

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Theo ước tính, hiện nay trên lãnh thổ Việt Nam vẫn còn sót lại khoảng 800.000 tấn bom mìn chưa nổ nằm rải rác trên diện tích khoảng 6,13 triệu ha. Các loại bom mìn đã sử dụng trong chiến tranh ở Việt Nam rất đa dạng, với hàng trăm loại bom mìn khác nhau đã được phát hiện, chủ yếu là của Pháp, Mỹ và đồng minh sản xuất. Xuất phát từ thực tế trên, Viện Kỹ Thuật Công Binh đã đề xuất và thực hiện đề tài: “Nghiên cứu thiết kế, tích hợp, chế tạo thiết bị đào bom đạn điều khiển từ xa”.

Trong máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa được thiết kế, chế tạo tại Việt Nam, hệ thống thủy lực dẫn động đóng một vai trò hết sức quan trọng và cần có nghiên cứu chuyên sâu về hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác từ xây dựng, tích hợp hệ thống đến nghiên cứu các đặc tính động lực học nhằm đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật của máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa. Do đó, “**Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác của máy đào, gắp bom đạn điều khiển từ xa**” có vai trò hết sức quan trọng trong tổng thể thiết kế máy đào, gắp bom đạn điều khiển từ xa. Giải quyết tốt được đề tài này, sẽ là cơ sở vững chắc cho việc xây dựng hệ thống thủy lực đáp ứng các yêu cầu đặt ra của thiết bị, cũng như làm cơ sở cho việc thiết kế hệ thống điều khiển và vận hành máy.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu.

Nghiên cứu cơ sở khoa học để xây dựng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có xét đến các yếu tố ảnh hưởng, làm cơ sở phục vụ quá trình thiết kế và phục vụ quá trình vận hành máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa đầu tiên tại Việt Nam.

### 3. Đối tượng nghiên cứu.

Đối tượng nghiên cứu của luận án là hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác của máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa, được phát triển dựa trên máy cơ sở là máy đào bánh xích Komatsu PC130-6. Trong đó, đối tượng xử lý chủ yếu của máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa là bom.

### 4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp phân tích, tổng hợp để nghiên cứu các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan, làm rõ mục tiêu, nhiệm vụ của luận án; Phương pháp toán học, lý thuyết cơ học, lý thuyết động lực học thủy khí để phân tích và xây dựng mô hình động lực học, xây dựng các quan hệ toán học và giải phương trình; Phương pháp thực nghiệm để kiểm nghiệm đánh giá mô hình và các kết quả nghiên cứu lý thuyết.

### 5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

#### 5.1. Ý nghĩa khoa học

- Nghiên cứu xây dựng và hoàn thiện hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có gắn với môi trường tương tác (đất, bom) cho máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật;

- Xây dựng mô hình động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có gắn với môi trường tương tác (đất, bom) trong các quá trình công tác chủ yếu của máy.

- Xác định được ảnh hưởng của các yếu tố kết cấu và điều khiển đến các quá trình điều khiển, làm cơ sở cho quá trình thiết kế và vận hành máy.

#### 5.2. Ý nghĩa thực tiễn

- Hệ thống thủy lực được xây dựng và hoàn thiện áp dụng cho quá trình thiết kế, tích hợp máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa đầu tiên chế tạo tại Việt Nam;

- Xác định ảnh hưởng của các yếu tố kết cấu, vận hành, từ đó sẽ đưa ra những điều chỉnh phù hợp trong quá trình thiết kế, tích hợp máy, cũng như vận hành máy.

## **6. Tính mới của Luận án**

- Nghiên cứu xây dựng và hoàn thiện hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác cho máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa, đây là thiết kế lần đầu được áp dụng tại Việt Nam cho máy xây dựng nói chung và xe máy Công binh nói riêng;

- Xây dựng hoàn chỉnh mô hình động lực học cho hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có gắn với môi trường tương tác (đất, bom), làm cơ sở cho các phân tích, đánh giá động lực học trong các quá trình làm việc;

- Nghiên cứu thực nghiệm với các trang thiết bị đo đạc, thu thập dữ liệu hiện đại và được tiến hành trên máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa MĐB-01 lần đầu tiên chế tạo tại Việt Nam.

## **7. Bố cục của luận án.**

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận và danh mục các tài liệu tham khảo, phụ lục, các nội dung chính của luận án được chia thành 04 chương sau:

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

**Chương 2.** Nghiên cứu xây dựng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác của máy đào, gắp bom đạn điều khiển từ xa.

**Chương 3.** Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số kết cấu, vận hành đến quá trình làm việc của thiết bị công tác.

**Chương 4.** Nghiên cứu thực nghiệm.

# **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU**

## **1.1. Tổng quan về đối tượng tương tác của máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa**

### **1.1.1. Tổng quan về tình trạng ô nhiễm BMVN ở Việt Nam và quy trình công nghệ dò tìm, đào gắp, vận chuyển bom**

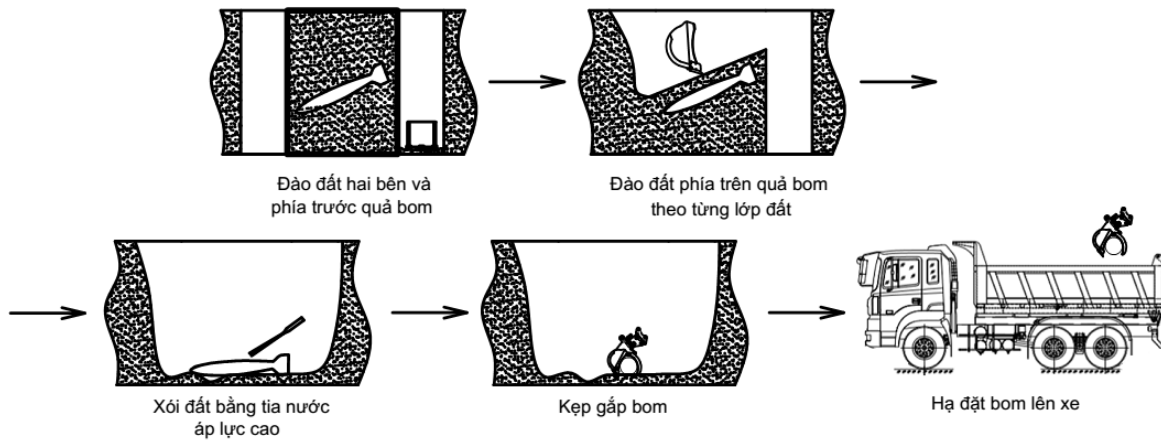
Theo ước tính hiện vẫn còn sót lại khoảng 800.000 tấn BMVN chưa nổ nằm rải rác trên diện tích khoảng 6,13 triệu ha. Hiện nay việc tiếp cận và xử lý BMVN, trong đó chủ yếu là bom ở độ sâu lớn vẫn là phương pháp thủ công, bộc lộ rất nhiều hạn chế về tính an toàn, tính cơ động, thời gian hoàn thành nhiệm vụ. Các loại bom đã sử dụng trong chiến tranh ở Việt Nam rất đa dạng, chủ yếu là MK81, MK82, MK83, MK84, M117, phổ biến nhất trong đó là bom MK81 và kích thước lớn nhất là bom MK84. Trong số đó, chiếm đại đa số là các loại bom nằm ở độ sâu từ 0,3 đến 5 m trong lòng đất.

