

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCES IN
SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT 17 OCTOBER 2025, HA NOI, VIET NAM**



**THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION**

ADVANCES IN SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT-2025 (ASMES - 2025)



TRANSPORT PUBLISHING HOUSE, HA NOI, VIET NAM

TABLE OF CONTENTS

No.	AUTHORS	PAPER	PAGES
1.	Xuan-Nam Bui, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Nguyen Phu Vu, Le Van Quyen	Training and Scientific Research Orientation in Surface Mining: Steadfast Integration, Reaching New Heights in the Modern Era	1-14
• 2.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Pham Van Hoa, Do Ngoc Hoan, Tran Dinh Bao	Stone in Vietnam: Building stone, rock fill and armourstone in construction for Sustainable Development	15-23
3.	Xuan-Nam Bui, Carsten Drebenstedt, Nguyen Hoang, Nguyen Van Duc, Tran Quang Hieu, Nguyen Quoc Long, Le Ngoc Ninh	Smart Mining - Opportunities and Challenges for Vietnam's Mining Industry	24-41
4.	Lai Hong Thanh, Mai The Toan, Le Ngoc Ninh, Xuan-Nam Bui	Vietnam's 2024 Law on Geology and Minerals: Opportunities and Challenges for the Mining Industry	42-55
• 5.	Le Thi Thu Hoa, Nguyen Hoang, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao, Le Qui Thao, Nguyen Truc Anh, Atrushkevich Victor, Xuan-Nam Bui	Some Technological Approaches, Optimization Strategies, and Sustainable Development Directions for Selective Mining in Vietnam's Open-Pit Coal Mines	56-66
6.	Le Qui Thao, Do Ngoc Le Dung, Nguyen Thi Thuc Anh, Do Ngoc Hoan, Xuan-Nam Bui	Some Technological Orientations for Safe and Environmentally Friendly Mining Technology of Coastal Placer Titanium Deposits in Vietnam	67-83
7.	Tran Quang Hieu, Nguyen Van Duc, Xuan-Nam Bui, Trinh Hai Son, Bui Hoang Bac	Sustainable Rare Earth Mining Technologies: Global Trends and a Tailored Model for Vietnam's Development	84-98
8.	Tran Quang Hieu, Xuan-Nam Bui, Le Ngoc Ninh, Bui Hong Quang, Nguyen Van Hai	The management and utilization of industrial explosives in Vietnam: Achievements, opportunities, challenges, and future development orientations.	99-110
9.	Thang Dam Trong, Duc Ngo The	Experimental investigation on the influence of water saturation on the propagation velocity of blasting stress waves	111-123
• 10.	Nguyen Dinh An , Tran Dinh Bao	Controlling Harmful Impacts of Rock Blasting for Construction Site Preparation in Ha Giang Province, Vietnam	124-136
11.	Ngo Ngoc Thuy, Dam Trong Thang	A Study on Mitigating Air Shock Wave Intensity in Surface Blasting for Rock Fragmentation Using Sand Cover Layers	137-148
12.	Van-Viet Pham, Pirat Jaroonpattanapong, Nguyen Anh Tuan, Van -Hoa Pham	Prediction of an appropriated powder factor used for blasting under the consideration of blast direction and rock mass quality	149-163
13.	Tung Lam Vu, Quang Hieu Tran, Trong Hieu Vu	Investigation and Analysis for the Selection of an Appropriate Method to determine Rock fragmentation from Experimental Data	164-175
• 14.	Do Ngoc Hoan, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao	Achievements and Challenges in Occupational Safety and Health Management in the Mineral Mining industry in Vietnam	176-189
15.	Lam Kieu Anh, Tran Quang Hieu, Do Ngoc Hoan, Nguyen Anh Tho, Do Thi Lan Chi	Assessment and Control of Fire and Explosion Risks in Industrial Explosives Storage Facilities	190-209

• 16.	Do Van Trieu, Tran Dinh Bao, Dang Tien Anh, Dinh Ba Lam, Nguyen Van Hoang	Overview of Carbon Storage Technologies in Mine Waste Rock: Opportunities and Challenges for TKV Open-Pit Mines	210-223
17.	Do Thi Lan Chi, Vu Van Thu, Do Ngoc Hoan	Safety Culture In Enterprises: An Assessment And Intervention Framework Based On A Multi-Model Approach	224-233
18.	Xuan-Nam Bui, Thi-Tam Nguyen, Ngoc-Ninh Le, Duc-Tin Quach, Quang-Hieu Tran, Chang-Woo Lee, Van-Trieu Do, Van-Duc Nguyen	Decarbonizing Vietnam's Open-Pit Coal Mining: A Life Cycle Case Study of Emissions and Mitigation Pathways	234-248
19.	Tuan-Ngoc Le, Nguyen Truc Anh, Hoang Nguyen, Xuan-Nam Bui	Predicting PM2.5 Concentrations in an Open-Pit Copper Mine Using Advanced AI Techniques: Insights from the Sin Quyen Copper Mine, Vietnam	249-268
20.	Léopold Dupuy, Nguyen Mai Anh, Hoang Nguyen	Soil Organic Carbon Assessment and Prediction in Rehabilitated Open-Pit Mining Areas Using GIS and Machine Learning: Insights from France	269-290
• 21.	Tran Dinh Bao, Vu Van Thu	Analysis, evaluation, and proposal of solutions to enhance the effectiveness of occupational safety and health practices in Vietnam in the current period	291-312
22.	Do Duc Thanh, Ngo Thanh Tuan	Impact of large capacity solar power sources when connected near high-voltage power system supplying electricity to mining areas	315-320
23.	Nguyen Hoang Long, Xuan-Nam Bui, Tran Thi Hai Van, Dinh Bao Ngoc, Tran Truong Giang	Development of a Management and Monitoring System for Production Activities in Open-Pit Quarries in Vietnam	321-328
24.	Dam Trong Thang, Nguyen Chi Ta, Vu Chong Hieu, Le Hong Hai	Improvement of the Method for Determining the Specific Explosive Consumption for Rock Destruction under Water by a Charge in a Borehole, Based on the Rock Failure Mechanism Induced by Reflected Stress Waves	329-342
25.	Nguyen Van Tinh, Dam Trong Thang, Le Sy Thuong, Tran Quang Hieu	Study of the calculation, design, and fabrication of rational small explosive charges for experimental research on soil and rock blasting using miniature models	343-358
26.	Nguyen V.H, Dam T.T, Nguyen V.I, Tatarinov V.V, Tran V.L	Experimental Study of Noise Reduction Solutions in an Electric Explosion Device Model	359-374
27.	Nguyen Manh Thuong, Dam Trong Thang, Ta Quang Yen	Esearch, Fabrication and Testing of an Assembled Floating Working Platform for Underwater Drilling of Blast Holes in Marine Conditions in Quang Ninh Province	375-385
28.	Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Pham Van Viet, Tran Quang Hieu	Proposing fundamental criteria for open-pit mining to ensure efficiency, sustainability, and climate change adaptation in Vietnam	386-395
29.	Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Xuan -Nam Bui, Nguyen Van Duc	The future of open-pit mining in Vietnam: opportunities, challenges, and pathways to sustainability	396-412
30.	Le Duc Phuong , Do Ngoc Hoan, Phi Trung Kien	Methodology for rational determination of ultimate pit limits for monometallic and polymetallic mines managed by TKV	413-422
• 31.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Nguyen Van Tinh, Tran Dinh Bao, Pham Minh Tu, Noelie Escutenaire	Run-of-mine ore quality homogenization: Application for mining conditions of block 24-122, Tan Rai bauxite mine, Tay Nguyen	423-431

