

MỞ ĐẦU

Tính cấp thiết của luận án

Hiện nay trên thế giới có rất nhiều hãng tham gia sản xuất lu rung. Các hãng này đang không ngừng hoàn thiện công nghệ với mong muốn giảm nhẹ tính phức tạp cho người thợ vận hành và dần tiến tới tự động hóa từng bước trong kiểm tra chất lượng lu lên. Ở Việt Nam chưa có cơ sở sản xuất lu rung nên số lượng lu rung do tất cả các nước tiên tiến sản xuất như: Đức, Thụy Điển, Nhật, Pháp, Mỹ đều được nhập về Việt Nam với số lượng lớn. Tuy vậy đội ngũ chuyên gia còn ít, thợ vận hành chưa nhiều kinh nghiệm. Vì thế mà các công trình san nền, đắp đường của chúng ta vẫn thường xảy ra sụt trượt dẫn đến mặt đường hoặc công trình bị phá hủy.

Dự án đường tuần tra biên giới là một trong những dự án lớn nhất về xây dựng mà Nhà nước và Chính phủ giao cho Quân đội thực hiện. Đây là tuyến đường bê tông khi hoàn thành nó có ý nghĩa to lớn cả về chính trị, kinh tế và văn hóa. Chính vì vậy mà nó được xây dựng với mong muốn có độ bền vĩnh cửu. Tuy nhiên qua các vụ mưa bão vừa qua rất nhiều đoạn đường đã bị sạt lở nặng kể cả các đoạn đường đã đổ bê tông. Một trong những nguyên nhân quan trọng là do quá trình thi công một số nhà thầu đã lu lên không đúng quy trình dẫn đến chi phí rất nhiều mà độ chặt vẫn chưa đảm bảo.

Để giải quyết tốt bài toán thi công đảm bảo được độ chặt của nền đất theo yêu cầu mà tiết kiệm chi phí thì trước tiên phải nghiên cứu quá trình biến đổi của đất khi đầm lên. Do vậy, đề tài của Luận án **“Nghiên cứu xác định chế độ làm việc hợp lý của máy lu rung thi công đất nền đường tuần tra biên giới”** nhằm xác định các thông số thay đổi trong quá trình lu lên của đất, xây dựng mô hình tương tác và giải hệ phương trình vi phân chuyển động để xác định ảnh hưởng của các thông số động lực học, từ đó sử dụng chương trình tính toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung trên môi trường đất đường tuần tra biên giới.

Mục đích nghiên cứu của luận án

Xác định sự biến đổi của đất dưới tác dụng của bánh lu, sử dụng phần mềm tính toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung trên nền đất rời đường tuần tra biên giới theo tiêu chí chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất mà độ chặt luôn phải đảm bảo theo yêu cầu của thiết kế, sau khi kết thúc quá trình lu độ chặt là $K \geq [K] = 0,95 - 0,98$.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Máy lu rung có thể có ở Việt Nam, Công suất: 100-130Hp; trọng lượng trên bánh lu rung: 5-8T
Đất đắp rời: có đặc tính giống đất nền đường tuần tra biên giới (đất á sét, đất rời).

Phương pháp nghiên cứu

Trong quá trình nghiên cứu luận án đã sử dụng các phương pháp:
- Phương pháp phân tích tổng hợp để xây dựng các mục tiêu, các nhiệm vụ và các mô hình tính toán của luận án.

- Phương pháp toán học để phân tích và giải các bài toán theo mô hình tính toán trong luận án.
- Phương pháp thực nghiệm để xác định một số thông số cho bài toán lý thuyết và rút ra các kết luận theo kết quả nghiên cứu của luận án.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Xây dựng được mối quan hệ của khối lượng đất dưới bánh lu khi máy lu làm việc. Đây là hàm thay đổi theo chiều sâu lu lèn chứ không cố định như các tác giả trước đây.

- Xây dựng được mô hình tương tác giữa bánh lu-đất. Đây là mô hình mới, đất dưới bánh lu được chia làm nhiều khối lượng nên sát thực tế hơn. Từ đó thiết lập được hệ phương trình vi phân chuyển động để xác định các thông số động lực học ảnh hưởng đến quá trình lu lèn từ đó xác định ra chế độ làm việc hợp lý của lu rung trên môi trường đất.

- Đã xác định được các thông số ảnh hưởng đến chế độ làm việc của lu rung với chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng. Từ đó xây dựng hàm mục tiêu chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất, thiết lập sơ đồ thuật toán ứng dụng phần mềm để giải bài toán tối ưu này.

- Xây dựng được qui trình đo các thông số động học và động lực học máy lu, xác định được vùng ảnh hưởng của lực tương tác từ bánh lu vào trong đất bằng thiết bị, đầu đo hiện đại, phần mềm và máy phân tích số liệu tiên tiến với độ chính xác cao hơn so với các công trình tương tự đã được làm trước đó.

- Kết quả xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung đang được một số đơn vị thi công đường tuần tra biên giới áp dụng thử nghiệm nên nó có ý nghĩa thực tiễn to lớn khi đưa ra áp dụng đại trà.

Bố cục luận án

Xuất phát từ mục đích, đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu. Ngoài phần mở đầu và kết luận chung, bố cục của luận án gồm các chương như sau:

+ **Chương 1:** Tổng quan về vấn đề nghiên cứu.

Nội dung cơ bản của chương này: Nghiên cứu tổng quan về dự án xây dựng đường tuần tra biên giới, nghiên cứu tổng quan đặc điểm của môi trường đất đá nói chung, môi trường đất nền đường tuần tra biên giới nói riêng, các mô hình động lực học đầm lèn đất bằng lu rung bánh thép trơn, các phương pháp giải bài toán tối ưu và xác định chế độ làm việc hợp lý trong kỹ thuật. Từ những nội dung trên xây dựng mục tiêu và nhiệm vụ của luận án.

+ **Chương 2:** Động lực học lu rung bánh thép trơn trên nền đất đường tuần tra biên giới.

Trên cơ sở phân tích tổng quan về các công trình nghiên cứu, cơ sở đánh giá chỉ tiêu đầm lèn. Xây dựng mô hình và giải quyết bài toán động lực học máy lu rung là cơ sở khoa học để tính toán lựa chọn chế độ đầm lèn hợp lý góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng thiết bị lu lèn.

Tính đúng đắn và khoa học của các kết quả nghiên cứu động lực học phụ thuộc rất nhiều vào tính đúng đắn và sát thực của mô hình. Tất nhiên kết quả có

kể đến hiệu quả độ tin cậy của công cụ giải cũng như kiểm soát được sai số của bài toán phi tuyến.

+ **Chương 3:** Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chế độ đầm và xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung trên môi trường đất đường tuần tra biên giới

Mục đích của chương này là khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chế độ đầm, phân tích ảnh hưởng của các thông số động lực học đến quá trình lu lên đất. Trên cơ sở đó, tiến hành xây dựng bài toán, xác định hàm mục tiêu, xác định hàm ràng buộc, lựa chọn phương pháp giải bài toán, xây dựng sơ đồ thuật toán và tiến hành giải để xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung trên môi trường đất nền đường tuần tra biên giới.

+ **Chương 4:** Nghiên cứu thực nghiệm

Mục đích nghiên cứu chương này là tiến hành làm thực nghiệm xác định các thông số động lực học của lu rung bánh thép trơn và nền đất tại hiện trường. Một số kết quả được sử dụng làm đầu vào cho việc giải bài toán động lực học ở chương 2. Một số kết quả được sử dụng để so sánh giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm nhằm rút ra những kết luận về tính sát thực của mô hình động lực học.

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. giới thiệu chung dự án xây dựng đường tuần tra biên giới

Xây dựng hệ thống đường tuần tra biên giới là một chủ trương lớn của Đảng và Nhà nước, một nhiệm vụ chính trị quan trọng mà Chính phủ tin tưởng giao cho các đơn vị quân đội tổ chức triển khai thực hiện.