Các công đoạn chính khi xử lý bom và yêu cầu của từng công đoạn như sau (Hình 1.1):

- Công đoạn đào đất: Đào đất ở hai bên và phía trước quả bom (theo hướng nhìn từ máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa), đào sâu hơn so với vị trí nằm của quả bom nhằm tạo không gian cho đất và nước chảy xuống sau này. Tiếp theo, đào đất phía trên quả bom, khi đào tới độ sâu có nguy cơ tiếp xúc bom sẽ thực hiện đào theo từng lớp đất với độ chính xác chiều sâu đào là 0,05 m. Sau khi đào mỗi lớp đất xong cần dò lại để đánh giá độ sâu quả bom.

- Công đoạn kẹp gắp: Tùy vào tư thế nằm của quả bom so với máy, xoay cơ cấu kẹp gắp để gắp bom tại phần giữa thân bom. Kẹp gắp bom phải không chế được lực kẹp, không để bom bị bẹp méo, biến dạng nhưng đồng thời cũng phải kẹp giữ chắc chắn.

- Công đoạn nâng và hạ đặt bom: Bom được nâng và hạ đặt lên các phương tiện vận chuyển chuyên dụng. Yêu cầu của quá trình hạ đặt bom là nhẹ nhàng, tránh va đập mạnh.



Hình 1.1. Quy trình xử lý tín hiệu bom bằng máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa

**Nhận xét:** Thực trạng ô nhiễm bom mìn ở Việt Nam còn tương đối phức tạp, công tác xử lý hiện nay được thực hiện thủ công, tốn nhiều thời gian, công sức và nguy cơ mất an toàn cao.

Theo quy trình xử lý bom, các yêu cầu cao về độ chính xác trong các công đoạn (đào đất, kẹp gấp và hạ đặt bom) đòi hỏi máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa được thiết kế, chế tạo phải có hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác đáp ứng tốt các yêu cầu này.

### 1.1.2. Tổng quan về môi trường đất có ô nhiễm BMVN ở Việt Nam

Loại đất bị ô nhiễm bom mìn nhiều nhất tại 6 tỉnh bị ô nhiễm nặng là đất thổ cư chiếm 94,7%; đất nông nghiệp chiếm 93,2%; đất mặt nước chiếm 80,5%. Đây là các loại đất mà hàng ngày người dân thường xuyên sống, làm việc. Trong đó, bom chủ yếu nằm sâu trong lòng đất ở các loại đất là đất sét, đất cát và đất tầng, trong một số điều kiện nhất định là một số loại đất pha đá. Theo cấp đất, bom thường nằm sâu dưới lòng đất ở các loại đất cấp I, II, III.

## 1.2. Tổng quan về máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa

### 1.2.1. Tổng quan về máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa ở trong và ngoài nước

**Ở trong nước,** hiện nay bộ đội đang phải tương tác trực tiếp trong xử lý bom mìn để thực hiện các thao tác dò tìm, đào xúc, do đó hiểm nguy mất an toàn luôn tiềm ẩn.

**Ở ngoài nước,** Năm 1992, Burks, Killough và Thompson phát triển một máy đào điều khiển từ xa cho mục đích quân sự. Nghiên cứu sử dụng một máy đào thủy lực, được gọi là TSEE hoặc Tele-robot loại nhỏ trong việc thu gom bom mìn hoặc chất thải phóng xạ.



Hình 1.2. Máy đào thủy lực điều khiển từ xa của nhóm Burks

Năm 1994, Ohmori và Mano đưa ra khái niệm về hệ thống làm đất từ xa, hệ thống này thay thế người vận hành bằng cách sử dụng hệ thống điều khiển từ xa. Năm 2003, Yokoi và cộng sự đã phát triển một hệ thống được gọi là master-slave sử dụng robot hình người để vận hành và điều khiển một máy đào gầu nghịch. điều khiển từ xa cho một máy đào mini. Tại Hàn Quốc, Jin và cộng sự năm 2008, từ đại học Ulsan phát triển một máy đào điều khiển từ xa master-slave bằng cách sử dụng van áp

suất điện tỷ lệ và lập trình nâng cao cho các điều khiển. Năm 2003, nhóm nghiên cứu của trường đại học bách khoa Virginia (Mỹ), đã cải hoán chiếc máy đào thủy lực dân dụng CASE CX160 thành máy đào, gấp bom đạn điều khiển từ xa.

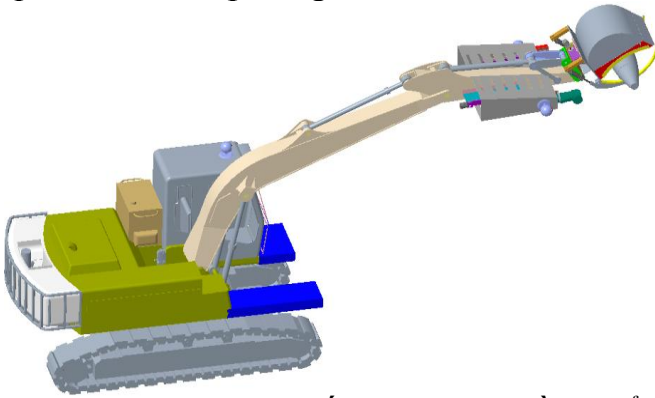
**Nhận xét:** Ở trong nước, ngoài robot Grizzly-1 chỉ có chức năng gắp bom mìn cỡ nhỏ thì chưa có máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa nào được trang bị.

Ở ngoài nước, nhiều loại máy đào điều khiển từ xa phục vụ cho các mục đích dân sự và quân sự đã được ra đời với các ý tưởng thiết kế khác nhau.

Từ đó có thể thấy nhu cầu về máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa ở Việt Nam là thực sự bức thiết, vừa để cơ giới hóa công tác xử lý bom đạn trong nước, vừa để bắt kịp với xu hướng cơ giới hóa xử lý bom đạn trên thế giới.

### 1.2.2. Máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa được thiết kế, chế tạo tại Việt Nam

Máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa được thiết kế, chế tạo trên cơ sở một máy đào Komatsu PC130-6, đào và gắp bom đạn nặng không quá 1 tấn (bom MK-84) ở độ sâu đến 5 m trong lòng đất. Điểm khác biệt so với các máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa trên thế giới là máy được tích hợp các thiết bị như thiết bị dò tìm bằng sóng radar, thiết bị đào, gắp bom, hệ thống phun tia nước áp lực cao, hệ thống điều khiển từ xa cùng các camera quan sát có độ phân giải cao.



Hình 1.3. Máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa chế tạo tại Việt Nam

Máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa có kết cấu gồm xe cơ sở và thiết bị công tác. Xe cơ sở bánh xích được trang bị thêm các thiết bị như téc nước (dùng cho bơm xói đất phía trong) đồng thời đóng vai trò là đối trọng bổ sung phía sau, máy phát điện, các đối trọng phía trước, lớp bảo vệ ca bin. Thiết bị công tác gồm cần, tay gầu, gầu và cơ cấu kẹp. Trên thiết bị công tác được trang bị thêm các giá đỡ và di chuyển cho radar xuyên đất, bơm hút nước chống ngập.

## 1.3. Tổng quan về các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến đề tài

### 1.3.1. Tổng quan các nghiên cứu về hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác

#### 1.3.1.1. Các nghiên cứu về chuyển đổi hệ thống thủy lực cho máy đào điều khiển từ xa

Trong nghiên cứu của trường Đại học Melaka (Malaysia) đề xuất phương án sử dụng thiết bị Tele-operated hydraulic actuator (T-EHA) để điều khiển từ xa máy đào thủy lực loại nhỏ. Trong thiết kế của Christopher R.T., sử dụng các van điện – thủy lực tỷ lệ lắp đặt song song với các tay trang thủy lực. Nghiên cứu của nhóm Daqing Zhang, Qinghua He, sử dụng các van điện tỷ lệ áp dụng cho máy đào thủy lực cỡ nhỏ với quá trình điều khiển máy đào được tự động hóa hoàn toàn.