- 32. Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Tran Dinh Bao, Pham Van Hoa Hoa, Pham Minh Tu, Noelle Escutenaire Bauxite ore grade model: construction of a resource and grade distribution map for block 24-122, Tan Rai bauxite mine 432-440
- 33. Khuong The Hung, Bui Hoang Bac Vu The Thu Sustainable development of apatite ore at the Coc mine, Lao Cai province based on a comprehensive assessment of geological conditions and mining status 441-447
- 34. Le Ba Phuc, Do Van Trieu, Dang Tien Anh, Tran Dinh Bao Study on developing a method for monitoring the load model on dump trucks transporting overburden at open-pit mines for digital transformation 448-459
- 35. Do Ngoc Tuoc, Nhu Viet Tuan, Trinh Thi Phuong Assessment of the Potential for Microbial Underground Coal Biogasification in the Red River Delta Coal Basin 460-469
- 36. Dam Quang Sang, Nguyen Van Tinh, Hoang Trung Huu, Nguyen Ngan, Tran Van Dung, Tran Quang Hieu Method for Determining Detonator Parameters for Blasting in Open-Pit Mines in Vietnam 470-479
- 37. Pham Van Hoa, Tran Van Dung, Hoang Anh Phong, Trinh Quang Trung, Le Van Quyen, Duong Thanh Trung, Tran Dinh Bao, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Nguyen Dinh An, Pham Van Vie Drilling and blasting operations management system – designed to meet digital transformation requirements and adapted to practical conditions of Open-Pit coal mines in Quang Ninh region 480-490
- 38. Doan Van Thanh, Do Van Trieu, Dinh Ba Lam, Tran Dinh Bao Study on simulating the propagation of blasting stress waves in water-saturated rock and soil conditions at coal mines under TKV 491-500
- 39. Hoang Manh Thang, Doan Van Thanh, Dinh Ba Lam, Dang Tien Anh Research on Non-Explosive Rock Breaking Methods for Open-Pit Mines in Vietnam 501-510
- 40. Luu Van Thuc, Do Van Trieu, Le Ba Phuc, Le Thi Thu Hoa The necessity of researching and developing a monitoring database and a slope stability warning program for pit walls and waste dumps using digital models integrated with artificial intelligence (AI) for open-pit mines under TKV 511-520
- 41. Dao Van Chi , Vu Thai Tien Dung, Phan Mai Linh International experience in mainstreaming environmental protection into mineral resource development and implications for Vietnam 521-527
- 42. Pham Anh Hai , Nguyen Anh Tuan, Trinh Van Hiep, Pham Hong Thai, Dang Anh Duc Application of CCUS Technology in TKV Thermal Power Plants: Potentials and Prospects (Part I) 528-538
- 43. Nguyen Anh Tuan, Nguyen Xuan Tu, Pham Van Viet, Do Anh Son, Ngo Thanh Tuan, Nguyen Tien Hung. Impact assessment of open-pit mining on underground mine structures: A case study of coking coal mining, Bac Lang Cam, Thai Nguyen provinc 539-556
- 44. Nguyen Dinh An , Nhu Van Bach, Tran Dinh Bao Real - Time Blasting Plans Generation Using Artificial Intelligence: Improving Efficiency and Safety in Mining Blasting Operations 557-564



ASMES - 2025

www.khaithaclathien.edu.vn



Study on developing a method for monitoring the load model on dump trucks transporting overburden at open-pit mines for digital transformation

Le Ba Phuc¹, Do Van Trieu¹, Dang Tien Anh¹, Tran Dinh Bao²

¹ Institute of Mining Science and Technology, Ha Noi, Vietnam

² HaNoi University of Mining and Geology, Ha Noi, Vietnam

ABSTRACT

In the production technologies of open-pit coal mines, rock fragmentation by drilling and blasting is an effective technological solution in terms of both economic and technical aspects. However, under conditions where the geotechnical and hydrogeological characteristics change at deeper levels, blasting with a large, concentrated amount of explosives can pose negative impacts on the stability of the pit walls and underground structures such as tunnels beneath the open-pit mining area. Accordingly, by studying and simulating blasting responses in various water-saturated rock and soil conditions using a 2D LS-Dyna model—incorporating the physical-mechanical parameters of the rock and the hydrogeological characteristics typical of deep open-pit coal mines under TKV—this research provides a visual representation and identifies the propagation and attenuation of stress waves in the deep rock and soil environment. Simultaneously, based on these simulation results, a set of technical solutions is proposed to enhance safety for deep open-pit mines with underlying underground structures.

Keywords:

Blasting simulation, Blasting-induced stress waves, Open-pit and underground relationship.

*Corresponding author.

E-mail address: trandinhbao@humg.edu.vn

Nghiên cứu xây dựng phương pháp giám sát mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá tại các mỏ lộ thiên phục vụ chuyển đổi số

Lê Bá Phúc¹, Đỗ Văn Triều¹, Đặng Tiến Anh¹, Trần Đình Bảo²

¹ Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội, Việt Nam

² Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Tại các mỏ lộ thiên, hoạt động vận chuyển đất đá chủ yếu vẫn được thực hiện bằng ô tô, trong đó mô hình chất tải trên thùng xe được xây dựng chủ yếu để phục vụ công tác thống kê khối lượng vận chuyển. Tuy nhiên, các mô hình này chưa xem xét đầy đủ yếu tố cân bằng tải trọng, dẫn đến tình trạng lệch tải, gây tăng áp lực cục bộ lên khung sườn và lốp xe, làm méo khung, tăng hao mòn thiết bị, từ đó làm gia tăng chi phí sửa chữa, bảo dưỡng và thay lốp. Bên cạnh đó, công tác nghiệm thu số chuyển vận tải vẫn thực hiện thủ công (đếm chuyển, viết phiếu), thiếu tính chính xác và kịp thời. Bài báo đề xuất giải pháp ứng dụng công nghệ quét laser 3D trong giám sát mô hình chất tải của ô tô vận chuyển đất đá tại các mỏ lộ thiên. Phương pháp này cho phép thu thập dữ liệu hình học chính xác về mô hình chất tải, từ đó đánh giá được sự phân bố tải trọng, tối ưu hóa thể tích chứa, nâng cao hiệu quả vận hành phương tiện và số hóa công tác quản lý nghiệm thu khối lượng vận chuyển, góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong ngành khai thác mỏ.

Từ khóa: Mô hình chất tải, cảnh báo chất tải, phần mềm giám sát chất tải.