Đường tuần tra biên giới đi qua địa bàn 25 tỉnh và thành phố có biên giới đất liền với 3 nước láng giềng là Trung Quốc, Lào và Cam-pu-chia; phạm vi quy hoạch nằm trong “vành đai biên giới và khu vực biên giới”. Theo Nghị định 34/NĐ-CP ngày 18-8-2000 của Thủ tướng Chính phủ về quy chế khu vực biên giới đất liền nước Cộng hòa XHCN Việt Nam, con đường sẽ chạy dọc theo đường biên cơ bản, bám biên giới trong phạm vi từ 100m đến 1.000m. Tổng khối lượng theo quy hoạch là 14.251km; đã xây dựng 4.055km, còn 10.196km cần nâng cấp và mở mới gồm đường ô tô 7.881km, đường đi bộ 2.315km và các cầu có tổng chiều dài khoảng 10km. Hai vùng Tây Bắc và Tây Nguyên được triển khai xây dựng trước. Dự kiến hoàn thành toàn bộ tuyến đường vào năm 2030. Khi hoàn thành, đây sẽ là tuyến đường bê tông dài nhất thế giới.

Đường tuần tra biên giới được thiết kế theo tiêu chuẩn đường cấp 4 miền núi (TCVN 4054-85) và vận dụng tiêu chuẩn thiết kế đường giao thông nông thôn loại A22 TCN 210-92, toàn bộ công trình đường được xây dựng vĩnh cửu (nền đường rộng 5m, mặt đường bằng BTXM rộng 3,5m dày 18cm).

Thực trạng thi công đường tuần tra biên giới nói chung có nhiều cố gắng song còn nhiều bất cập. Do lu lên đất chưa đúng quy trình và chế độ lu lên chưa hợp lý nên rất nhiều đoạn nền đường bị nứt thậm chí có đoạn sụt lún gây

nứt vỡ bê tông dẫn đến rất tốn kém chi phí cho các đơn vị thi công khi khắc phục.

Đặc điểm thi công tuần tra biên giới là thi công trong điều kiện rừng núi địa hình rất hiểm trở, chật hẹp, nhiều đèo dốc nên khối lượng đào đắp là rất lớn. Xác định chế độ làm việc hợp lý cho lu rung khi đắp đất sẽ góp phần tăng năng suất và chất lượng đầm lèn, mang lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao cho các đơn vị đang thi công.

Trong khuôn khổ của luận án tác giả tập trung nghiên cứu đất nền đường tuần tra biên giới là đất rời và chủ yếu là đất á sét.

1.2. Tổng quan về môi trường đất tự nhiên

Môi trường đất trong tự nhiên được chuyển biến từ đá thành đất theo các quá trình phong hoá, quá trình chuyển dời và trầm tích xảy ra trong một thời gian rất dài dưới tác động của các yếu tố tự nhiên như gió, nhiệt độ, nước...

Theo B.A. Priclônxi căn cứ vào độ cứng của đất và phân chia thành năm loại sau:

- Đá: có độ bền nén giới hạn lớn hơn $500 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$, cần phải sử dụng phương pháp khoan, khoan-nổ để bóc tách các lớp ra khỏi khối đá.
- Pha đá: có độ bền nhỏ hơn $500 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$, là loại không thấm nước. Việc gia công loại đất này cũng giống như loại đá đã nói ở trên.
- Đất tảng: có độ bền kém hơn hai loại đất trên. Có thể sử dụng một số dạng TBCT như lưỡi cày, lưỡi xới, gầu xúc có răng... để gia công loại đất.
- Đất cát: gồm những hạt có kích thước từ $0,05-2\text{mm}$. Để gia công loại đất này, có thể sử dụng tất cả các dạng thiết bị công tác hiện có trên các máy làm đất.
- Đất sét: thường có kích cỡ hạt $< 0,05\text{mm}$. Việc gia công loại đất này có thể sử dụng các máy làm đất có TBCT giống như đất cát.

1.3. Tổng quan về quá trình đầm lèn đất bằng lu rung và đầm lèn đất nền đường tuần tra biên giới.

1.3.1 Tổng quan chung về đầm lèn đất bằng máy lu

Trước đây khi xây dựng nền đường, chúng ta thường không đầm lèn đến độ chặt yêu cầu mà chủ yếu dựa vào tác dụng của các nhân tố tự nhiên và dưới tác dụng của xe làm cho nền đường trở nên ổn định rồi mới tiến hành xây dựng mặt đường. Do đó thời gian xây dựng đường bị kéo dài và khó đảm bảo cho đường làm việc ổn định theo thời gian. Vì lý do đó hiện nay người ta thường sử dụng các biện pháp cưỡng bức để nhanh chóng tạo độ ổn định của nền đường nhằm rút ngắn thời gian thi công.

1.3.2. Tổng quan về đầm lèn đất nền đường tuần tra biên giới.

Theo tiêu chuẩn thi công đường TTBG khi đầm lèn đất nền đường ngoài việc tuân thủ các quy định của tiêu chuẩn thi công đường giao thông còn phải thực hiện các quy định sau:

- Trong mọi trường hợp 30 cm lớp đất phía trên cùng của nền (lớp nền đất giáp với móng đường) phải được đầm lèn đạt độ chặt $K \geq 98$; có mô đun đàn hồi $E_0 \geq 400 \text{ daN/cm}^2$;
- Đối với nền đào, 30 cm lớp đất trên cùng phải được cày xới và đầm lèn đạt $K \geq 98$;
- Lớp đất nằm phía dưới phải được đầm lèn đạt $K \geq 95$.

1.3.3. Tổng quan về các chỉ tiêu đánh giá chất lượng đầm lèn

Các chỉ tiêu đánh giá đó là: Dung trọng, độ bền, mô đun biến dạng của đất sau khi đầm.

Dung trọng

Mô đun biến dạng của đất

Chỉ số đo CMV khi đầm lèn đất bằng lu rung.

Chỉ số đo CCV khi đầm lèn đất bằng lu rung.

Chỉ số đo Omega khi đầm lèn đất bằng lu rung.

Chỉ số đo độ cứng của đất k_s khi đầm lèn.

Chỉ số công suất lu lèn đất S.

Độ chặt của đất sau khi đầm

Một trong những thông số quan trọng để đánh giá chất lượng đầm lèn đó là độ chặt của nền đường sau khi đầm. Độ chặt cần thiết của đất đảm bảo cho nền đường đạt được độ ổn định gọi là độ chặt yêu cầu γ_0 . Thông thường độ chặt yêu cầu nhỏ hơn độ chặt tối đa γ_{max} đạt được trong phòng thí nghiệm với chế độ quy định. Tùy theo kết cấu bề mặt công trình, quan hệ giữa γ_0 và γ_{max} thể hiện theo công thức :

$$\gamma_0 = K_1 \cdot \gamma_{max}$$

Trong đó: K_1 - Hệ số đầm lèn phụ thuộc vào từng kết cấu bề mặt công trình

Trong phạm vi luận án này, do mặt đường sử dụng bê tông xi măng và do quy trình, quy phạm thi công đường tuần tra biên giới do Ban quản lý dự án 47 đưa ra nên hệ số đầm lèn phải đạt được là $K_1 \geq 0,98$.

Tóm lại: độ chặt của đất nền đường là chỉ tiêu quan trọng. Nó là một trong những cơ sở khoa học và tiêu chí để đánh giá mức độ đầm chặt của nền đường

đất. Vì vậy trong khuôn khổ của luận án ở các phần sau để đánh giá hiệu quả đầm lèn sẽ chỉ sử dụng tiêu chí này. Các tiêu chí khác cũng rất quan trọng nhưng việc xác định khó khăn và đặc biệt là tiêu chuẩn Việt nam chưa đề cập đến.

1.4 Tổng quan về các phương pháp giải bài toán tối ưu và xác định chế độ làm việc hợp lý trong kỹ thuật.

Phương pháp sử dụng đạo hàm bậc một của hàm mục tiêu; phương pháp sử dụng đạo hàm bậc hai của hàm mục tiêu (phương pháp Newton); phương pháp “mặt cắt vàng”; phương pháp biến hình; phương pháp di truyền (GA); phương pháp tiến hoá vi phân (DE); phương pháp thử nghiệm độc lập lần lượt giá trị các tham số;

Do bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung không xác định được hàm đa biến giữa chi phí năng lượng riêng và các thông số ảnh hưởng đến quá trình lu lèn đất nên sử dụng phương pháp thử nghiệm độc lập lần lượt giá trị các tham số để tính là hợp lý.