Nhóm nghiên cứu của Q.H. Nguyen thuộc Đại học Sydney (Australia) đã sử dụng các van servo lắp cho máy đào thủy lực Komatsu PC05-7, đồng thời nghiên cứu đánh giá quá trình làm việc tự động hóa hoàn toàn của máy đào trên cơ sở điều khiển bằng máy tính.

#### 1.3.1.2. Các nghiên cứu về động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác

**Ở trong nước**, tác giả Lê Văn Cường đã xây dựng mô hình động lực học thiết bị công tác máy đào một gầu dẫn động thủy lực. Tác giả Phạm Duy Hải, đã nghiên cứu và xây dựng mô hình động lực học của hệ thống thủy lực linh hoạt theo tải áp dụng trên máy đào Solar 130W-V.

**Ở ngoài nước**, các nghiên cứu ban đầu như của Vaha và cộng sự (1993), cho đến Koivo (1996), Tafazoli (1999), Towarek (2003) và nhiều nghiên cứu sau này như của A. G.

Gurko (2011), Vujic Dragoljub (2017),..., các nghiên cứu kể trên tập trung vào xây dựng mô hình động lực học máy đào một gầu theo các phương trình Lagrang loại II và Newton – Euler khi coi các cơ cấu là tuyệt đối cứng hoặc có kể đến sự biến dạng của cơ cấu công tác và ảnh hưởng của yếu tố ma sát trong các cơ cấu có sự dịch chuyển tương đối.

Trong các nghiên cứu của Paolo Casoli, đề cập đến hệ thống thủy lực có điều khiển LS trên máy đào sử dụng bơm kiểu LS-PC không có phản hồi cơ khí, van phân phối chính có tích hợp van điều khiển lưu lượng. Nghiên cứu của Daqing Zhang và cộng sự, về máy đào một gầu dẫn động thủy lực được điều khiển tự động hóa hoàn toàn sử dụng bộ điều khiển trung tâm EPEC2023. Đây là một nghiên cứu khá hoàn chỉnh từ cơ khí, thủy lực, điều khiển cho một máy đào một gầu tự động hóa hoàn toàn, nhưng chủ yếu đi sâu vào đánh giá độ chính xác của bộ điều khiển theo phương pháp đánh giá thực nghiệm.

**Nhận xét:** Hiện nay các nghiên cứu về hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác còn ít và chưa đầy đủ. Các nghiên cứu về máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa mới chủ yếu dừng lại ở các công bố về phương án thiết kế hệ thống thủy lực. Các nghiên cứu về động học, động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác cho máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa trong từng quá trình làm việc chưa thấy được công bố.

### **1.3.2. Tổng quan về các phương pháp để điều khiển chính xác (chiều sâu đào, lực kẹp gấp, vị trí) cho máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa**

Điều khiển chính xác chiều sâu đào, điều khiển chính xác lực kẹp gấp, vị trí: Về nguyên tắc động học điều khiển chính xác chiều sâu đào, trên thế giới có một số phương pháp của Haga, Sukharev hoặc Ruppel. Các tác giả Podchasov (2018), Terenteva (2016), Zhang Jingming đã nghiên cứu điều khiển chính xác chiều sâu đào của máy đào thủy lực, nghiên cứu quỹ đạo của các điểm trên thiết bị công tác. Nghiên cứu của Đại học Gifu (Nhật Bản) đề xuất phương án không chế dịch chuyển và lực kẹp bằng hệ thống Master – Slave. Trong các nghiên cứu của Burks và Q.H. Nguyen, để điều khiển chính xác một số thao tác, các nghiên cứu đã sử dụng các van điện thủy lực kết hợp với các encoder, cảm biến áp suất để lấy tín hiệu phản hồi.

## **KẾT LUẬN CHƯƠNG 1**

Nội dung Chương đã đi sâu phân tích, tổng hợp các vấn đề liên quan đến luận án và có thể đưa ra các đánh giá và kết luận sau:

1. Qua tổng quan về đối tượng tương tác của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa, tổng quan về máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa ở trong và ngoài nước, giúp luận án làm rõ được đối tượng tương tác của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa, trong đó bom ở độ sâu lớn và đất từ cấp I đến cấp III là đối tượng tương tác chủ yếu. Đồng thời, qua tổng quan cũng làm rõ được nhu cầu cấp thiết hiện nay tại Việt Nam về máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa, với những yêu cầu cao về độ chính xác trong từng công đoạn xử lý bom.

2. Qua nghiên cứu tổng quan các công trình trong và ngoài nước liên quan đến máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa và hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác của máy đã cho thấy:

- Ở trong nước chưa có một nghiên cứu nào về máy đào điều khiển từ xa nói chung và máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa nói riêng, tuy nhiên trên thế giới đã có khá nhiều nghiên cứu ở các mức độ khác nhau. Trong đó, các nghiên cứu trên thế giới mới chủ yếu tập trung giới thiệu về máy, phương án thiết kế hệ thống thủy lực và phương án điều khiển, các nghiên cứu hoàn chỉnh bao gồm cả động học, động lực học hệ thống trong các quá trình làm việc còn ít và chưa đầy đủ.

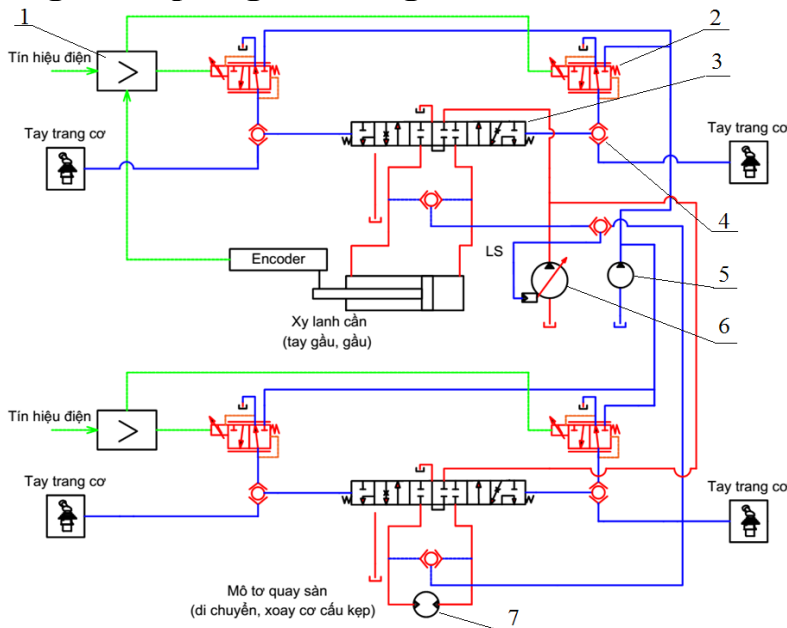
- Các nghiên cứu động học, động lực học của máy đào tùy vào mục tiêu nghiên cứu, đang tập trung vào các phần riêng lẻ về thiết bị công tác hoặc hệ thống thủy lực hoặc thiết bị công tác với môi trường, có rất ít các nghiên cứu tổng thể hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có gắn với môi trường tương tác. Đặc biệt, chưa có nghiên cứu động học, động lực học nào về máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa.