1. Mở đầu

Hiện nay, các mỏ than lộ thiên thuộc TKV chủ yếu vẫn sử dụng hình thức vận tải ô tô đơn thuần để vận chuyển các loại đất đá và than khai thác, với khoảng 1027 chiếc ô tô. Trong đó có 785 chiếc ô tô vận chuyển đất đá, chiếm 76% tổng số lượng ô tô đang hoạt động, đa phần của các hãng xe như: CAT, Komatsu, Benlaz có trọng tải từ 36÷130 tấn.

Vật tư tiêu hao chủ yếu của ô tô là lốp, đơn giá một quả lốp cho các loại xe trọng tải từ 55÷130 tấn khoảng 202÷375 triệu VNĐ/quả, tương ứng 1,21÷2,25 tỷ đồng/bộ cho một xe. Chi phí lốp ô tô chiếm khoảng 16%, chi phí sửa chữa chiếm khoảng 8%, tổng chi phí lốp + chi phí sửa chữa chiếm khoảng 30% giá thành vận chuyển 1m³ đất đá (cung độ từ 4÷7 km). Một trong các nguyên nhân làm tăng chi phí khâu vận tải xuất phát từ việc chất tải không hợp lý và trọng tải chuyển chở không đảm bảo. Chất tải không hợp lý dẫn đến mất cân bằng trọng tải trên thùng xe làm tăng áp lực lên khung đỡ xe, lốp xe tại vị trí trọng tâm khối đất đá hướng đến, làm méo khung đỡ, tăng hao mòn lốp, từ đó tăng chi phí sửa chữa, bảo dưỡng, chi phí thay thế lốp. Quá trọng tải sẽ mất an toàn, chi phí lốp, nhiên liệu và các vật tư thay thế tăng, ngược lại thiếu thiếu tải sẽ ảnh hưởng đến năng suất, giá thành vận tải.

Mô hình chất tải mẫu các loại đất đá trên thùng xe ô tô được các mỏ than lộ thiên xây dựng và ban hành chủ yếu phục vụ công tác quản lý xúc bốc và vận chuyển, tuy nhiên các mô hình chất tải mẫu có đảm bảo yếu tố cân bằng trọng tải hay không, trình tự chất tải lên thùng

xe để tạo ra mô hình là chưa có cơ sở khoa học để đánh giá, và quá trình giám sát mô hình chủ yếu thực hiện bằng quan sát trực quan định tính để đánh giá xe chở đất đá thiếu tải hoặc quá tải.

Do đó, nghiên cứu xây dựng phương pháp giám sát mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá tại các mỏ than lộ thiên thuộc TKV trong phòng thí nghiệm với mô hình tương đương tỷ lệ 1:25, vật liệu tương đương các loại đất đá đang vận chuyển tại các mỏ, và phương pháp quét Laser 3D mặt đất giám sát dung tích chất tải, để xây dựng mô hình chất tải mẫu, đảm bảo yếu tố khối lượng chất tải, phân bố tải trọng và cảnh báo việc thực hiện mô hình chất tải của máy xúc. Đồng thời, kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm là cơ sở khoa học để triển khai kết quả nghiên cứu ngoài hiện trường và ứng dụng vào thực tế sản xuất tại các mỏ.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở xây dựng mô hình chất tải

Thực tế hình dạng đồng đá trên thùng xe được hình thành do sự kết hợp các hình nón giao nhau khi máy xúc đổ tải lên thùng xe. Để chứa đầy thùng xe, số gầu xúc hợp lý của máy xúc thường 4÷6 gầu, và thợ lái máy xúc có thể đổ tải tại các vị trí khác nhau trên thùng xe tạo ra các hình nón giao nhau hoặc có thể đặt tải tại một vị trí tại tâm thùng xe để các hình nón chồng lên nhau tạo ra hình dạng khối đất đá trên thùng xe (hình 1).

Ở phía trước, 2 bên thành thùng xe, dòng chảy vật liệu khi đổ tải sẽ bị cản trở bởi thành do đó góc nghỉ vật liệu ở phía trước, hai bên, phía sau thùng xe khác nhau và mỗi loại vật liệu đổ tải khác nhau, góc nghỉ vật liệu trên thùng xe khác nhau. Góc nghỉ vật liệu trên thùng xe là yếu tố cơ bản để hình thành mô hình chất tải (Henze, 2015).

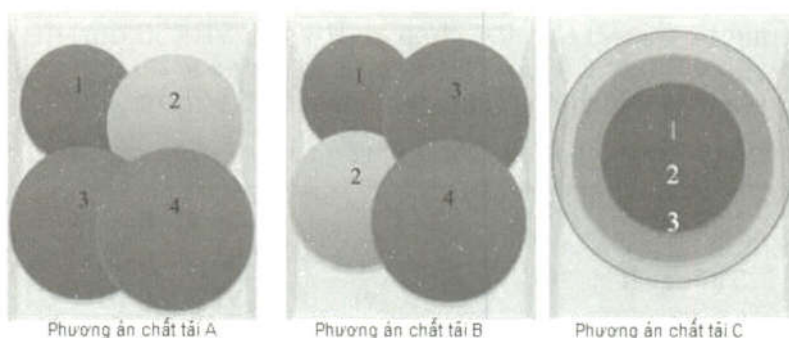
Một mô hình chất tải hợp lý khi đáp ứng các yêu cầu sau:

- Đất đá có thể trọng lớn, khối lượng đất đá trong thùng xe (Q_{tx}) phải đảm bảo điều kiện $0,9.Q_{tk} < Q_{tx} < 1,1.Q_{tk}$, (Q_{tk} trọng tải thiết kế của xe). Đối với đất đá thể trọng nhỏ, dung tích đất đá trong thùng xe chứa được lớn nhất (Komatsu, 2013);

- Mô hình chất tải phải phù hợp với kích thước hình học thùng xe. Vật liệu ở chân hình nón thấp hơn thành thùng xe;

- Độ lệch tâm (L_T , cm) theo phương ngang giữa của khối tâm đất đá T (X, Y) trong thùng xe với trọng tâm của thùng xe C(0, 0) (hình 1) là nhỏ nhất.

- Đảm bảo hình dạng bề mặt vật liệu chất tải ổn định không bị rơi vãi trong quá trình vận chuyển.



Hình 1. Các phương án chất tải trên thùng xe

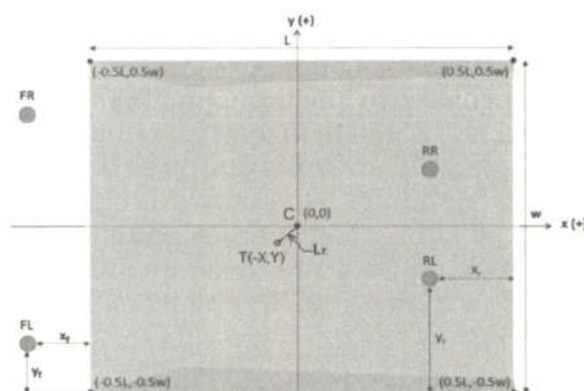
1, 2, 3, 4: Thứ tự, vị trí chất tải từ gầu xúc lên thùng xe ô tô. Phương án A: Tải tập trung phía sau; Phương án B: Tải tập trung bên phải; Phương án C: Tải tập trung ở giữa.