1.5. Tổng quan các kết quả đã nghiên cứu về động lực học máy lu rung trong và ngoài nước có liên quan đến nội dung luận án

Krober đã đưa ra mô hình động lực học đầm lèn đất một bậc tự do với mục đích xác định chỉ số Omega cho biết mức độ năng lượng truyền vào đất. Thiết

Yoo và Selig đưa ra mô hình 2 bậc tự do biểu diễn động lực học của bánh lu và khung máy theo phương đứng. Các tác giả này giả thiết mô hình hạn chế bởi đặc tính tiếp xúc của bánh đầm và đất và sử dụng mô hình độ cứng của đất bằng các lò so và giảm chấn tuyến tính. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy tần số lớn hơn nhiều lần so với tần số cộng hưởng, hơn thế nữa, mô hình không đưa ra dải tần số làm việc xung quanh tần số cộng hưởng.

Giáo sư Gheorghe Oproescu mô hình hóa nền đất lu theo đặc trưng của đất gồm các thành phần lực đàn hồi, nhớt, dẻo và ma sát khô.

PGS, TS Nguyễn Văn Hợp trong luận văn tiên sỹ bảo vệ tại Cộng hòa liên bang Đức [129] đã nghiên cứu về lý thuyết lu rung trên môi trường đất rời, mô

hình tuy còn đơn giản song luận án đã nghiên cứu tính phức tạp của môi trường đất khi chịu tác dụng đầm lèn.

PGS, TS Vũ Liêm Chính trong luận văn tiên sỹ bảo vệ tại Cộng hòa liên bang Đức [130] đã nghiên cứu về lý thuyết lu rung trên môi trường đất. Luận văn đã xây dựng mô hình động lực học lu rung hai bán thép và đã xét đến các trường hợp tách bán khi lu rung làm việc.

Trong nước, PGS, TS Nguyễn Văn Vịnh trong đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ năm 2001 “Nghiên cứu cải hoán máy đầm lèn tự hành bán thép kiểu tĩnh thành kiểu rung tĩnh kết hợp” đã đưa ra phương án cải tiến các máy lu tĩnh bán thép tự hành thành các máy lu rung tĩnh tự hành kết hợp.

TS Nguyễn Văn Thịnh đã thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ năm 2005 “Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị đầm ta luy nền đường đắp”. Đề tài hoàn thành mục tiêu đề ra là thiết kế chế tạo thiết bị đầm ta luy nền đường đắp.

PGS, TS Nguyễn Văn Vịnh đã thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ năm 2010 “Nghiên cứu lựa chọn các thông số đầm lèn hợp lý khi thi công lớp móng đường bộ và đường giao thông nông thôn bằng cấp phối đồi vùng trung du Bắc bộ”. Đề tài đã nghiên cứu tổng quan về mạng lưới giao thông nông thôn ở Việt nam hiện nay, tổng quan về phương pháp đầm lèn lớp móng đường bộ và đường giao thông nông thôn, nghiên cứu động lực học của lu rung bằng mô hình 2 khối lượng, ứng dụng Matlab-Simulink để giải phương trình chuyển động, khảo sát được ảnh hưởng của một số thông số kết cấu và thông số làm việc đến quá trình làm việc của máy để lựa chọn các thông số hợp lý.

PGS. TS Vũ Thế Lộc, Vũ Thanh Bình đã nghiên cứu cơ bản về động lực học máy làm đất, bằng cách xác định các thông số qui kết, độ cứng, độ hờ qui kết để tính toán sơ đồ hai khối lượng chuyển động tịnh tiến, chuyển động tịnh tiến có va đập... từ đó xác định tải trọng động tác dụng vào hệ thống và lực gây rung khi di chuyển của máy đầm môi trường hạt rời.

Tiến sỹ Nguyễn Viết Tân khi nghiên cứu máy bốc xúc vật liệu trong đường hầm sau khoan nổ đã sử dụng phương pháp “tiến hóa vi phân” để tính toán tối ưu cho kích thước gầu của máy.

Như vậy, cho đến thời điểm hiện nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu lý thuyết về động lực học lu rung và hợp lý hóa hay tối ưu của các máy làm đất

thông dụng, đối với máy lu rung đã có nhiều tiêu chí để đánh giá hiệu quả đầm lèn. Tuy nhiên, nghiên cứu chế độ làm việc hợp lý của lu rung theo tiêu chí độ chặt đảm bảo mà chi phí năng lượng riêng thấp thì chưa có.

Chương 2

ĐỘNG LỰC HỌC LU RUNG BÁNH THÉP TRON

TỰ HÀNH TRÊN ĐẤT NỀN ĐƯỜNG TUẦN TRA BIÊN GIỚI

2.1. cơ sở khoa học nghiên cứu động lực học lu rung bánh thép tron trên nền đất rời đường tuần tra biên giới

2.1.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đầm lèn bằng lu rung

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đầm lèn trong đó có thể nêu lên một số yếu tố chính sau:

Độ ẩm, cường độ giới hạn của đất, chiều dày lớp đất lu lèn, tốc độ lu lèn, ảnh hưởng của biên độ lực gây rung, ảnh hưởng của tần số lực gây rung, ảnh hưởng của trọng lượng xe lu, ảnh hưởng của bánh lu chủ động và bị động đến chất lượng lu lèn đất.

2.1.2 Các thông số đặc trưng của môi trường đất đường tuần tra biên giới

Do đối tượng khảo sát là đất đầm phục vụ thi công đường tuần tra biên giới là đất rời, á sét như đã giới thiệu, theo giáo sư Oproescu đối với đất rời, á sét quy luật thay đổi của các lực đàn hồi, lực cản nhớt, lực đàn hồi dẻo và lực ma sát khô của đất lu lèn được xác định theo các biểu thức

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{eli} = \begin{cases} 100000 \cdot |x_i| + 50000 \cdot |x_i|^2 & \text{khí } x_i > 0 \\ 0 & \text{khí } x_i \leq 0 \end{cases} \\ F_{pli} = \begin{cases} 50000 \cdot |x_i| + 30000 \cdot |x_i|^2 & \text{khí } x_i > 0 \\ 0 & \text{khí } x_i \leq 0 \end{cases} \\ F_{vsci} = \begin{cases} 5000 \cdot |x_i| + 50000 \cdot |x_i|^2 & \text{khí } x_i > 0 \\ 0 & \text{khí } x_i \leq 0 \end{cases} \\ F_{dfi} = \begin{cases} 5000 + 30000 \cdot x_i & \text{khí } x_i > 0 \\ 0 & \text{khí } x_i \leq 0 \end{cases} \end{array} \right.$$

2.1.3 Các đặc trưng của máy lu rung khảo sát

Luận án thống kê các tham số của một số máy lu rung phổ biến của các đơn vị trong bảng sau:

Thông số động lực học của một số lu rung thông dụng

<i>TT</i>	<i>Tên gọi</i>	m_f (kg)	m_d (kg)	k_{df} (MN/m)	C_{df} (Ns/m)	F_e (KN)	f (Hz)
1	Sakai SV512 E	1950	3200	$5,48.10^6$	10480	172/226	27,5/36,7
2	Sakai SV91	2450	3950	$5,48.10^6$	10480	172/226	27,5/36,7
3	HAMM A2310	1390	2110	$5,48.10^6$	10480	154/198	15/30
4	Ingersol Rand DD138	1927	2638	$5,48.10^6$	10480	165	27
5	Liugong	2040	2720	$4,4.10^6$	10480	158	40

2.2. mô hình động lực học máy lu rung bánh thép trơn trên nền đất rời đường tuần tra biên giới

2.2.1. Phân tích, giả thiết xây dựng mô hình

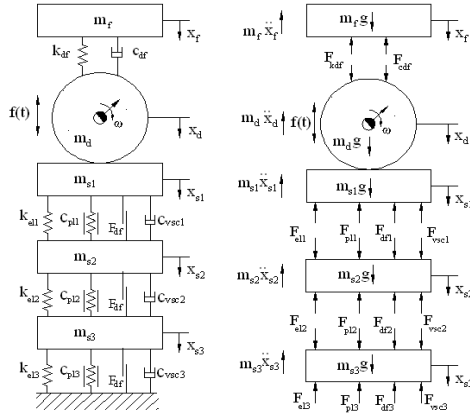
Lu lên nền đất đắp chiếm tỉ trọng lớn trong thi công đường tuần tra biên giới. Như chương 1 đã đề cập, mô hình hóa nền đất đắp theo giáo sư Gheorghe Oproescu có nhiều ưu điểm. Đặc trưng của đất có thể xem gồm các thành phần lực đàn hồi, lực cản nhớt, lực biến dạng dẻo và lực cản ma sát khô trong đất được tính theo các phương trình ở phần 2.1.2.