3. Trên cơ sở nghiên cứu tổng quan ở chương 1, luận án xác định được mục tiêu nghiên cứu đó là: Nghiên cứu cơ sở khoa học để xây dựng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có xét đến các yếu tố ảnh hưởng, nhằm phục vụ thiết kế, vận hành máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa đầu tiên tại Việt Nam. Đồng thời, nội dung chính của luận án là: Xây dựng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác đảm bảo khả năng điều khiển cả tại chỗ và từ xa, nghiên cứu động học, động lực học các quá trình làm việc của máy (đào đất, kẹp gắp và hạ đặt bom) nhằm đưa ra các khuyến nghị cụ thể cho quá trình thiết kế và vận hành máy sau này.

## CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG THỦY LỰC DẪN ĐỘNG THIẾT BỊ CÔNG TÁC CỦA MÁY ĐÀO, GẮP BOM ĐẠN ĐIỀU KHIỂN TỪ XA

### 2.1. Cơ sở khoa học xác định yêu cầu đối với hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác

#### 2.1.1. Cơ sở khoa học xác định yêu cầu xây dựng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác đáp ứng khả năng điều khiển từ xa



Hình 2.1. Sơ đồ khối tổng thể của hệ thống thủy lực điều khiển (quay sàn, di chuyển, cần, tay gầu, gầu và xoay cơ cấu đào đất – kẹp bom)

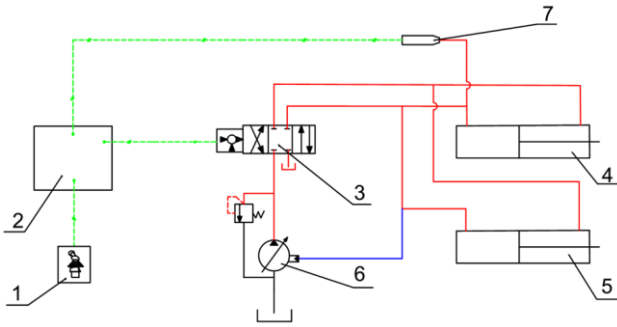
trí để điều khiển chính xác chiều sâu đào, cũng như quá trình hạ đặt bom lên phương tiện chuyên dụng.

Để điều khiển thao tác kẹp gắp bom có thể sử dụng van servo kết hợp cảm biến áp suất hoặc van phân phối điện tỷ lệ kết hợp van giảm áp hoặc cảm biến áp suất được cấp dầu trực tiếp từ bơm chính (Hình 2.2, 2.3).

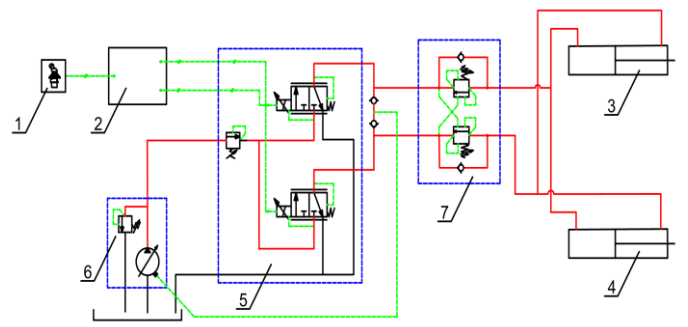
Phương án thiết kế sử dụng tay trang điện kết hợp các van giảm áp điện tỷ lệ lắp song song với tay trang cơ là phù hợp, đảm bảo được khả năng vừa điều khiển tại chỗ và từ xa. Sơ đồ khối tổng thể của hệ thống thủy lực điều khiển (quay sàn, di chuyển, cần, tay gầu, gầu và xoay cơ cấu đào đất – kẹp bom) được thể hiện trên Hình 2.1.

Với máy đào, gắp bom đạn điều khiển từ xa theo yêu cầu đặt ra, hệ thống thủy lực dẫn động cơ cấu kẹp cần có phương án điều chỉnh áp suất để không chế lực kẹp. Hệ thống thủy lực dẫn động cần, tay gầu và cơ cấu đào đất – kẹp bom cần có phản hồi vị





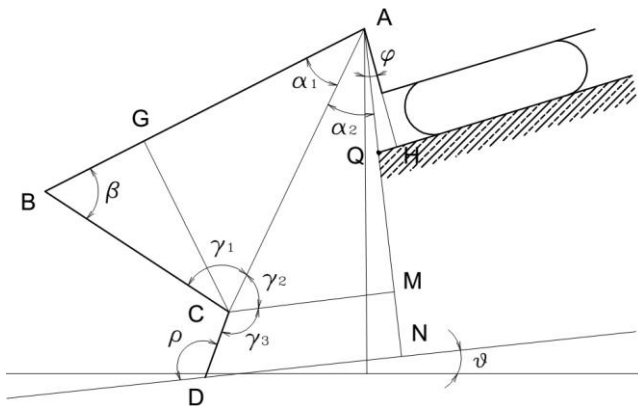
Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống thủy lực kẹp gấp sử dụng van servo



Hình 2.3. sơ đồ nguyên lý hệ thống thủy lực kẹp gấp sử dụng van tỷ lệ

**2.1.2. Cơ sở khoa học xác định yêu cầu đối với hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác đáp ứng điều khiển chính xác chiều sâu đào và nâng hạ bom**

**a) Nghiên cứu cơ sở toán học phục vụ điều khiển chính xác chiều sâu đào**



Hình 2.4. Mô hình tính toán động học điều khiển chiều sâu đào

Với các thông số cho trước về kích thước hình học của thiết bị công tác, tính toán được các góc nâng cần và quay gầu  $\alpha, \gamma$  theo giá trị góc quay tay gầu  $\beta$  nhằm đảm bảo duy trì chiều sâu đào trong quá trình đào đất như sau:

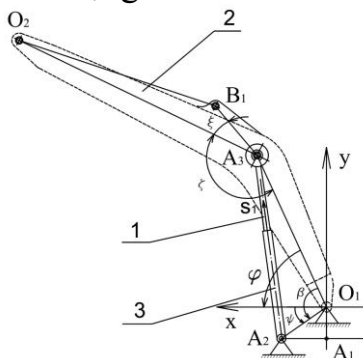
$$\alpha = \arcsin \frac{BC \cdot \sin \beta}{\sqrt{AB^2 + BC^2 - 2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos \beta}} + \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{\frac{AH}{\cos(\varphi - \vartheta)} + QN - CF \cdot \sin \rho}{\sqrt{AB^2 + BC^2 - 2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos \beta}} + \varphi - \vartheta \quad (2.1)$$

$$\gamma = \pi - \beta - \arcsin \frac{BC \cdot \sin \beta}{\sqrt{AB^2 + BC^2 - 2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos \beta}} + \arcsin \frac{\frac{AH}{\cos(\varphi - \vartheta)} + QN - CF \cdot \sin \rho}{\sqrt{AB^2 + BC^2 - 2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos \beta}} + \rho \quad (2.2)$$

Đây là mối liên hệ động học để nghiên cứu quá trình đào đất ở Chương 3 (mục 3.2).

**b) Xác định quan hệ động học giữa thiết bị công tác với độ dài dịch chuyển cán xy lanh công tác**

Các tọa độ suy rộng của cơ cấu công tác bao gồm: Dịch chuyển tịnh tiến  $s_1$  của cán xy lanh nâng cần; dịch chuyển tịnh tiến  $s_2$  của cán xy lanh tay gầu; dịch chuyển tịnh tiến  $s_3$  của cán xy lanh dẫn động cơ cấu đào đất – kẹp bom.