2.2. Mô hình chất tải tối ưu

Ô tô chở đất đá được thiết kế để chạy tối ưu khi tổng trọng lượng của xe (trọng tải + tự trọng) được phân bố đều giữa tất cả sáu lốp. Vì có hai lốp ở trục trước và bốn lốp ở phía sau, do đó phân bố trọng tải xe tại trục trước, trục sau khác nhau.

Theo thiết kế hãng xe, trọng tâm thùng xe $C(0,0)$ là điểm giao nhau giữa đường trung tuyến của chiều dài (L) và chiều rộng thùng xe (W) (hình 2) (Henze, 2015).

Mô hình chất tải tối ưu khi khối tâm của vật liệu trên thùng xe trùng $T(X, Y)$ trùng với trọng tâm C , hay độ lệch tâm $LT = 0$.



Hình 2. Trọng tâm của thùng xe

L, W : Chiều dài, chiều rộng thùng xe; FR : Trục trước bên phải; FL : Trục trước bên trái; RR : Trục sau bên phải; RL : Trục sau bên trái; $T(X, Y)$: Khối tâm đất đá trong thùng xe; L_T : Độ lệch giữa khối tâm đất đá và trọng tâm thùng xe

2.3. Xác định mô hình chất tải phù hợp cho các xe vận tải đất đá trên mỏ lộ thiên thuộc TKV

a. Mục đích thí nghiệm

Bằng cách chất tải các loại vật liệu tương đương đất đá của mỏ than lộ thiên tại các vị trí khác nhau trên các loại thùng xe mô hình, tạo ra các dữ liệu về mô hình chất tải, đánh giá, lựa chọn mô hình chất tải phù hợp và sử dụng máy quét Laser 3D mặt đất quét mô hình chất tải phù hợp, xác định dung tích chất tải trên thùng xe. Từ đó, đánh giá tính khả thi, hiệu quả phương pháp giám sát cảnh báo mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất trong phòng thí nghiệm, làm cơ sở để triển khai thực nghiệm ngoài hiện trường.

b. Lựa chọn thiết bị vận tải xây dựng mô hình

Trong tổng số khoảng 626 chiếc ô tô khung cứng vận chuyển đất đá trên các mỏ than lộ thiên TKV, dòng xe CAT và HD của Komatsu có trọng tải từ 55÷96 tấn là 544 chiếc, chiếm 87% tổng số ô tô, khoảng 544 chiếc, xe Benlaz có 06 chiếc, chiếm 0,96%, còn lại là xe khung động. Toàn bộ tự trọng và trọng tải của xe khung cứng đều đặt trên bộ khung, do đó trọng tải đất đá trên thùng xe ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hoạt động của xe. Đối với xe khung động, đầu xe và thùng xe có kết cấu rời, do đó trọng tải trên thùng xe không tác động nhiều đến hoạt động của xe. Đặc trưng cho xe trọng tải 91÷96 tấn, lựa chọn xe là CAT 777D, trọng tải 96 tấn; xe có trọng tải 55÷58 tấn, lựa chọn xe HD 465-7R (55 tấn) để xây dựng mô hình tương đương. Đồng bộ với ô tô CAT 777E (96 tấn) là máy xúc dung tích gầu 12 m³, với ô tô HD 465-7R (58 tấn) là máy xúc dung tích gầu 6,7 m³ (Lê Bá Phúc, 2022).

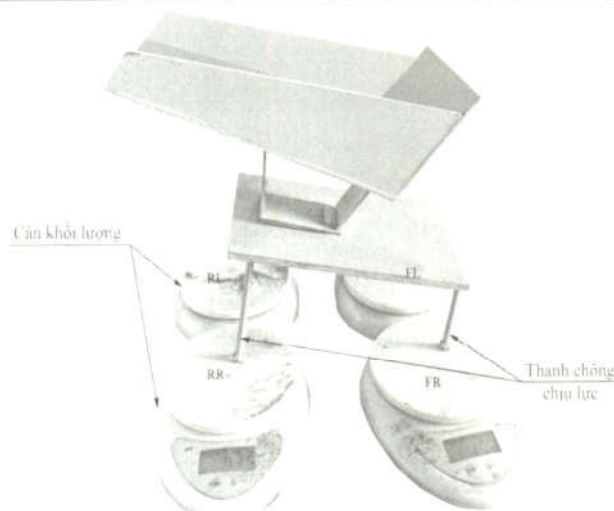
Bảng 1. Thông số kỹ thuật của thiết bị vận tải lựa chọn xây dựng mô hình

TT	Thông số	Đơn vị	Thiết bị thực tế		Mô hình tương đương tỷ lệ 1:25	
			CAT 777 D	HD 465-7R	CAT 777 D	HD 465-7R
1	Trọng tải thiết kế (Q_{tk}), kg	kg	96.000	58.000	6,144	3,75 kg
2	Kích thước thùng xe					
-	Chiều dài (L)	cm	723,4	645	28,94	25,8
-	Chiều rộng (W)	cm	520	387	20,8	15,48

2	Dung tích thùng xe (SAE 2:1),	10^3 cm^3	60.100	34.200	3,864	2,189
3	Số lượng gàu xúc đẩy thùng xe	gàu	6	6	6	6
4	Khối lượng đất đá mỗi gàu xúc chất tải lên thùng xe, kg	kg	16.000	9.167	1,024	0,587

Kích thước mô hình thùng xe tương đương bằng tỷ lệ 1:25 kích thước thùng xe thực tế theo Catoluge của Nhà sản xuất. Thể tích, trọng tải thùng xe, trọng lượng mỗi gàu xúc được xác định theo tỷ lệ thu nhỏ của khối lập phương. Vị trí các thanh chống chịu lực được xác định theo thông số Catalogue xe của Nhà sản xuất với tỷ lệ thu nhỏ tương đương.

Để xác định phân bố tải trọng xe theo thiết kế Nhà sản xuất, tại vị trí chịu tải trọng tại trục trước, trục sau của xe được gắn các thanh chống chịu lực bằng thép, vị trí các thanh chống được xác định theo chiều dài (L), chiều rộng (W) thùng xe thể hiện ở hình 1a. Sử dụng các cân điện tử có độ chính xác tính bằng gram để xác định phân bố tải trọng lên các trục (hình 3).