Một số giả thiết của mô hình nghiên cứu:

- Chỉ xét bài toán phẳng;
- Giả thiết khối lượng khung máy tác động lên bánh rung tập trung là m_f ;
- Các khối lượng tập trung chỉ xét dao động theo phương thẳng đứng;
- Bánh lu luôn tiếp xúc với đất trong quá trình làm việc;
- Thời gian lu lên chính là khoảng thời gian để máy đi hết chiều dài tác dụng của bánh lu trên nền đất;
- Khối lượng các lớp đất đầm m_{s1} , m_{s2} , m_{s3} được xác định theo 2.2.4;
- Đất dưới bánh lu không bị phá hủy trong suốt quá trình lu lên;

2.2.2 Xây dựng mô hình động lực học lu rung bánh thép trơn trên môi trường đất đường tuần tra biên giới

Kết hợp với mô hình máy lu gồm khung máy và bánh lu như đã nêu ở trên, mô hình nghiên cứu động lực học máy lu rung trên nền đất đắp được xây dựng hình a và b.



a) Mô hình động lực học máy lu rung nền đất b) Sơ đồ tách các khối lượng tự do
đáp
trong đó:

- $F(t)$ lực kích thích gây rung, N ;
 m_f khối lượng khung máy lu đặt lên bánh rung, kg ;
 m_d khối lượng bánh lu rung, kg ;
 m_{si} khối lượng đất thứ i được đầm, kg ;
 c_f hệ số cản nhớt của gối giảm chấn sao su, Ns/m ;
 k_f hệ số đàn hồi của gối giảm chấn sao su, N/m ;
 F_{pli} lực cản gây ra do tính dẻo của khối lượng đất i , N ;
 F_{eli} Lực cản gây do tính đàn hồi của khối lượng đất i , N ;
 F_{dfi} lực cản ma sát khô của khối lượng đất i , N ;
 F_{vsci} lực cản nhớt của khối lượng đất i , N ;
 X_d dịch chuyển của trống, m ;
 X_{si} dịch chuyển của khối lượng đất thứ i , m ;
 F_{df} lực cản ma sát khô ban đầu trong đất, N ;
 m_{si} khối lượng của lớp đất thứ i , kg ;

2.2.3 Thiết lập phương trình vi phân chuyển động

Theo trên ta xem như các đặc tính của đất là các hàm phi tuyến phụ thuộc vào độ lún và tốc độ lún khi lu lèn. Quy luật thay đổi của các lực được mô tả như sau:

$$\begin{cases} F_{eli} = \begin{cases} a_{1i} \cdot k_{pi} \cdot |x_i| + a_{2i} \cdot c_{pi} \cdot |x_i|^2 & khi \ x_i > 0 \\ 0 & khi \ x_i \leq 0 \end{cases} \\ F_{pli} = \begin{cases} b_{1i} \cdot c_{pi} \cdot |x_i| + b_{2i} \cdot c_{pi} \cdot |x_i|^2 & khi \ x_i > 0 \\ 0 & khi \ x_i \leq 0 \end{cases} \\ F_{vsci} = \begin{cases} c_{1i} \cdot c_{vsc} \cdot |\dot{x}_i| + c_{2i} \cdot c_{vsc} \cdot |\dot{x}_i|^2 & khi \ x_i > 0 \\ 0 & khi \ x_i \leq 0 \end{cases} \\ F_{dfi} = \begin{cases} d_{1i} \cdot f_{df} + d_{2i} \cdot f_{df} \cdot x_i & khi \ x_i > 0 \\ 0 & khi \ x_i \leq 0 \end{cases} \end{cases}$$

Lực tác dụng giữa các lớp đất lu lèn được xác định theo công thức:

$$F_{si} = F_{eli}(\text{sgn}(x_i)) + (F_{pli} + F_{vsci} + F_{dfi})(\text{sgn}(\dot{x}_i))$$

$$m \cdot g = S \cdot H_d \cdot \gamma_o = S \cdot H_s \cdot \gamma_{yc}$$

Ta được: $H_d = H_s \cdot (\gamma_{yc} / \gamma_o)$, mặt khác $\gamma_{yc} = [k] \cdot \gamma_{max}$ suy ra:

$$H_d = H_s \cdot [k] \cdot (\gamma_{max} / \gamma_o)$$

ở đây: mg - trọng lượng khối đất được lu lèn, (KN);

H_d - chiều cao lớp đất trước khi lu lèn, (m);

H_s - chiều cao lớp đất sau lu lèn, $H_s = 0,3m$;

$[k]$ - độ chặt theo yêu cầu, $[k] = 0,98$;

S - diện tích mặt bằng lu lèn, m^2 .

Trọng lượng riêng lớn nhất γ_{max} và trọng lượng riêng ban đầu γ_o là của đất được xác định trong phòng thí nghiệm. $\gamma_{max} = 20(kN/m^3)$; $\gamma_o = 14(kN/m^3)$. Thay số vào ta nhận được kết quả: $H_d = 0,42(m)$.

Chọn $h_1 = 0,22(m)$; $h_2 = 0,12(m)$; $h_3 = 0,08(m)$ để dễ lắp đặt đầu đo và thuận tiện trong quá trình đo.

Thực nghiệm tại hiện trường ta xác định được các giá trị v và t thông qua các đầu đo trực tiếp. Từ đó ta tính được các giá trị m_{s1} , m_{s2} , m_{s3} theo vận tốc di chuyển của máy lu và thời gian lu lèn đối với từng lớp đầm.

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ nhất được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2 = 0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -170,3v^3 + 4,810v^2 + 333,9v + 357,7 \\ m_{s2} = -122,8v^3 + 115,9v^2 + 21,64v + 291,3 \\ m_{s3} = -93,69v^3 + 121,7v^2 - 48,51v + 231,9 \end{cases}$$

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ hai được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2 = 0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -170,3v^3 + 4,810v^2 + 300,7v + 357,7 \\ m_{s2} = -122,8v^3 + 115,9v^2 + 2,887v + 291,3 \\ m_{s3} = -93,69v^3 + 121,7v^2 - 61,26v + 231,9 \end{cases}$$

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ ba được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2 = 0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -170,3v^3 + 4,810v^2 + 275,3v + 357,7 \\ m_{s2} = -122,8v^3 + 115,9v^2 - 12,49v + 291,3 \\ m_{s3} = -93,69v^3 + 121,7v^2 - 72,13v + 231,9 \end{cases}$$

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ tư được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2=0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -170,3v^3 + 4,810v^2 + 255,3v + 357,7 \\ m_{s2} = -122,8v^3 + 115,9v^2 - 23,72v + 291,3 \\ m_{s3} = -93,69v^3 + 121,7v^2 - 79,74v + 231,9 \end{cases}$$

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ năm được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2=0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -170,3v^3 + 4,810v^2 + 239,1v + 357,7 \\ m_{s2} = -122,8v^3 + 115,9v^2 - 33,21v + 291,3 \\ m_{s3} = -93,69v^3 + 121,7v^2 - 86,31v + 231,9 \end{cases}$$

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ sáu được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2=0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -211,1v^3 + 137,2v^2 + 88,16v + 404,5 \\ m_{s2} = -110,7v^3 + 76,58v^2 + 0,252v + 277,4 \\ m_{s3} = -72,07v^3 + 51,73v^2 - 18,59v + 207,2 \end{cases}$$

Quan hệ khối lượng của các lớp đầm theo vận tốc di chuyển ở lượt đầm thứ bảy được hàm hóa theo các công thức sau với sai số $R^2=0,9999$:

$$\begin{cases} m_{s1} = -186,7v^3 + 96,64v^2 + 131,2v + 347,7 \\ m_{s2} = -113,1v^3 + 103,7v^2 - 22,67v + 258,4 \\ m_{s3} = -79,90v^3 + 89,19v^2 - 52,06v + 199,2 \end{cases}$$

2.3.2 Số liệu tính toán

Đối với lớp đất thứ i , có khối lượng m_{si} , với dịch chuyển x_{si} xác định các lực lên kết trong đất theo công thức phần trên.

Các khối lượng m_{si} được xác định theo 2.3.1.