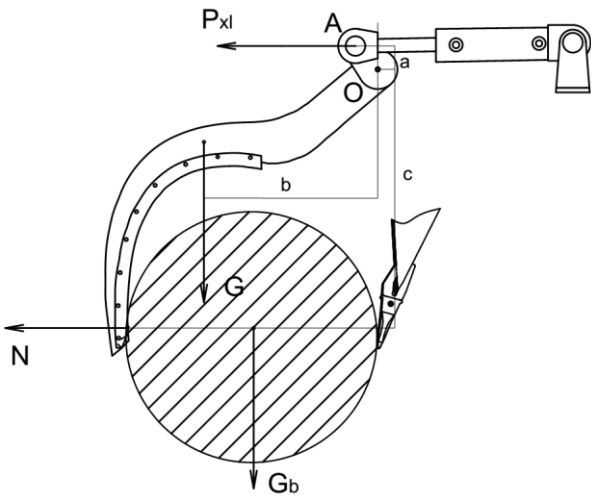


Hình 2.5. Mô hình tính toán động học đối với cần nâng

Để xây dựng mô hình động học của cơ cấu công tác máy đào gấp bom, các khâu 1,2,3 (Hình 2.5) cũng như các khâu còn lại như một mạch động học kín.

Toàn bộ tọa độ các điểm trên thiết bị công tác (với góc tọa độ là điểm liên kết giữa cần nâng và thân xe cơ sở) của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa đều có thể xác định được thông qua các thông số hình học của thiết bị công tác và giá trị độ dài dịch chuyển của cán các xy lanh công tác.

**2.1.3. Cơ sở khoa học xác định yêu cầu đối với hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác đáp ứng điều khiển chính xác quá trình kẹp gấp bom**



Hình 2.6. Sơ đồ tính toán áp suất kẹp gấp bom ở trạng thái nguy hiểm nhất

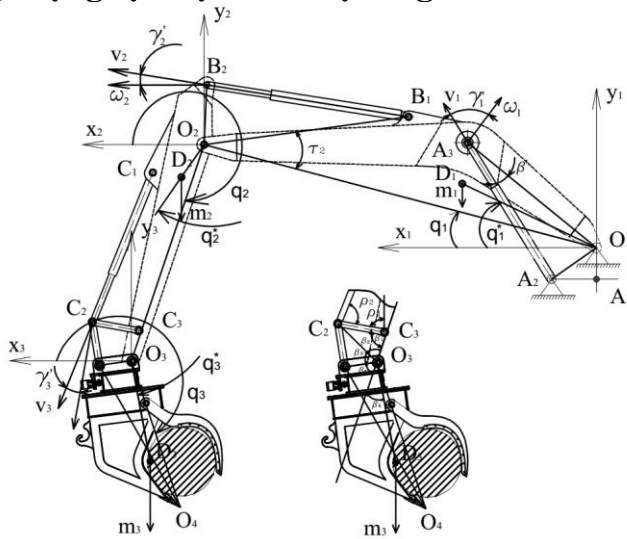
Xem xét trường hợp chung nhất để xác định áp suất kẹp gấp tối đa, là không thể kẹp, đỡ toàn bộ ở dưới quả bom. Điểm tiếp xúc bom nằm ở đầu tay kẹp, tức là kẹp ở trạng thái tiếp xúc ít nhất (Hình 2.6).

Theo tính toán, áp suất trong khoang pít tông của xy lanh thủy lực (đường kính  $D = 60$  mm) dẫn động tay kẹp được xác định cho từng loại bom tương ứng là: MK81-15 bar, MK82-35 bar, MK83-77 bar, MK84-167,5 bar. Nghiên cứu này là dữ liệu đầu vào cho các nghiên cứu động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong quá trình kẹp gấp bom ở các phần tiếp theo.

**2.2. Động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác**

**2.2.1. Động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác khi đào và nâng hạ bom**

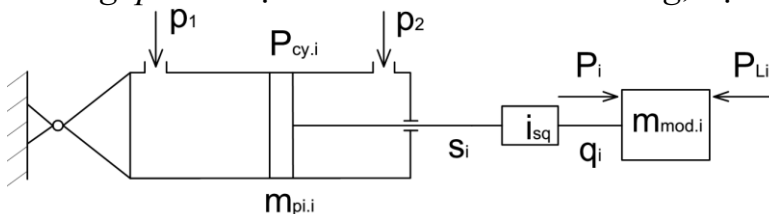
**a) Động lực học thiết bị công tác**



Hình 2.7. Mô hình tính toán thiết bị công tác của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa khi nâng, hạ

Trên Hình 2.7 biểu diễn mô hình tính toán thiết bị công tác và trên Hình 2.8 biểu diễn mô hình tính toán chung cho dẫn động các cơ cấu công tác. Xy lanh được biểu diễn bởi khối lượng chuyển động  $m_{pi}$  bao gồm khối lượng pít tông và cán pít tông. Ma sát giữa các bộ phận chuyển động và cố định trong xy lanh được biểu diễn bằng lực  $F_{fi}$ .

Tải trọng tác dụng lên các xy lanh bao gồm 2 thành phần: Lực động, được tính theo các khối lượng quy dẫn  $m_{mod}$ ; lực tĩnh,  $F_{st}$  được xác định bởi trọng lượng của các cơ cấu công tác. Việc chuyển đổi từ giá trị dịch chuyển của xy lanh đến các tọa độ suy rộng được xác định bởi tỷ số truyền của các cơ cấu  $i_{sq}$  đã được nghiên cứu.



Hình 2.8. Mô hình tính toán xy lanh công tác

Hệ phương trình (2.3) biểu diễn động lực học xy lanh công tác. Mô men quán tính quy dẫn  $J_i$ , khối lượng quy dẫn  $m_{mod,i}$  được xác định là các hàm phụ thuộc vào dịch chuyển của cán pít tông  $s_i$  và trọng lượng bom trong quá trình nâng hạ (Phương trình 2.4 đến 2.9).



$$\left. \begin{aligned} (F_{cvi} - m_{pii} \cdot \frac{d^2 s_i}{dt^2} - F_{fri}) \cdot k_i &= F_i \\ F_{fri} &= F_{0fr} \cdot \text{sign}(\frac{ds_{pii}}{dt}) \\ F_i - F_{Li} &= m_{modi} \cdot \frac{d^2 s_i}{dt^2} \\ k_i &= \begin{cases} 2(i=1) \\ 1(i=2,3) \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

$$J_3 = m_3 \cdot (l_{O_3D_3} \cdot \cos q_3)^2 \quad (2.4); \quad J_2 = m_2 \cdot (l_{O_2D_2} \cdot \cos q_2)^2 + m_3 \cdot (l_{O_2O_3} \cdot \cos q_2 + l_{O_3D_3} \cdot \cos q_3)^2 \quad (2.5)$$

$$J_1 = m_1 (l_{O_1D_1} \cdot \cos q_1)^2 + m_2 \cdot (l_{O_1O_2} \cdot \cos(q_1 - \tau_1) + l_{O_2D_2} \cdot \cos q_2)^2 + m_3 \cdot (l_{O_1O_2} \cdot \cos(q_1 - \tau_1) + l_{O_2O_3} \cdot \cos q_2 + l_{O_3D_3} \cdot \cos q_3)^2 \quad (2.6)$$

$$m_{mod1} = J_1 \cdot \frac{1}{(l_{O_1A_3} \cos \gamma_1')^2} \quad (2.7); \quad m_{mod2} = J_2 \cdot \frac{\omega_2^2}{v_2^2} \quad (2.8); \quad m_{mod3} = J_3 \cdot \frac{1}{(l_{C_2C_3} \cos \gamma_3')^2} \quad (2.9)$$