Hình 3. Mô hình thùng xe tỷ lệ 1:25 của xe CAT 777D (96 tấn) và phương pháp xác định phân bố tải trọng xe

c. Lựa chọn vật liệu tương đương sử dụng thí nghiệm

Trên cơ sở đặc tính các loại đất đá đang được vận chuyển bằng ô tô, gồm đất đá phủ, đất đá bãi thải cũ, đất đá nổ mìn, các loại vật liệu tương đương sử dụng thí nghiệm như sau (TKV, 2020):

- Đất sét khô gió, thể trọng nở rời $1,33 \text{ g/cm}^3$, góc nghỉ tự nhiên $33,5^\circ$, tương đương đất phủ Độ tứ;

- Đá dăm có kích thước cỡ hạt $< 0,5 \text{ cm}$, thể trọng nở rời $1,62 \text{ g/cm}^3$, góc nghỉ tự nhiên $36,60^\circ$, tương đương với đất đá bãi thải cũ ở phân tầng trên có đường kính cỡ hạt đất đá trung bình phân tầng trên h_{pttr} : $d_{\text{tbtr}} = 0,1 \text{ m}$;

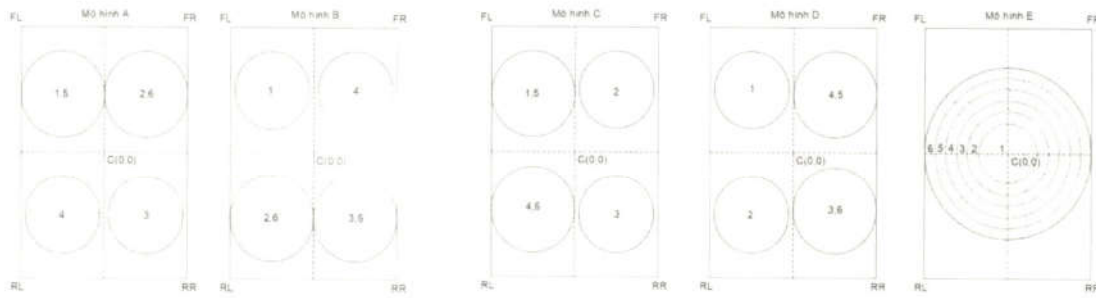
- Đá vôi phối trộn, sử dụng 02 loại:

- + Loại 1: Sử dụng các loại đá vôi nghiền nát có kích thước tương đương theo tỷ lệ 1:25 kích thước các thành phần cỡ hạt của đất đá nổ mìn đường kính trung bình $d_{\text{tb}} = 0,35 \text{ m}$, phối trộn theo tỷ lệ tạo ra vật liệu tương đương, thể trọng nở rời $1,84 \text{ g/cm}^3$, góc nghỉ tự nhiên $36,6^\circ$. Đất đá bãi thải cũ phân tầng giữa h_{ptg} : $d_{\text{tbg}} = 0,31 \text{ m}$ cũng sử dụng loại vật liệu này trong thí nghiệm;

- + Loại 2: Phối trộn các loại đá vôi nghiền nát theo tỉ lệ để tạo ra vật liệu tương đương với đất đá bãi thải cũ phân tầng dưới h_{ptd} : $d_{\text{tbd}} = 0,56 \text{ m}$, vật liệu sử dụng có thể trọng nở rời $1,835 \text{ g/cm}^3$, góc nghỉ tự nhiên 37° .

d. Lựa chọn mô hình chất tải thử nghiệm

Theo vị trí chịu tải trọng tại trục trước, trục sau của xe, lựa chọn 5 mô hình chất tải, gồm: 1. Mô hình A: Tải tập trung đẳng trước; 2. Mô hình B: Tải tập trung về đẳng sau; 3. Mô hình C: Tải thiên về bên trái; 4. Mô hình D: Tải thiên về bên phải; 5. Mô hình E: Tải tập trung chính giữa (hình 6).



Hình 4. Thứ tự chất tải của từng mô hình

Quá trình đổ tải mỗi gàu vật liệu tương đương lên các vị trí trên thùng xe theo các mô hình thử nghiệm theo thứ tự 1, 2, 3, 4, 5, 6 như hình 4.

3. Nội dung và kết quả đạt được

3.1. Thí nghiệm mô hình chất tải

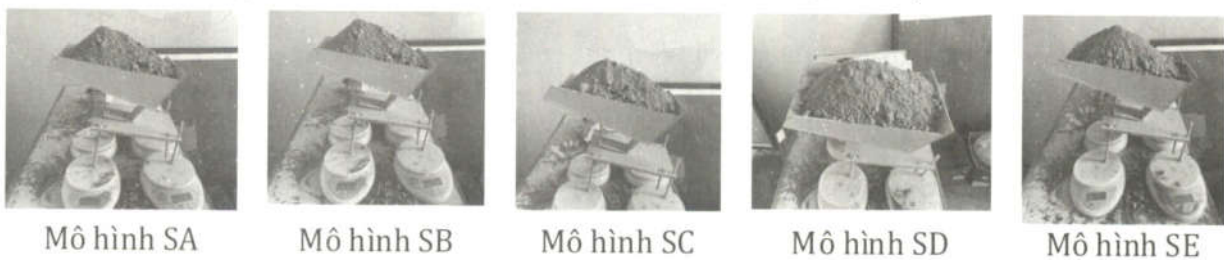
Các mô hình chất tải (Hình 4) theo các loại vật liệu tương đương trên các thùng xe CAT 777D và HD465 -7R được kí hiệu thể hiện bảng 2.

Bảng 2. Kí hiệu thí nghiệm mô hình chất tải

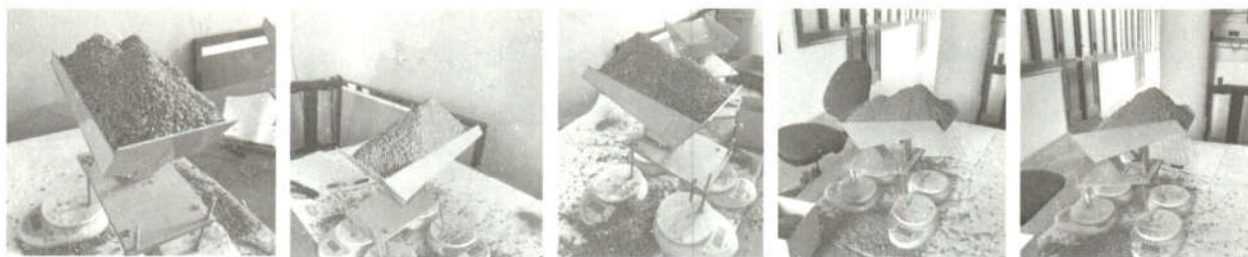
TT	Vật liệu tương đương thí nghiệm	Kí hiệu thí nghiệm				
		Mô hình A	Mô hình B	Mô hình C	Mô hình D	Mô hình E
1	Đất sét khô	SA	SB	SC	SD	SE
2	Đá dăm	DA	DB	DC	DD	DE
3	Đá vôi phối trộn loại 1	PA-1	PB-1	PC-1	PD-1	PE-1
4	Đá vôi phối trộn loại 2	PA-2	PB-2	PC-2	PD-2	PE-2

Quá trình thí nghiệm như sau: Căn cứ vào kết quả các chỉ tiêu tương đương trên mô hình tỷ lệ 1:25 tại bảng 3, tiến hành đổ tải 1,024 kg vật liệu tương đương lên thùng xe mô hình của ô tô CAT 777D; đổ 0,587 kg vật liệu lên thùng xe HD465 -7R theo thứ tự chất tải của từng mô hình đã được xác định hình 6. Quá trình chất tải được dừng lại khi đổ hết 6 gàu xúc tương đương lên thùng xe hoặc vật liệu trên thùng xe đã đầy, tràn qua thành thùng xuống đất. Ghi lại các thống số khối lượng tại các cân đặt trên các thanh chống chịu tải tại trực trước bên phải, trực trước bên trái, trực sau bên phải, trực sau bên trái. Đây là cơ sở dữ liệu để xác định: Dung tích chứa đất đá, trọng tải thực tế, phân bố tải trọng và độ lệch tâm khối đất đá.

