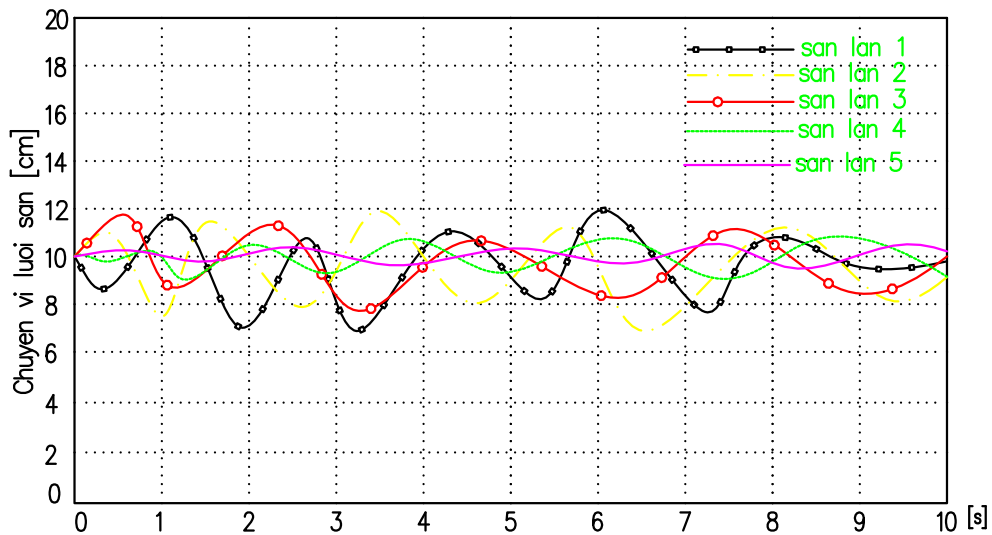
Lượt san 3:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_3 = 4$  cm;  $n = 4$ .

Lượt san 4:  $v_1 = 0,6$  m/s;  $\varphi_1 = 45^0$ ;  $h_4 = 2$  cm;  $n = 4$ .



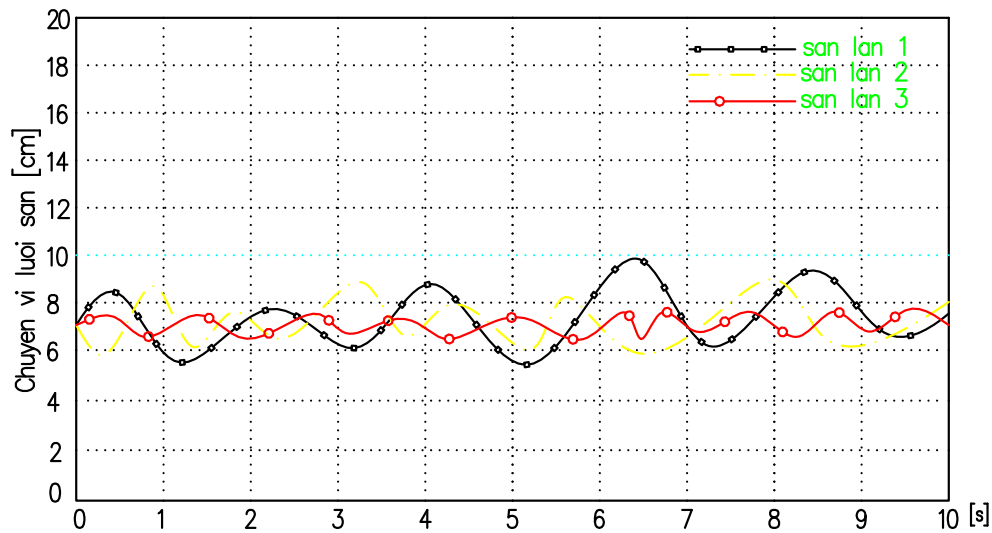
**Hình 4.** Chuyển vị của lưới san ở trường hợp 2

**Trường hợp 3:** Cao độ định mức của nền đường cần san so với cốt chuẩn là: 10 cm. Phương pháp khảo sát tương tự như các trường hợp trên. Ta có bộ số liệu san như sau:  
 Lượt san 1:  $v_1 = 1,0$  m/s;  $\varphi_1 = 65^0$ ;  $h_1 = 10$  cm;  $n = 5$ ;  
 Lượt 2:  $h_2 = 6$  cm; Lượt 3:  $h_3 = 4$  cm; Lượt 4:  $h_4 = 3$  cm; Lượt 5:  $h_5 = 2$  cm.