Tải trọng tĩnh quy dẫn tác dụng lên các xy lanh công tác được xác định theo công thức:

$$F_{L_1} = \frac{1}{l_{O_1A_3} \cdot \cos(\gamma_1')} (m_1 \cdot g \cdot l_{O_1D_1} \cdot \cos(q_1^*) + m_2 \cdot g \cdot (l_{O_1O_2} \cdot \cos(q_1^* - \tau_1) + l_{O_2D_2} \cdot \cos(q_2)) + m_3 \cdot g \cdot (l_{O_1O_2} \cdot \cos(q_1^* - \tau_1) + l_{O_2O_3} \cdot \cos(q_2) + l_{O_3D_3} \cdot \cos(q_3))) \quad (2.10)$$

$$F_{L_2} = \frac{m_2 \cdot g \cdot l_{O_2D_2} \cdot \cos(q_2) + m_3 \cdot g \cdot (l_{O_3D_3} \cdot \cos(q_3) + l_{O_2O_3} \cdot \cos(q_2))}{l_{O_2B_2} \cdot \cos(\gamma_2')} \quad (2.11)$$

$$F_{L_3} = \frac{m_3 \cdot g \cdot l_{O_3D_3} \cdot \cos q_3}{l_{O_3C_2} \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2 - \rho_2)} \quad (2.12)$$

Khi đào đất: Tải trọng tác dụng lên các xy lanh công tác do trọng lượng các cơ cấu công tác và lực cản đào của đất. Thành phần tiếp tuyến của lực cản đào được xác định theo công thức:

$$P_1 = F \cdot k_c \quad (2.13)$$

$$P_{L_1} = \frac{1}{l_{O_1A_3} \cdot \cos(\gamma_1')} (m_1 \cdot g \cdot l_{O_1D_1} \cdot \cos(q_1^*) + m_2 \cdot g \cdot (l_{O_1O_2} \cdot \cos(q_1^* - \tau_1) + l_{O_2D_2} \cdot \cos(q_2)) + m_4 \cdot g \cdot (l_{O_1O_2} \cdot \cos(q_1^* - \tau_1) + l_{O_2O_3} \cdot \cos(q_2) + l_{O_3D_3} \cdot \cos(q_3))) \quad (2.14)$$

$$P_{L_2} = \frac{1}{l_{O_2B_2} \cdot \cos(\gamma_2')} (m_2 \cdot g \cdot l_{O_2D_2} \cdot \cos(q_2) + m_4 \cdot g \cdot (l_{O_3D_3} \cdot \cos(q_3) + l_{O_2O_3} \cdot \cos(q_2)) + P_1 \cdot (l_{O_2O_3} \cdot \cos(q_2) + l_{O_3O_4} \cdot \cos(q_3 + \beta_5)) - P_2 \cdot (l_{O_2O_3} \cdot \sin(q_2) + l_{O_3O_4} \cdot \sin(q_3))) \quad (2.15)$$

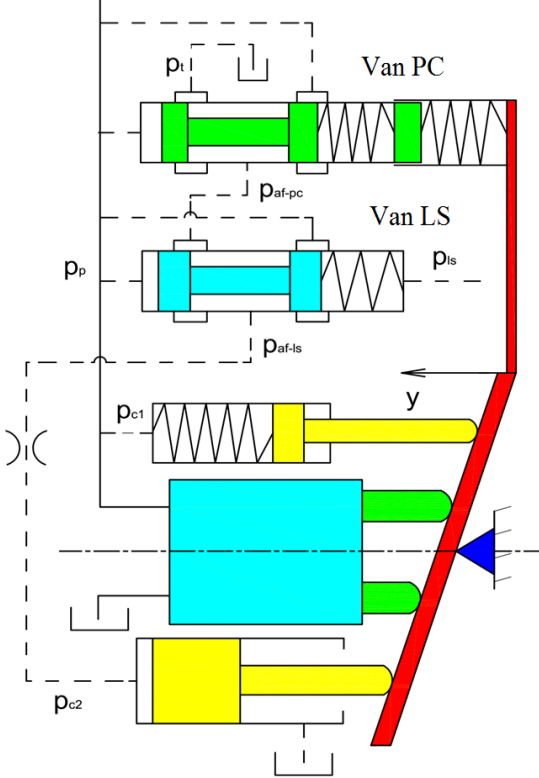
$$P_{L_3} = \frac{m_4 \cdot g \cdot l_{O_3D_3} \cdot \cos q_3 + P_1 \cdot l_{O_3O_4} \cdot \cos(q_3 + \beta_5) - P_2 \cdot l_{O_3O_4} \cdot \sin(q_3 + \beta_5)}{l_{O_3C_2} \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2 - \rho_2)} \quad (2.16)$$

## b) Động lực học hệ thống thủy lực dẫn động

### \* Mô hình toán của bơm chính có điều khiển kiểu LS-PC:

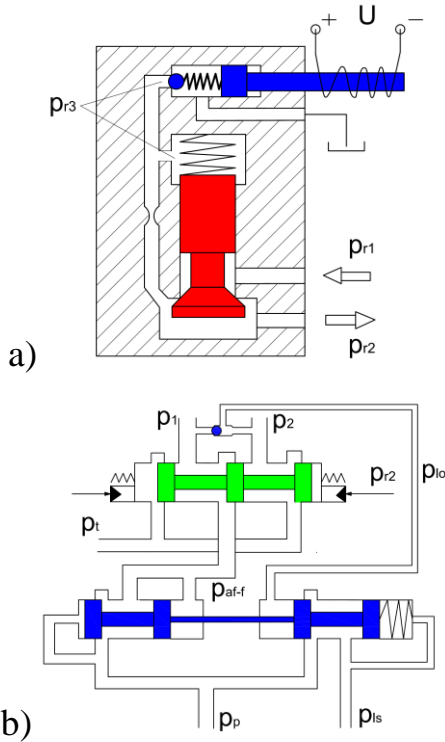
Với một số giả thiết khi xây dựng mô hình, mô hình động lực học hệ thống thủy lực được xây dựng dựa trên các phương trình lưu lượng, áp suất và các liên kết hệ thống theo phương trình newton – euler, định luật bảo toàn lưu lượng, định luật pascal và tính chịu nén

của chất lỏng công tác. Hệ phương trình (2.17) mô tả động lực học bơm chính có điều khiển LS-PC.