Kết quả thí nghiệm mô hình chất tải với xe HD465 – 7R, thể hiện hình 5 ÷ 8.



Hình 5. Mô hình chất tải thí nghiệm với đất sét khô (tương đương đất phủ Độ tứ)



Mô hình DA

Mô hình DB

Mô hình DC

Mô hình DD

Mô hình DE

Hình 6. Mô hình chất thải thí nghiệm với đá dăm (tương đương đất đá thải phân tầng trên)



Mô hình PA-1

Mô hình PB-1

Mô hình PC-1

Mô hình PD-1

Mô hình PE-1

Hình 7. Mô hình chất thải thí nghiệm với đá vôi phối trộn loại 1 (tương đương đất đá nổ mìn và đất đá bãi thải phân tầng giữa)



Mô hình PA-2

Mô hình PB-2

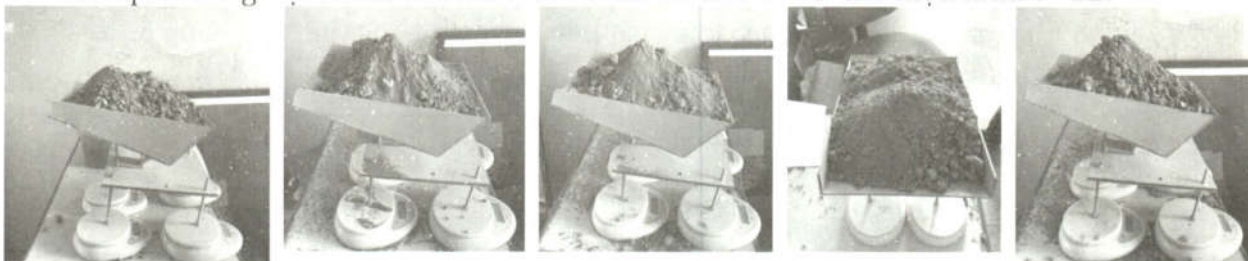
Mô hình PC-2

Mô hình PD-2

Mô hình PE-2

Hình 8. Mô hình chất thải thí nghiệm với đá vôi phối trộn loại 2 (tương đương đất đá bãi thải phân tầng dưới)

Kết quả thí nghiệm mô hình chất thải với xe xe CAT 777D thể hiện hình 9÷12.



Mô hình SA

Mô hình SB

Mô hình SC

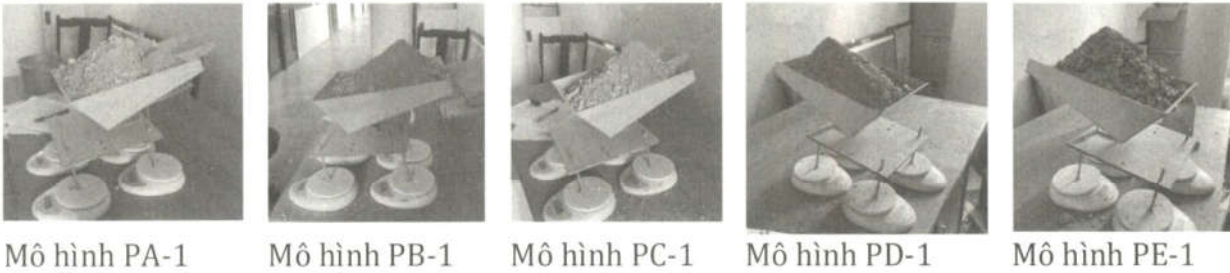
Mô hình SD

Mô hình SE

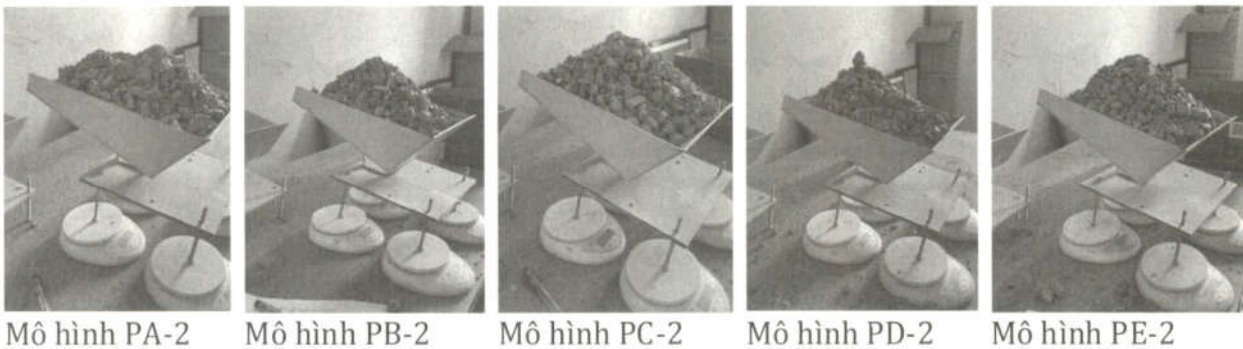
Hình 9. Mô hình chất thải thí nghiệm với đất sét khô (tương đương đất phủ Độ tứ)



Hình 10. Mô hình chất tải thí nghiệm với đá dăm (tương đương đất đá thải phân tầng trên)



Hình 11. Mô hình chất tải thí nghiệm với đá vôi phối trộn loại 1 (tương đương đất đá nổ mìn và đất đá bãi thải phân tầng giữa)



Hình 12. Mô hình chất tải thí nghiệm với đá vôi phối trộn loại 2 (tương đương đất đá bãi thải phân tầng dưới)

Dựa trên số liệu thu được từ các thiết bị xác định trọng tải trên các trục của thùng xe, kết quả tính toán về khả năng chuyên chở vật liệu (dung tích, trọng tải), phân bố trọng tải theo 05 mô hình chất tải thí nghiệm với các vật liệu tương đương thể hiện bảng 3.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm trên mô hình chất tải các loại xe điển hình

Loại xe	Mô hình thí nghiệm	Dung tích chứa đất đá trong thùng xe			Trọng tải chuyên chở			Độ lệch tâm, cm		
		Thiết kế, cm ³ , SAE 2:1	Thực tế, cm ³	Chênh lệch, %	Thiết kế, g	Thực tế, g	Chênh lệch, %	X, cm	Y, cm	L, cm
HD 465-7R	SA	2.189	1.787	-18%	3.750	2.398	-36%	-1,67	-0,58	1,77
	SB		1.759	-20%		2.360	-37%	-1,84	-0,55	1,92
	SC		1.785	-18%		2.396	-36%	-1,81	-0,60	1,90
	SD		1.773	-19%		2.380	-37%	-1,82	-0,54	1,90
	SE		1.826	-17%		2.450	-35%	-1,60	-0,60	1,71
	DA	2.189	2.254	3%	3.750	3.651	-3%	-2,67	-0,19	2,67