Số liệu về máy lu rung sử dụng bộ thông số của máy lu rung Sakai SV512E, bộ thông số này được xác định theo 2.1.3.

Điều kiện ban đầu của bài toán là chuyển vị, vận tốc, gia tốc của tất cả các khối lượng đều bằng 0.

Sau khi giải hệ phương trình được kết quả của lượt lu thứ nhất thì sử dụng kết quả đó làm đầu vào của lượt lu thứ 2. Các lượt lu sau cũng tương tự.

2.3.3. Giải hệ phương trình vi phân chuyển động

Để tìm quy luật biến thiên của các thành phần được dịch chuyển x_i , vận tốc \dot{x}_i và gia tốc \ddot{x}_i của các lớp đất và của khung máy, từ hệ phương trình (2.18), ta đặt các ẩn phụ như sau:

$$\begin{cases} y_1 = \dot{x}_f; y_2 = \dot{x}_{s1}; y_3 = \dot{x}_{s2}; y_4 = \dot{x}_{s3}; \\ y_5 = x_f; y_6 = x_{s1}; y_7 = x_{s2}; y_8 = x_{s3}; \end{cases}$$

Khi đó, hệ phương trình vi phân gồm 4 phương trình vi phân cấp 2 sẽ trở thành hệ 8 phương trình vi phân cấp 1 sau:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = (-k_{df}(y_8 - y_5)) - c_{df}(y_4 - y_1) + m_f g / mf \\ \dot{y}_2 = [-{}^y F_{el1} \operatorname{sgn}(y_5 - y_6) - ({}^y F_{pl1} + {}^y F_{vsc1} + {}^y F_{df1}) \operatorname{sgn}(y_1 - y_2) + \\ \quad k_{df}(y_8 - y_5) + c_{df}(y_4 - y_1) + (m_d + m_{s1})g + f(t)] / (m_d + m_{s1}) \\ \dot{y}_3 = (-{}^y F_{el2} \operatorname{sgn}(y_6 - y_7) - ({}^y F_{pl2} + {}^y F_{vsc2} + {}^y F_{df2}) \operatorname{sgn}(y_2 - y_3) + \\ \quad {}^y F_{el1} \operatorname{sgn}(y_5 - y_6) + ({}^y F_{pl1} + {}^y F_{vsc1} + {}^y F_{df1}) \operatorname{sgn}(y_1 - y_2) + m_{s2}g) / m_{s2} \\ \dot{y}_4 = (-{}^y F_{el3} \operatorname{sgn}(y_7) - ({}^y F_{pl3} + {}^y F_{vsc3} + {}^y F_{df3}) \operatorname{sgn}(y_3) + {}^y F_{el2} \operatorname{sgn}(y_6 - y_7) + \\ \quad ({}^y F_{pl2} + {}^y F_{vsc2} + {}^y F_{df2}) \operatorname{sgn}(y_2 - y_3) - m_{s3}g) / m_{s3} \\ \dot{y}_5 = y_1; \\ \dot{y}_6 = y_2; \\ \dot{y}_7 = y_3; \\ \dot{y}_8 = y_4; \end{cases}$$

Sử dụng chương trình Matlab ta giải được hệ phương trình trên.

Chương 3

KHẢO SÁT CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẾ ĐỘ LU LÈN VÀ XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC HỢP LÝ CỦA LU RUNG THI CÔNG ĐẤT NỀN ĐƯỜNG TẦN TRA BIÊN GIỚI

3.1 Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chế độ lu lèn

Khác với mô hình đất tuyến tính, kết quả trong nghiên cứu cho thấy dịch chuyển của đất và khung tuy dao động khác biên độ nhưng vị trí cân bằng mới được thiết lập ở vị trí thấp hơn vị trí ban đầu, độ chênh lệch đó chính là độ lún của đất khi lu lèn.

Độ lún của khối lượng đất phía trên khi lu lèn là lớn nhất. Khối lượng đất càng sâu thì độ lún càng bé đi.

Các lần lu sau độ lún thấp hơn các lần lu trước.

Vận tốc và gia tốc của các lớp đất lớn hơn của khung máy.

Vận tốc và gia tốc của các lớp đất tỷ lệ nghịch với chiều sâu đầm lèn.

Độ lún của đất khi lu lèn thay đổi theo giá trị tần số lực gây rung. Khi tần số tăng thì độ lún của đất đầm cũng tăng lên.

Độ lún của đất tỷ lệ thuận với biên độ lực kích thích.

Độ lún của đất tỷ lệ nghịch với vận tốc đầm.

3.2 xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung trên môi trường đất đường tuần tra biên giới phía bắc

3.2.1 Xây dựng bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung

Chất lượng lu lèn đất của xe lu được đặc trưng bởi độ chặt của đất sau khi lu lèn. Nó phụ thuộc vào nhiều thông số trong đó có 04 thông số quan trọng

xác định chế độ làm việc của lu rung đó là: Tần số, biên độ của lực gây rung, Vận tốc di chuyển của máy lu, số lượt lu lên.

Trong quá trình thi công chỉ tiêu chi phí năng lượng thấp thường đặt ra. Tuy nhiên đối với lu rung thì độ chặt của lớp đất sau khi lu đạt yêu cầu là điều kiện tiên quyết.

Như vậy, bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung theo chỉ tiêu chi phí năng lượng là: **Xác định chế độ làm việc hợp lý của máy lu rung thi công đất nền đường TTBG đảm bảo chi phí năng lượng riêng là nhỏ nhất, khi cho trước độ chặt yêu cầu của đất sau khi lu lên.**

Theo phân tích ở trên, chi phí năng lượng riêng E phụ thuộc vào nhiều thông số, trong đó các thông số chế độ làm việc có ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị của E . Vì vậy, hàm mục tiêu của bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung theo chỉ tiêu chi phí năng lượng đã nêu ở trên là: **Khi xác định hàm chi phí năng lượng riêng E viết dưới dạng $E=f(x_i)$ với $x_i \in \mathbb{R}^n$ là các thông số chế độ làm việc của xe lu ($x_1=v$; $x_2=P$; $x_3=f$; $x_4=n$). Hãy tìm giá trị nhỏ nhất (min) của hàm $f(x_i)$ ứng với $x_i \in \mathbb{R}^n$ và thỏa mãn các điều kiện ràng buộc: $K \geq [K] = 0,98$.**

Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4447 – 1987 độ chặt yêu cầu của đất được biểu thị bằng khối lượng riêng của đất khô hay hệ số làm chặt. Độ chặt yêu cầu của đất được quy định trong thiết kế công trình trên cơ sở kết quả nghiên cứu đất theo phương pháp đầm nén tiêu chuẩn, để xác định độ chặt lớn nhất và độ ẩm lớn nhất của đất.

Ở phần 2.3 luận án đã xác định: Chiều dày lớp đất sau lu lên đạt $K=98$ là $0,3(m)$, chiều dày lớp đất trước khi lu lên là $0,42(m)$, độ lún của đất sau lu lên là $0,12(m)$, $\gamma_0=14 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{max}=20 \text{ kN/m}^3$. Như vậy: để đất nền đường tuân tra biên giới sau khi lu lên đạt ($K=98$) với chiều dày lớp đất sau lu lên là $0,3(m)$ thì độ lún của đất khi đầm là: $0,12(m)$.

Để đạt được mục tiêu chi phí năng lượng nhỏ nhất, một trong những mô hình toán học là chỉ tiêu năng lượng riêng E .

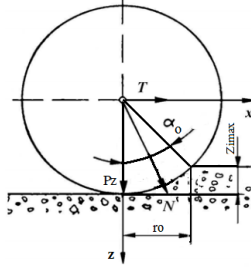
Chỉ tiêu này được xác định bằng tỷ số giữa tổng công chi phí A cho việc khắc phục đất hấp thụ trong quá trình lu lên đất đạt yêu cầu và công di chuyển máy với thể tích đất V được lu lên:

$$E = \frac{A}{V} \quad (KJ/m^3) \quad A = \sum W_i \quad (KJ)$$

trong đó: A – Tổng năng lượng đất hấp thụ khi kết thúc lu lên và năng lượng cho máy lu di chuyển (tổng công cần khi lu lên đất) (KJ);

V - thể tích lu được sau khi kết thúc lu lên (m^3);

W_i – Năng lượng đất hấp thụ và máy di chuyển sau lần đầm thứ i .