**Hình 5.** Chuyển vị của lưới san ở trường hợp 3

**Trường hợp 4:** Cao độ định mức của nền đường cần san so với cốt chuẩn là: 7 cm. Phương pháp khảo sát tương tự như các trường hợp trên. Ta có bộ số liệu san như sau:  
 Lượt san 1:  $v_1 = 1,0$  m/s;  $\varphi_1 = 65^0$ ;  $h_1 = 10$  cm;  $n = 3$ ;  
 Lượt 2:  $v_1 = 1,0$  m/s;  $\varphi_1 = 65^0$ ;  $h_2 = 4$  cm;  $n = 3$ ;  
 Lượt 3:  $v_1 = 1,0$  m/s;  $\varphi_1 = 65^0$ ;  $h_3 = 2$  cm;  $n = 3$ .



**Hình 6.** Chuyển vị của lưới san ở trường hợp 4

#### Phân tích kết quả khảo sát:

Căn cứ vào kết quả của 4 trường hợp trên ta thấy, ở lượt san đầu tiên do nền đất có mấp mô tự nhiên tác động vào nên chuyển vị của lưới san có biên độ dao động lớn nhất. Ở các lượt san tiếp theo thì chuyển vị của lưới san dần đều và ổn định hơn do nền đất đã được san phẳng ở lần san trước đó.

Căn cứ vào hình 3; 4; 5; 6 ta thấy ứng với các bộ thông số làm việc khác nhau thì ta thu được kết quả chuyển vị của lưới san là khác nhau trong quá trình làm việc. Như vậy các thông số làm việc có tác động trực tiếp đến độ phẳng của bề mặt đường trong quá trình máy san làm việc.

Căn cứ vào kết quả ở đồ thị trên ta thấy, với các thông số làm việc ở trường hợp 4 thì sẽ cho ta độ phẳng của bề mặt đường là tốt nhất, số lần phải san ít nhất, do đó chi phí cho nhân công, nhiên liệu... cũng là ít nhất. Vì vậy ta chọn các thông số của trường hợp 4 là bộ thông số hợp lý nhất để nâng cao độ phẳng của bề mặt nền đường trong quá trình làm việc của máy san.

#### 4. KẾT LUẬN

Căn cứ vào kết quả khảo sát được thể hiện ở trên. Tác giả đề xuất bộ thông số làm việc hợp lý để nâng cao độ phẳng của bề mặt nền đường sau quá trình san như sau:

- Vận tốc di chuyển trung bình:  $V_{tb} = 1,0$  m/s;
- Góc tạo bởi trục dọc của máy với lưới san:  $\varphi = 65^\circ$ .
- Số lần san: 03 lần;
- Chiều sâu cắt đất:
  - + Lượt san 1:  $h_1 = 0,1$  m;
  - + Lượt san 2:  $h_2 = 0,04$  m;
  - + Lượt san 3:  $h_3 = 0,02$  m;

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Баловнев В.И. (1981), *Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия*, Москва Машиностроение.

[2]. Корчагин П.А., Корчагина Е.А., Чакурин И.А. *Снижение динамических воздействий на оператора автогрейдера в транспортном режиме*: Монография. Омск: СибАДИ, 2009. - 195с.

[3]. Đào Mạnh Quyền, *Xây dựng mô hình động lực học của máy san trong quá trình làm việc*, Tạp chí KH&CN, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, số 42, Tháng 10 - 2017.

[4]. Phạm Hữu Đồng, Hoa Văn Ngữ, Lưu Bá Thuận (2004), *Máy làm đất*, Nhà xuất bản Xây dựng.

[5]. Vũ Thế Lộc, Vũ Thanh Bình (1997), *Máy làm đất*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

[6]. Đỗ Sanh (2004), *Động lực học máy*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.

[7]. Nguyễn Văn Vịnh (2008), *Động lực học máy xây dựng và xếp dỡ*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.