Loại xe	Mô hình thí nghiệm	Dung tích chứa đất đá trong thùng xe			Trọng tải chuyên chở			Độ lệch tâm, cm		
		Thiết kế, cm ³ , SAE 2:1	Thực tế, cm ³	Chênh lệch, %	Thiết kế, g	Thực tế, g	Chênh lệch, %	X, cm	Y, cm	L, cm
	DB		2.118	-3%		3.431	-9%	-1,64	-0,03	1,94
	DC		2.272	4%		3.680	-2%	-2,17	-0,46	2,22
	DD		2.246	3%		3.638	-3%	-2,46	-0,10	2,46
	DE		2.248	3%		3.671	-2%	-1,89	0,10	1,89
	PA-1	2.189	1.992	-9%	3.750	3.665	-2%	-3,16	-0,31	3,18
	PB-1		1.956	-11%		3.599	-4%	-2,98	-0,36	3,00
	PC-1		1.957	-11%		3.600	-4%	-2,58	-0,59	2,65
	PD-1		2.007	-8%		3.693	-2%	-2,57	-0,04	2,57
	PE-1		1.990	-9%		3.661	-2%	-2,25	-0,20	2,26
	PA-2	2.189	1.992	-9%	3.750	3.636	-3%	-3,34	-0,33	3,36
	PB-2		1.956	-11%		3.607	-4%	-3,73	-0,45	3,76
	PC-2		1.957	-11%		3.619	-3%	-2,52	-0,58	2,59
	PD-2		2.007	-8%		3.657	-2%	-2,61	-0,04	2,61
	PE-2		1.994	-9%		3.660	-2%	-0,59	-0,05	0,59
CAT 777D	SA	3.864	2.940	-24%	6.144	3.957	-36%	-1,82	-2,00	2,70
	SB		2.846	-26%		3.831	-38%	-1,73	-0,18	1,74
	SC		2.884	-25%		3.882	-37%	-1,83	0,36	1,87
	SD		3.009	-23%		3.950	-35%	-1,87	0,37	1,90
	SE		2.954	-23%		3.973	-35%	-1,58	-0,18	1,59
	DA	3.864	3.780	-2%	6.144	6.124	-0,3%	-3,41	-2,13	4,02
	DB		3.776	-2%		6.117	-0,4%	-2,35	-2,54	3,47
	DC		3.781	-2%		6.126	-0,3%	-3,00	-2,80	4,10
	DD		3.740	-3%		6.059	-1,4%	-2,10	-2,22	3,05
	DE		3.759	-2%		6.100	-0,7%	-2,14	-1,98	2,92
	PA-1	3.864	3.328	-13%	6.144	6.124	-0,3%	-3,15	-2,48	4,00
	PB-1		3.310	-14%		6.090	-0,9%	-1,91	-2,82	3,41
	PC-1		3.286	-15%		6.046	-1,6%	-2,58	-2,02	3,28
	PD-1		3.326	-14%		6.119	-0,4%	-2,58	-2,02	3,28
	PE-1		3.315	-14%		6.101	-0,7%	-2,54	-2,03	3,25
	PA-2	3.864	3.311	-14%	6.144	6.075	-1,1%	-3,32	-2,54	4,18
	PB-2		3.326	-14%		6.103	-0,7%	-2,39	-2,87	3,74
	PC-2		3.312	-14%		6.078	-1,1%	-2,52	-3,10	4,00
	PD-2		3.302	-14%		6.060	-1,4%	-2,61	-2,38	3,54
	PE-2		3.318	-14%		6.088	-0,9%	-0,66	-1,92	2,03

3.2. Kết quả thí nghiệm

a. Lựa chọn mô hình chất tải

Từ 40 mô hình chất tải thí nghiệm trong phòng, cho 4 loại vật liệu đại diện cho đất phủ, đất đá bãi thải cũ và đất đá nổ mìn trên mô hình tương đương tỷ lệ 1:25 của xe HD 465 7R, CAT 777D thể hiện bảng 4, cho phép rút ra kết luận sau:

- Mô hình E Tải tập trung chính giữa, có độ lệch tâm tải trọng là nhỏ nhất, khối lượng chất tải đối với đất đá đất đá nổ mìn, đất đá bãi thải cũ phân tầng giữa và dưới trên thùng xe

$Q_{tx} = (0,98 \div 0,994) \cdot Q_{tk}$, đảm bảo yêu cầu theo khuyến cáo của Nhà sản xuất. Như vậy, mô hình chất tải phù hợp được lựa chọn theo thứ tự ưu tiên sau: Mô hình E > D > C > B > A.

- Đối với đất phủ Độ tứ, đất đá phân tầng trên, trọng tải đất đá trong thùng xe bằng $62 \div 66\%$ so với trọng tải thiết kế của xe, dung tích bằng $74 \div 83\%$ với dung tích chứa đất đá thùng xe theo tiêu chuẩn SAE (2:1), đây là cơ sở để xây dựng cảnh báo dung tích đất đá trong thùng xe khi vận chuyển đất phủ trên các mỏ than lộ thiên thuộc TKV.

Tiến hành kiểm tra sự ổn định mô hình chất tải E khi ô tô di chuyển theo điều kiện tương đương ngoài thực tế của mỏ than lộ thiên: Độ dốc dọc tuyến đường 8%, tốc độ có tải xe CAT 777D: 11,4 km/h (hình 12).



Hình 12. Kiểm tra ổn định mô hình chất tải E đối với đất đá phối trộn loại 1 của xe CAT 77D.

Kết quả cho thấy: trong quá trình ô tô di chuyển lên, xuống dốc, vật liệu trên thùng xe không bị rơi vãi xuống đường, mô hình chất tải đảm bảo ổn định. Kết quả đo góc vật liệu trên thùng xe thể hiện ở bảng 5.

Bảng 4. Góc dốc vật liệu vận chuyển trên thùng xe

T T	Vật liệu	Góc dốc vật liệu trên thùng xe, độ					
		Trước		Sau		Bên cạnh	
		CAT 777D	HD 465-7R	CAT 777D	HD 465-7R	CAT 777D	HD 465-7R
1	Đất sét	23	22	21	20	23	24
2	Đá dăm	28	24	28	32	30	30
3	Đá vôi phối trộn loại 1 ($d_{th} = 0,35m$)	25	23	29	31	30	29
4	Đá vôi phối trộn loại 2 ($d_{th} = 0,46m$)	25	25	30	32	29	29

Như vậy, mô hình chất tải phù hợp với đất đá vận chuyển tại các mỏ than lộ thiên lựa chọn là mô hình chất tải E, với trình tự chất tải lên thùng xe tập trung ở trọng tâm thùng xe

b. Đề xuất công nghệ Laser 3D trong giám sát mô hình chất tải

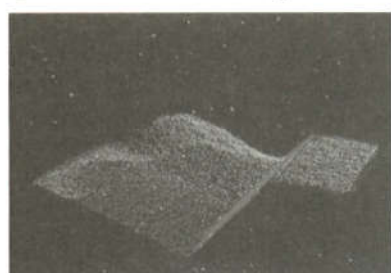
Thiết bị quét laser 3D được lựa chọn để quét thùng xe có tải, không tải thí nghiệm với các thông số: Khoảng cách quét: 0,5m - 130m; tốc độ quét: tới 1.000.000 điểm/giây; camera: hệ thống 3 camera 36 MP ghi lại dữ liệu thô 432 MPx cho hình ảnh hình cầu $360^\circ \times 300^\circ$ được hiệu chỉnh; Đặc tính quét màu động: tự động thích nghi với độ sáng; Trường quét thẳng đứng: 300° .