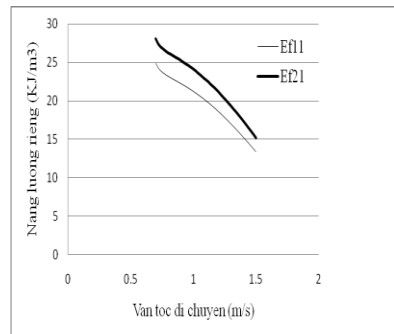
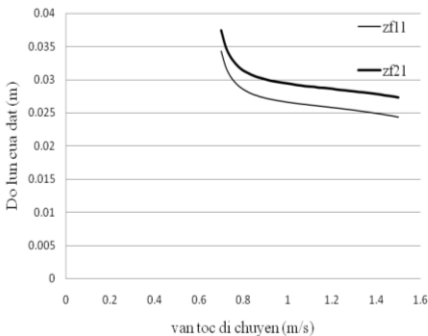
Sơ đồ xác định lực kéo tác dụng vào tang trống.

$$E_i = \frac{W_i}{V_i} = \frac{\frac{f_i}{v_i} \int_0^{T_i} F_{s_i} \dot{z}_i dt. + f \cdot R_s + F_{s_i} \tan(\alpha_0 / 2)}{L(h_i + Z_{i_{\max}})} \quad E = \sum_{i=1}^n E_i$$

Bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung bánh thép trơn trên nền đất rời đường tuần tra biên giới được phát biểu như sau: **Khi xác định hàm chi phí năng lượng riêng E viết dưới dạng $E=f(x_i)$ với $x_i \in R^n$ là các thông số chế độ làm việc của xe lu ($x_1=v$; $x_2=P$; $x_3=f$; $x_4=n$). Hãy tìm giá trị nhỏ nhất (min) của hàm $f(x_i)$ ứng với $x_i \in R^n$ và thỏa mãn các điều kiện ràng buộc: Độ lún tổng cộng của các lần lu lèn đạt giá trị $Z \geq 0,12m$ (tức K đạt giá trị $K \geq [K98]$).**

Xác định độ lún và năng lượng hấp thụ riêng của đất ở các lượt đầm khác nhau ứng với các vận tốc lu lèn và tần số khác nhau

Giải hệ phương trình vi phân chuyển động kết hợp với công thức tính E ta thu được kết quả độ lún của đất và chi phí năng lượng riêng ứng với các lượt lu lèn và các vận tốc di chuyển của máy lu khác nhau. Các kết quả được thể hiện trên các đồ thị sau:



Ở tất cả các lượt đầm độ lún của đất khi lu lèn giảm nhiều khi chúng ta tăng tốc độ di chuyển của xe lu trong khoảng từ $0,7 \div 1,3(m)$, khi xe lu di chuyển với tốc độ lớn hơn $1,3(m/s)$ thì sự thay đổi của độ lún theo vận tốc ít hơn.

Trong quá trình đầm lèn ở các lượt sau cho độ lún của đất thấp hơn thấp hơn các lượt lu lèn trước.

Khi tần số gây rung lớn hơn thì độ lún của đất khi lu lèn cũng lớn hơn. Ở những lượt đầm đầu tiên sự khác biệt về độ lún ở các chế độ tần số và lực gây rung lớn hơn so với các lần sau.

Khi tăng vận tốc di chuyển của xe lu thì chi phí năng lượng riêng của xe lu giảm sẽ giảm.

Chi phí năng lượng riêng của xe lu ở các lượt đầm sau nhỏ hơn các lượt đầm trước nó.

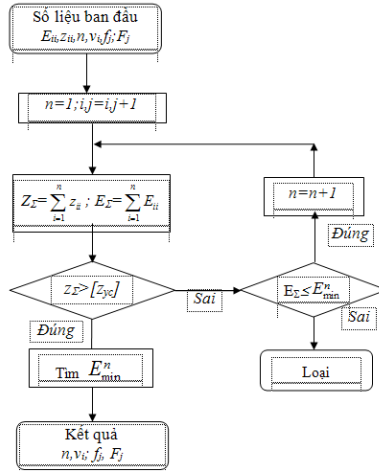
3.2.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu bài toán xác định chế độ lu lèn hợp lý

Độ lún $z(m)$ và chi phí năng lượng riêng $E(KJ/m^3)$ đã được xác định ở phần trên'

Với đối tượng máy lu rung SAKAI 512SV có 2 chế độ tần số gây rung $f_1=27,5 (Hz)$, $f_2=36,7(Hz)$ và hai chế độ thay đổi biên độ kích thích $F_{01}=172 (KN)$, $F_{02}=226(KN)$. Như vậy có 2 chế độ làm việc khi điều khiển vận hành máy rung này đó là (f_1, F_{01}) ; (f_2, F_{02}) ; chế độ vận tốc di chuyển được khảo sát ở đây sẽ thay đổi từ $0,7(m/s)$ đến $1,5 (m/s)$. Để tìm ra chế độ vận tốc, tần số hợp lý đối với mỗi lượt đầm, bài toán sẽ giải với 41 vận tốc tăng dần trong khoảng $0,7 \div 1,5(m/s)$ với bước là $0,02(m/s)$. Như vậy với mỗi lượt đầm bài toán động lực học sẽ tìm ra 82 giá trị chi phí E tương ứng với 82 giá trị z đạt được.

3.2.3. Xây dựng thuật toán, giải bài toán và một số kết quả tính toán

Như phần 1.4.3 đã xác định, do bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung không xác định được hàm đa biến giữa chi phí năng lượng riêng và các thông số ảnh hưởng đến quá trình lu lèn đất nên sử dụng phương pháp “**thử nghiệm độc lập lần lượt giá trị các tham số**” để giải là phù hợp. Thuật toán xác định chế độ lu lèn hợp lý cho máy lu rung bánh thép tron trên môi trường đất rời đường tuần tra biên giới thể hiện trên sơ đồ thuật toán sau:



Sơ đồ thuật toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung
thi công đất nền đường tuần tra biên giới

Sử dụng máy tính với phần mềm Matlab giải được kết quả trong bảng sau:

Kết quả xác định chế độ làm việc hợp lý

	Thông số	Đầm 7 lượt	Đầm 6 lượt	Đầm 5 lượt	Đầm 4 lượt	Đầm 3 lượt	Đầm 2 lượt	Đầm 1 lượt		
Lượt thứ 1	$v_1(m/s)$	1,38	1,30	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70		
	$f_1(Hz)$	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7		
	$F_{01}(KN)$	226	226	226	226	226	226	226		
Lượt thứ 2	$v_2(m/s)$	1,40	1,32	0,78	0,72	0,70	0,70	Không đạt độ chặt yêu cầu		
	$f_2(Hz)$	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7			
	$F_{02}(KN)$	226	226	226	226	226	226			
Lượt thứ 3	$v_3(m/s)$	1,42	1,34	1,46	0,74	0,70	Không đạt độ chặt yêu cầu			
	$f_3(Hz)$	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7				
	$F_{03}(KN)$	226	226	226	226	226				
Lượt thứ 4	$v_4(m/s)$	1,44	1,36	1,48	0,76	Không đạt độ chặt yêu cầu				
	$f_4(Hz)$	27,5	27,5	36,7	36,7					
	$F_{04}(KN)$	172	172	226	226					
Lượt thứ 5	$v_5(m/s)$	1,46	1,38	1,50	Không đạt độ chặt yêu cầu					
	$f_5(Hz)$	27,5	27,5	27,5						
	$F_{05}(KN)$	172	172	172						
Lượt thứ 6	$v_6(m/s)$	1,48	1,40	Không đạt độ chặt yêu cầu						
	$f_6(Hz)$	27,5	27,5							
	$F_{06}(KN)$	172	172							
Lượt thứ 7	$v_7(m/s)$	1,50	Không đạt độ chặt yêu cầu							
	$f_7(Hz)$	27,5								
	$F_{07}(KN)$	172								
	$\sum E_i$	82,6907				81,2909	85,8342	91,5059	77,5658	55,4926
	$\sum Z_i$	0,1230			0,1225	0,1200	0,1207	0,1032	0,0746	0,0374

Chương 4

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Mục tiêu, các thông số nghiên cứu và trang thiết bị làm thực nghiệm

4.1.1. Mục tiêu nghiên cứu thực nghiệm

Chế độ làm việc của lu rung phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu thực nghiệm là: *Xác định các thông số đầu vào để giải bài toán động lực học ở chương 2. Thực nghiệm kiểm chứng độ lún và độ chặt của đất theo chế độ lu lên hợp lý đã tính ở chương 3.*

Thực nghiệm được tiến hành tại đường tuần tra biên giới từ ngày 24 tháng 08 đến ngày 31 tháng 8 năm 2011 (hình 1).