Hình 2.9. Mô hình tính toán bơm chính có điều khiển LS-PC

\* Mô hình toán van giảm áp điện – tỷ lệ và van phân phối chính



Hình 2.10. Mô hình tính toán  
a) Van giảm áp điện tỷ lệ;  
b) Van phân phối

$$\left. \begin{aligned}
 k_n \frac{dp_p}{dt} &= Q_p - Q_s - Q_c \\
 Q_p &= \frac{q_p}{\gamma_{\max}} \cdot \omega \cdot \gamma \\
 \gamma &= \arctg \frac{y_{\max} - y}{R} \\
 m_{sp-pc} \frac{d^2 x_{pc}}{dt^2} + k_{fr-pc} \frac{dx_{pc}}{dt} + c_{sp-pc} x_{sp-pc} + P_{0sp-pc} &= p_p \cdot F_{pc} \\
 x_{sp-pc} &= x_{pc} - y \\
 m_{sp-ls} \frac{d^2 x_{ls}}{dt^2} + k_{fr-ls} \frac{dx_{ls}}{dt} + c_{sp-ls} x_{ls} + P_{0sp-ls} &= (p_p - p_{ls}) F_{ls} \\
 Q_{in-ls} &= \mu_{ls} \cdot \pi \cdot d_{sp-ls} \cdot x_{ls} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot |p_p - p_{af-ls}| \cdot \text{sign}(p_p - p_{af-ls})} \\
 Q_{out-ls} &= \mu_{ls} \cdot \pi \cdot d_{sp-ls} \cdot (x_{c1} - x_{ls}) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot |p_{af-ls} - p_{af-pc}| \cdot \text{sign}(p_{af-ls} - p_{af-pc})} \\
 Q_{c2} &= Q_{in-ls} + Q_{out-ls} \text{ khi } p_{af-pc} = p_p \\
 Q_{c2} &= Q_{in-ls} - Q_{out-ls} \text{ khi } p_{af-pc} = p_t \\
 Q_{c1} &= F_{c1} \frac{dy}{dt} + \frac{V_{c1}}{B_{com}} \cdot \frac{dp_{c1}}{dt} \\
 Q_{c2} &= F_{c2} \frac{dy}{dt} + \frac{V_{c2}}{B_{com}} \cdot \frac{dp_{c2}}{dt} \\
 m_c \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + k_{fr-c} \cdot \frac{dy}{dt} + (c_{sp-c1} + c_{sp-pc}) \cdot y + c_{sp-pc} \cdot x_{pc} + P_{0sp-pc} &= p_{c2} \cdot F_{c2} - p_p \cdot F_{c1}
 \end{aligned} \right\} (2.17)$$

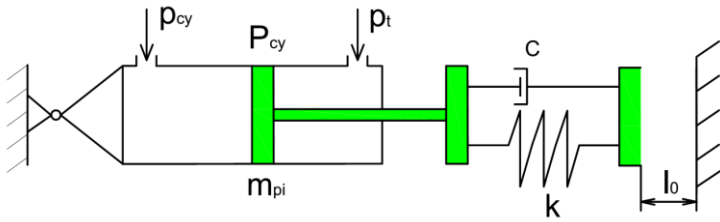
$$\left. \begin{aligned}
 p_{r3} \cdot F_{r3} &= k_i \cdot i \\
 (p_{r2} - p_{r3}) \cdot F_r^* &= k_{sp-r}^* \cdot x_r^* \\
 Q_{c-r} &= F_r^* \cdot \frac{dx_r^*}{dt} + \mu_{th-r} \cdot S_{th-r} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_{r2} - p_{r3})}{\rho}} \\
 m_{sp} \cdot \frac{d^2 x_{sp}}{dt^2} + k_{fr} \cdot \frac{dx_{sp}}{dt} + c_{sp} \cdot x_{sp} &= F_v \cdot p_{r2} \\
 Q_{sp} &= \mu_{sp} \cdot \pi \cdot d_{sp} \cdot x_{sp} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot |p_{af-f} - p_{lo}| \cdot \text{sign}(p_{af-f} - p_{lo})} \\
 Q_{cy} &= F_{cy} \cdot \frac{ds_{pi}}{dt} + \frac{V_{cy}}{B_{com}} \cdot \frac{dp_{cy}}{dt} \\
 Q_{pi} &= F_{pi} \cdot \frac{ds_{pi}}{dt} - \frac{V_{pi}}{B_{com}} \cdot \frac{dp_{pi}}{dt} \\
 Q_{sp} &= Q_{cy} \\
 F_f \cdot (p_p - p_{af-f} + p_{lo} - p_{ls}) &= k_{sp-r} \cdot x_{com} \\
 Q_f &= k_{Q_{x_f}} \cdot x_{com} + k_{Q_{p_f}} \cdot (p_p - p_{af-f}) \\
 k_{Q_{x_r}} \cdot x_{com} + k_{Q_{p_r}} \cdot p_p - k_{Q_{p_r}} \cdot p_{ls} - F_{ls} \cdot \frac{dx_{ls}}{dt} &= 0
 \end{aligned} \right\} (2.18)$$

Để điều khiển các van phân phối chính trong hệ thống sử dụng các van giảm áp điều khiển điện tỷ lệ, áp suất đầu ra của các van này thay đổi tỷ lệ với dòng điện cấp vào cuộn

điện ( $i = 0 \div 800 \text{ mA}$ ). Khi thay đổi áp suất điều khiển, độ mở của van phân chính thay đổi và lưu lượng qua van thay đổi theo. Hệ phương trình (2.18) mô tả động lực học của van giảm áp điện tỷ lệ và van phân phối chính.

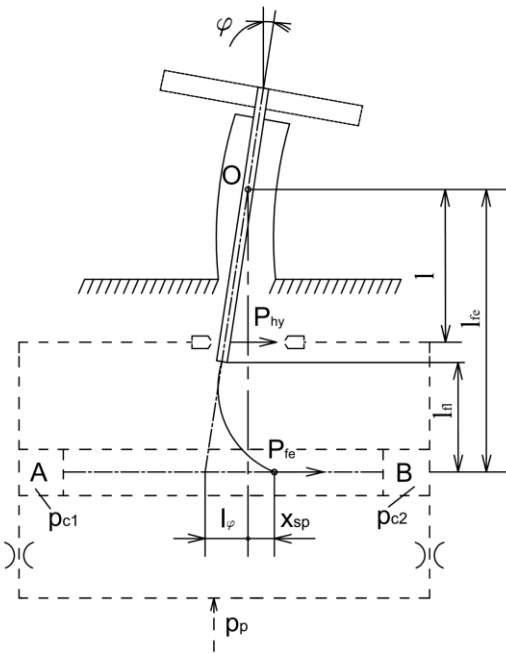
**2.2.2. Động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong quá trình kẹp gấp bom**

**a) Động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong quá trình kẹp gấp bom khi sử dụng van servo kết hợp cảm biến áp suất**



Hình 2.11. Mô hình tính toán cơ cấu kẹp bom và xy lanh dẫn động

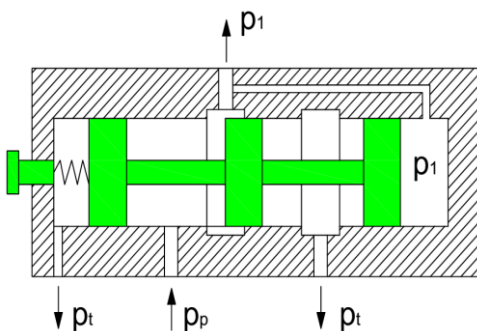
Với các giả thiết, mô hình tính toán hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong quá trình kẹp gấp bom khi sử dụng van servo kết hợp cảm biến áp suất được xây dựng trên Hình 2.11 và 2.12. Hệ phương trình (2.19) mô tả động lực học hệ thống thủy lực dẫn động cơ cấu kẹp gấp bom từ các van servo đến xy lanh kẹp gấp bom.