* Thực hiện kiểm chứng

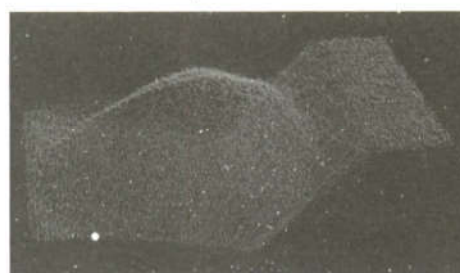
Tiến hành quét Laser 3D thùng xe không tải mô hình xe CAT 777D để xây dựng cơ sở dữ liệu ban đầu phục vụ cho tính toán dung tích chất tải.

Sau đó quét thùng xe có tải theo mô hình chất tải E của các loại vật liệu tương đương.

Kết quả quét Laser 3D thùng xe CAT 777D không tải có tải thể hiện hình 13.



a, Mô hình SE



b, Mô hình DE



c, Mô hình PE-1



d, Mô hình PE-2

Hình 13. Dữ liệu đám mây điểm quét laser 3D mô hình chất tải E của xe CAT 777D cho các loại vật liệu tương

Từ dữ liệu quét thùng xe khi có tải và cơ sở dữ liệu thùng xe không tải. Qua phần mềm xử lý dữ liệu xác định dung tích đất đá trên thùng xe mô hình chất tải E cho các loại vật liệu tương đương và sai số giữa dung tích tính toán với dung tích thực tế đo trực tiếp qua cân khối lượng thể hiện bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính toán dung tích thùng xe bằng máy quét Laser 3D và sai số giữa các phương pháp xác định dung tích đất đá trong thùng xe theo mô hình chất tải E

TT	Mô hình chất tải	Phương pháp xác định dung tích đất đá trong thùng xe		
		Quét Laser 3D mặt đất, cm ³	Đo đặc trực tiếp, cm ³	Chênh lệch, %
1	SE	2.978	2.954	0,81
2	DE	3.750	3.759	-0,24
3	PE-1	3.305	3.315	-0,30
4	PE-2	3.302	3.318	-0,48

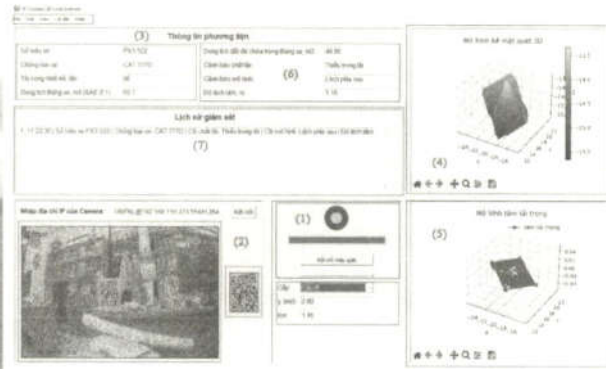
Qua bảng 6 cho thấy: giám sát mô hình chất tải bằng phương pháp quét Laser 3D mặt đất có độ chính xác cao, tỷ lệ chênh lệch nhỏ hơn $\pm 1\%$ (từ 0,24÷0,81%) so với dung tích đo đặc trực tiếp. Phương pháp giám sát mô hình chất tải bằng quét Laser 3D mặt đất, ngoài sử dụng để cảnh báo khối lượng chất tải trên thùng xe, còn đảm bảo tính chính xác để ứng dụng trong công tác thống kê khối lượng đất bốc vận tải bằng ô tô, phục vụ công tác quản lý sản lượng các mỏ than lộ thiên.

Trên cơ sở thí nghiệm trong phòng và kiểm tra mức độ chính xác của công nghệ quét Laser 3D, bài báo đề xuất Hệ thống giám sát, cảnh báo dung tích chất tải (Hình 14) với phần cứng và phần mềm như sau:

- Phần cứng: Máy quét Laser 3D: Dựa vào kỹ thuật phát và thu ánh sáng phản xạ ngược từ bề mặt đối tượng bằng năng lượng sóng Laser để ghi nhận đặc điểm đối tượng trong không gian; máy tính lưu trữ và xử lý dữ liệu;



Hình 14. Hệ thống giám sát, cảnh báo dung tích chất tải



Hình 15. Giao diện phần mềm giám sát dung tích chất tải

- Phần mềm giám sát dung tích chất tải: Tính toán thể tích chứa tải từ đám mây điểm nhận được từ hệ thống quét Laser 3D. Theo thông số kỹ thuật của xe đưa ra cảnh báo về chất tải của xe.

4. Kết luận

Dữ liệu thu thập được từ quá trình thực nghiệm trong phòng thí nghiệm phương pháp giám sát mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá tại các mỏ than lộ thiên thuộc TKV, cho thấy:

- Mô hình chất tải phù hợp là Mô hình chất tải E: Tải tập trung khu vực trọng tâm thùng xe, có độ lệch tâm tải trọng là nhỏ nhất, khối lượng chất tải đối với đất đá nổ mìn, đất đá bãi thải cũ trên thùng xe tương đương trọng tải thiết kế của xe. Dung tích chứa đất phủ Đệ tứ theo mô hình E lớn nhất. Thứ tự chất tải lên thùng xe đơn giản, dễ dàng thực hiện cho thợ lái máy xúc

- Phương pháp giám sát mô hình chất tải công nghệ quét laser 3D mặt đất có tính chính xác cao, tỷ lệ chênh lệch nhỏ hơn $\pm 1\%$ (từ $0,24 \div 0,81\%$) so với dung tích đo đạc trực tiếp, và có thể ứng dụng trong công tác thống kê khối lượng đất bóc vận tải bằng ô tô, phục vụ công tác quản lý sản lượng các mỏ than lộ thiên.

Kết quả thu được từ phòng thí nghiệm có độ tin cậy cao, đảm bảo cơ sở khoa học để triển khai thực hiện ngoài nghiệm phương pháp giám sát mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá hiện trường mỏ than lộ thiên.

Tài liệu tham khảo

Henze, J. C. (2015). Haul Truck Payload Modelling Using Strut Pressures.

Komatsu. (2013). Specifications & Application Handbook Edition 31.

Lê Bá Phúc, Đ. V. (2022). Kết quả thử nghiệm hệ thống giám sát cảnh báo mô hình chất tải trên các ô tô vận chuyển đất đá tại mỏ than Cọc Sáu. Thông tin Khoa học Công nghệ mỏ số 3/2022.

TKV (2020). Định mức lao động và năng suất một số thiết bị chủ yếu khai thác than lộ thiên.

60 Years
1965 - 2025

THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION

ISBN: 978-604-76-3193-3



9 786047 631933

NOT FOR SALE