4.1.2. Các thông số làm thực nghiệm

Như đã trình bày ở chương 2 và 3, trong quá trình làm việc, tương tác giữa máy lu và đất đầm phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Để xác định được các yếu tố đó cần xác định các thông số làm thực nghiệm như sau:

- Xác định vận tốc di chuyển của máy lu rung khi làm việc.
- Xác định gia tốc của trống lu và khung máy ở các chế độ làm việc.
- Xác định áp lực đè và gia tốc ở ba lớp đất khi máy lu đi qua.
- Xác định độ lún của mỗi lượt máy lu đi qua tương ứng với các chế độ.
- Xác định độ chặt của nền đất sau mỗi lượt lu lên.

4.1.3. Trang thiết bị làm thực nghiệm

4.1.3.1. Máy lu rung bánh thép trơn

Máy lu rung tự hành bánh thép trơn được chọn là máy lu rung Sakai SV512E. Đây là máy lu rung hiện đại được Nhật bản sản xuất năm 2007 và đang được các đơn vị sử dụng rộng rãi.

4.1.3.2. Các đầu đo trực tiếp

Đề đo áp suất, sử dụng đầu đo OCM-511 do Hãng **Huba Control** chế tạo như hình 4.3. Đầu đo này được nối với đường ống dẫn dầu có áp bằng cút bả chạc.

Đề đo lưu lượng, sử dụng đầu đo R4S7HD25, như hình dưới.

Đề đo áp lực nén và gia tốc trong đất khi lu lên sử dụng 03 đầu đo lực và 03 đầu đo gia tốc.

Đề đo gia tốc của trống lu và khung xe sử dụng 02 đầu đo gia tốc.

Đề đo độ chặt của đất sau mỗi lượt đầm sử dụng dụng cụ đo phễu rót cát theo TCVN: **22 TCN 346-06** do bộ Xây dựng ban hành.

Đề đo độ lún sau mỗi lượt lu lên dùng máy đo thủy bình điện tử.

4.1.3.3. Thiết bị ghi và sử lý tín hiệu

Sử dụng thiết bị NI-6009 do Hãng National Instruments của Mỹ chế tạo, có chức năng nhận tín hiệu từ thiết bị đo và chuyển lên máy tính. Thiết bị NI-6009

Đường ra của thiết bị NI-6009 nối với máy tính qua cổng USB, tín hiệu vào máy tính được xử lý bằng phần mềm DaSyLab 10 chạy trên nền NI-DAQmx8.x ở dạng xung điện.

Đề ghi và sử lý số liệu trong đất sử dụng thiết bị đo, ghi, sử lý số liệu Panasonic-Toughbook của PTN trọng điểm TT vũ khí HVKTQS.

Thiết bị đo, ghi, sử lý số liệu Panasonic-Toughbook.

4.1.3.4. Phần mềm xử lý số liệu và máy tính

Phần mềm DasyLab 10 là một hệ thống bao gồm 5 khối mô đun để thực hiện việc tiếp nhận, phân tích và xử lý tín hiệu đo .

4.2. Các bước tổ chức thực nghiệm

4.2.1 Thí nghiệm xác định các thông số đầu vào cho bài toán động lực học.

- Bước 1: Tập kết toàn bộ máy móc thiết bị ra hiện trường
 - Bước 2: Đầm chặt nền đất ban đầu đến khi không còn lún xuống nữa
 - Bước 3: Dùng máy san để trộn đất đạt độ ẩm 16% rồi san rải tạo các đoạn nền đường cấp phối đồi (đất rời) có chiều dày $H=45$ cm, mỗi đoạn có chiều dài 60m rộng 5m chia làm 12 đoạn nhỏ.

- Bước 4: Dùng lu rung Sakai SW512 không bật chế độ rung đầm một lượt để làm phẳng bề mặt, sau khi đầm chiều dày lớp đất là 42 cm (để tránh hiện tượng xô dạt vật liệu khi đầm rung).

- Bước 5: Gắn các đầu đo gia tốc, lên khung máy và trống rung, gắn các đầu đo áp suất, đầu đo lưu lượng vào mô tơ rung, chôn các đầu đo lực xuống dưới 03 lớp đất, sau đó kết nối với bộ chuyển đổi tín hiệu, với máy hiển thị đa kênh và máy tính xách tay.

- Bước 6: Dùng lu rung Sakai SW512E (tải trọng trên trục trước là $Q_T=3.350$ kg) và bật chế độ rung để đầm lên. Trên đoạn đường A chọn chế độ rung tần số thấp f_1 và ứng với mỗi đoạn (12 đoạn) chọn một tốc độ đầm khác nhau lần lượt là $v=0,7$ m/s đến $v=1,5$ m/s, và trên đoạn đường B chọn chế độ rung tần số cao f_2 và ứng với mỗi đoạn (12 đoạn) chọn một tốc độ đầm khác nhau lần lượt là $v=0,7$ m/s đến $v=1,5$ m/s chọn một chế độ.

Song song với quá trình di chuyển của máy thì điều khiển thiết bị hiển thị dao động trống đầm và dao động của khung máy, các giá trị áp suất và lưu lượng đo được, thời gian và độ lớn của lực do tang trống rung lên xuống các lớp đất, sau đó lưu dữ liệu thu được vào máy tính xách tay.

Đo và ghi số liệu tại một điểm xong, chuyển thiết bị đo đến điểm mới như đã nói ở trên.

- Bước 7: Sau mỗi lượt đầm, đo độ lún của đất đầm, làm thí nghiệm trên từng đoạn để xác định độ chặt bằng rót cát (Ghi chép các kết quả thu được từ thí nghiệm rót cát). Lấy mẫu từ các hố rót cát cho vào hộp kín rồi cân trọng

lượng hộp (ghi chép ngay số liệu cân được vào bảng chuẩn bị sẵn còn hộp mẫu đất mang về PTN sấy khô để tìm độ ẩm trong hồ rót cát).

- Bước 8: Tiến hành xử lý số liệu trong PTN để xác định độ ẩm của đất thực tế và tính toán để xác định độ chặt của đất sau quá trình đầm lèn.

- Bước 9: So sánh các kết quả thu được từ thí nghiệm hiện trường với kết quả tính toán động lực học cùng kết quả đo được bằng máy tính để đánh giá kết quả thu được và sai số, qua đó khẳng định độ tin cậy của các bài tính toán đã tiến hành bằng mô hình động lực học.

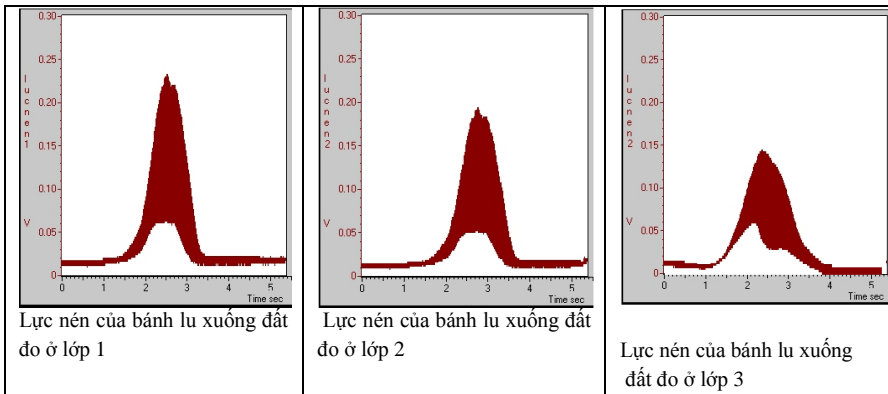
4.2.2 Thí nghiệm xác định kiểm tra độ chặt của đất theo chế độ lu lèn hợp lý

Trình tự tiến hành thí nghiệm:

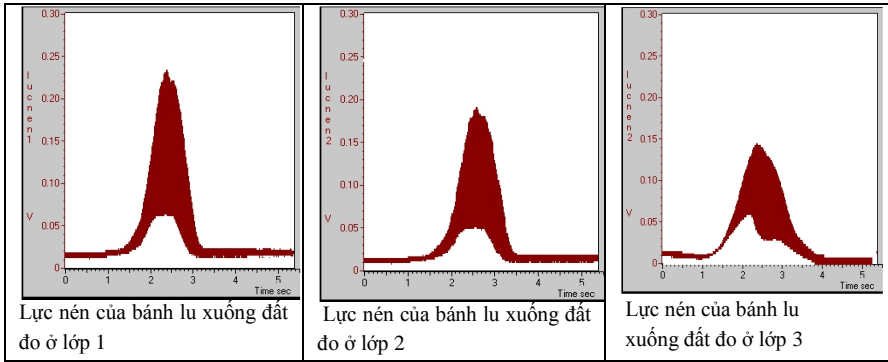
- Bước 1: Tập kết toàn bộ máy móc thiết bị ra hiện trường
- Bước 2: Đầm chặt nền đất ban đầu đến khi không còn lún xuống nữa
- Bước 3: Dùng máy san để trộn đất đạt độ ẩm 16% rồi san rải tạo các đoạn móng đường cấp phối đôi (đất xốp) có chiều dày $H=42$ cm, mỗi đoạn có chiều dài 36m rộng 5m chia làm 06 đoạn.
- Bước 4: Dùng lu rung Sakai SW512 không bật chế độ rung đầm một lượt để làm phẳng bề mặt (để tránh hiện tượng xô dạt vật liệu khi đầm rung).
- Bước 5: Gắn các đầu đo gia tốc, lên khung máy và trống rung, gắn các đầu đo áp suất, đầu đo lưu lượng vào mô tơ rung.
- Bước 6: Dùng lu rung Sakai SW512 (tải trọng trên trục trước là $Q_T=3.350$ kg) và bật chế độ rung để đầm lèn. Trên mỗi đoạn thực hiện lu lèn với các chế độ như kết tính toán ở chương 3.

4.3. Kết quả thực nghiệm

Kết quả thực nghiệm được thể hiện qua các hình sau:



Giá trị lực nén đo ở các lớp đất lần lu thứ nhất, $v=0,7m/s$



Giá trị lực nén đo ở các lớp đất lần lu thứ tư $v=1,1\text{ m/s}$

4.4 So sánh kết quả giữa lý thuyết và thực nghiệm

Lập bảng ghi kết quả tính toán lý thuyết và đo thực nghiệm để so sánh và tính sai số.

STT	Chế độ lu lần	Độ lún (m)	Độ chặt	Kết quả
1	Chế độ lu 2 lần			Ko đạt YC
	Kết quả lý thuyết	0,0746	0,85	
	Kết quả thực nghiệm	0,08	0,88	
	Sai số	7,24%	3,3%	
2	Chế độ lu 3 lần			Ko đạt YC
	Kết quả lý thuyết	0,1032	0,93	
	Kết quả thực nghiệm	0,095	0,87	
	Sai số	7,9%	6,2%	
3	Chế độ lu 4 lần			Đạt yêu cầu
	Kết quả lý thuyết	0,1203	0,98	
	Kết quả thực nghiệm	0,128	0,988	
	Sai số	6,4%	0,72%	
4	Chế độ lu 5 lần			Đạt yêu cầu
	Kết quả lý thuyết	0,120	0,981	
	Kết quả thực nghiệm	0,125	0,988	
	Sai số	3,73%	0,7%	
5	Chế độ lu 6 lần			Chế độ hợp lý
	Kết quả lý thuyết	0,1225	0,988	
	Kết quả thực nghiệm	0,13	0,985	
	Sai số	6,1%	0,32%	
6	Chế độ lu 7 lần			Đạt yêu cầu
	Kết quả lý thuyết	0,123	0,982	
	Kết quả thực nghiệm	0,131	0,985	
	Sai số	6,5%	0,3%	

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nội dung các chương đã giải quyết cơ bản được mục tiêu và các nội dung đề ra của Luận án. Những kết quả nghiên cứu luận án có ý nghĩa thực tiễn, khoa học và những đóng góp mới, cụ thể:

1. Tổng hợp, phân tích các công trình của các tác giả nổi tiếng về đầm lèn đất, kết quả cho thấy các tác giả đã đưa ra các mô hình khá cụ thể, chi tiết. Tuy nhiên khi đưa các mô hình này vào môi trường thi công đất nền đường tuần tra biên giới là không phù hợp, sai số lớn. Từ đó luận án xây dựng mô hình mới phù hợp hơn. [trình bày ở công trình 1,2,3]

2. Đã xây dựng được mô hình động lực học tương tác máy lu-đất trên cơ sở ứng dụng và phát triển các mô hình của các nhà khoa học trước. Luận án đã mô phỏng đất đầm là môi trường phức tạp, khối lượng đất dưới bánh lu khi lu lèn có các thành phần biến dạng dẻo, biến dạng đàn hồi, cản nhớt và cản ma sát khô. Đây là mô hình phức tạp nhưng có thể giải được bằng phần mềm Matlab. [trình bày ở công trình 3,4,5]

3. Mô hình luận án đã trình bày có thể áp dụng cho các loại máy lu rung bánh thép tron khi thi công nền đất rời đường tuần tra biên giới cũng như các nền đất rời tương đương khác. Để có được các kết quả chính xác chi cần thay các thông số động lực học đặc trưng của máy cần xét vào mô hình của luận án sau đó giải bằng phần mềm Matlab [trình bày ở công trình 1,3,4]

4. Đã khảo sát ảnh hưởng của các thông số chế độ làm việc đến chất lượng đầm lèn. Đã phân tích một số dạng bài toán tối ưu và các phương pháp giải bài toán tối ưu trong kỹ thuật. Tiến hành xây dựng và giải bài toán xác định chế độ làm việc hợp lý của lu rung theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất là hàm mục tiêu của bài toán, xác định hàm ràng buộc là độ chặt của lớp đất sau lu lèn lớn hơn hoặc bằng độ chặt yêu cầu. Kết quả chế độ làm việc hợp lý của lu rung Sakai SV512E khi thi công đất nền đường tuần tra biên giới là:

Thông số	Lượt lu 1	Lượt lu 2	Lượt lu 3	Lượt lu 4	Lượt lu 5	Lượt lu 6
Tần số (Hz)	36,7	36,7	36,7	27,5	27,5	27,5
Tốc độ (m/s)	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40
F0 (KN)	226	226	226	172	172	172
Zi (m)	0,03355	0,02742	0,01797	0,01574	0,01503	0,01278
Ei (KJ/m ³)	19,3366	17,9367	13,9982	10,6482	10,0800	9,2912
Z (m)			0,1225			
E (KJ/m ³)			81,2909			

Khi đó chi phí năng lượng riêng $E=81,2909\text{kJ}/\text{m}^3$ là giá trị chi phí nhỏ nhất và máy lu đầm đất được độ lún $0,1225\text{m}>0,12\text{m}$ (độ lún yêu cầu).

[trình bày ở công trình 4,5].

5. Kết quả trên có thể áp dụng cho các loại lu rung có các thông số động lực học tương tự như như lu rung Sakai SV512E khi thi công nền đất rời đường tuần tra biên giới.

6. Nghiên cứu thực nghiệm ở hiện trường với phương tiện và phương pháp do tác giả đề xuất đã đưa ra được bộ số liệu phục vụ tính toán xác định các thông số. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm phù hợp với nghiên cứu, tính toán lý thuyết với sai số từ 0,3% đến 8%.

7. Kết quả nghiên cứu của luận án có thể sử dụng để làm cơ sở lựa chọn chế độ làm việc của lu rung bánh thép tron trong các điều kiện tương tự. Phương pháp nghiên cứu của luận án có thể áp dụng để nghiên cứu xác định chế độ làm việc của các loại máy lu rung khi thi công ở các điều kiện khác.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của luận án là: hoàn thiện việc nghiên cứu xác định chế độ làm việc hợp lý cho tất cả các loại lu rung thi công trên nhiều loại đất khác nhau để bổ sung cho tiêu chuẩn Việt Nam về công tác đất (TCVN 4447-1987). Đồng thời nghiên cứu xây dựng bộ thông số kết cấu và chế độ làm việc hợp lý phục vụ cho việc sản xuất máy lu rung trong tương lai ở nước ta.