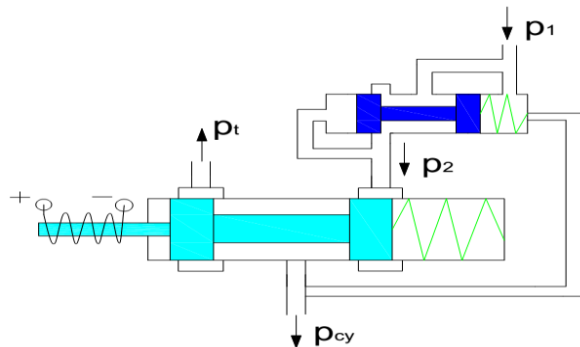
Hình 2.12. Mô hình tính toán van servo có cơ cấu phản hồi cơ khí

$$\left\{ \begin{aligned} P_{cy} - m_{pi} \cdot \frac{d^2 y_{pi}}{dt^2} - P_{fri-cy} &= P_{lo} \\ P_{fri-cy} &= k_{fri-cy} \cdot \frac{dy_{pi}}{dt} \\ P_{lo} &= \begin{cases} k \cdot (y_{pi} - y_0) + c \cdot \dot{y}_{pi} & \text{khi } y_{pi} \geq y_0 \\ 0 & \text{khi } y_{pi} < y_0 \end{cases} \\ M_c &= \mu_n \cdot F_n \cdot p_c \cdot l + \left( \frac{3 \cdot E_{fl} \cdot J_{fl} \cdot l_{fe}}{l_{fl}^3} \varphi + \frac{3 \cdot E_{fl} \cdot J_{fl}}{l_{fl}^3} x_{sp-s} \right) l_{fe} \\ J_{fl} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + k_{fr-s} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + k_{M\varphi} \cdot \varphi &= k_{Mi} \cdot i - M_c \\ p_c &= \frac{3 \cdot E_{fl} \cdot J_{fl} \cdot l_{fe}}{l_{fl}^3 \cdot F_{sp}} \varphi + \frac{3 \cdot E_{fl} \cdot J_{fl}}{l_{fl}^3 \cdot F_{sp}} x_{sp} \\ F_{sp} \cdot \frac{dx_{sp-s}}{dt} + k_{Qc,p_c} \cdot \frac{3 \cdot E_{fl} \cdot J_{fl}}{l_{fl}^3 \cdot F_{sp}} x_{sp-s} &= (k_{Qh} \cdot l - k_{Qc,p_c} \cdot \frac{3 \cdot E_{fl} \cdot J_{fl} \cdot l_{fe}}{l_{fl}^3 \cdot F_{sp}}) \cdot \varphi \\ F_{cy} \cdot \frac{dy_{pi}}{dt} + \frac{V_{cy}}{B_{com}} \cdot \frac{dp_{cy}}{dt} &= k_{Qx} \cdot x_{sp-s} - k_{Qp} \cdot p_p \end{aligned} \right. \quad (2.19)$$

**b) Động lực học cơ cấu kẹp gấp bom khi sử dụng van phân phối điện tỷ lệ kết hợp van giảm áp**



Hình 2.13. Mô hình tính toán van giảm áp



Hình 2.14. Mô hình tính toán van phân phối tỷ lệ

Với các giả thiết và mô hình tính toán cơ cấu kẹp bom và xy lanh dẫn động tương tự như trong mục a). Mô hình toán van giảm áp và van phân phối điện tỷ lệ được thể hiện trên Hình 2.13 và 2.14.

Hệ phương trình (2.20) mô tả động lực học hệ thống thủy lực dẫn động cơ cấu kẹp gấp bom từ các van phân phối điện tỷ lệ, van giảm áp đến xy lanh kẹp gấp bom.

### 2.3. Tổ chức tính toán, mô phỏng

Theo các hệ phương trình đã xây dựng cho thiết bị công tác, bơm có điều khiển LS-PC, van giảm áp điện tỷ lệ - van phân phối chính đến xy lanh công tác, van servo hoặc van phân phối điện tỷ lệ của cơ cấu kẹp bom, các sơ đồ tính toán của từng quá trình làm việc đã được xây dựng. Trên cơ sở đó, luận án đã sử dụng phần mềm hiện đại LMS Amesim để mô phỏng, tính toán hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong các quá trình làm việc của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{re} = k_{Qx} \cdot x_{re} + k_{Qp} \cdot (p_p - p_1) \\ p_1 \cdot A = k \cdot x_{re} \\ Q_{com} = k_{Qx1} \cdot x_{com} + k_{Qp1} \cdot (p_1 - p_2) \\ p_2 \cdot A_{com} = p_{cy} \cdot A_{com} + k_{com} \cdot x_{com} \\ k_v \cdot x_v = k_i \cdot i \\ Q_v = k_{Qxv} \cdot x_v + k_{Qpv} \cdot (p_2 - p_{cy}) \\ k_{Qx1} \cdot x_{com} + k_{Qp1} \cdot (p_1 - p_2) = k_{Qxv} \cdot x_v + k_{Qpv} \cdot (p_2 - p_{cy}) \\ \frac{1}{2} (k_{Qx} \cdot x_{re} + k_{Qp} \cdot (p_p - p_1)) = k_{Qxv} \cdot x_v + k_{Qpv} \cdot (p_2 - p_{cy}) \end{array} \right. \quad (2.20)$$

## KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Nội dung nghiên cứu chương 2 đã đạt được các kết quả chính sau:

1 - Trên cơ sở các yêu cầu đối với máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa, yêu cầu đối với hệ thống thủy lực của máy, nội dung chương đã xây dựng sơ đồ hệ thống thủy lực của toàn máy đáp ứng các yêu cầu đề ra. Đồng thời xác định được các mối liên hệ động học của thiết bị công tác, động học trong phương pháp điều khiển chiều sâu đào, xác định được áp suất kẹp cần thiết đối với từng loại bom.

Các kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng để xây dựng mô hình động lực học cho hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác ở từng quá trình làm việc. Đồng thời, các kết quả này cũng là các thông số đầu vào cho các nghiên cứu động lực học hệ thống ở chương 3.

2 - Xây dựng hoàn chỉnh mô hình tính toán động lực học của hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác có gắn với môi trường tương tác (đất, bom), từ bơm chính có điều khiển LS-PC, van phân phối có tích hợp bù áp, van giảm áp điện tỷ lệ, van phân phối servo đến thiết bị công tác (cần, tay gầu, cơ cấu đào đất kẹp bom) và đến môi trường tương tác (đất và bom). Đây là một mô hình tính toán tổng thể có thể áp dụng cho các dạng máy tương tự nhằm giải quyết các bài toán động lực học của một hệ thống phức tạp gồm cơ - điện - thủy lực.

3 - Từ các hệ phương trình vi phân mô tả động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong các quá trình làm việc (đào đất, kẹp gấp và nâng hạ bom), đã xây dựng được các sơ đồ tính toán hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác cho từng quá trình làm việc. Đồng thời, trên cơ sở đó, đã xây dựng được mô hình tính toán, mô phỏng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác trong môi trường LMS Amesim cụ thể cho các quá trình đào đất, kẹp gấp và nâng hạ bom.

Với các nội dung đã làm được ở Chương 2 sẽ là cơ sở quan trọng để tiến hành các nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số kết cấu, vận hành đến quá trình làm việc của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa ở Chương tiếp theo.

## CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ KẾT CẤU, VẬN HÀNH ĐẾN QUÁ TRÌNH LÀM VIỆC CỦA THIẾT BỊ CÔNG TÁC

### 3.1. Các thông số đầu vào phục vụ nghiên cứu

Các thông số về hình học, khối lượng, tọa độ trọng tâm trong thiết bị công tác (cần, tay gầu, gầu, tay kẹp) của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa được xác định bằng sự hỗ trợ của phần mềm 3D – Inventor, đã chỉ ra ở các Bảng chi tiết trong luận án. Nghiên cứu được thực hiện đối với đất từ cấp I ÷ III với loại bom có kích thước và trọng lượng lớn nhất MK-84, các thông số cụ thể được chỉ ra trong mục 1.1. Đối với quá trình đào đất, nghiên cứu được thực hiện theo lực cản đào, từ đó có thể xác định độ dày lớp đất đào đối với từng cấp đất khác nhau.

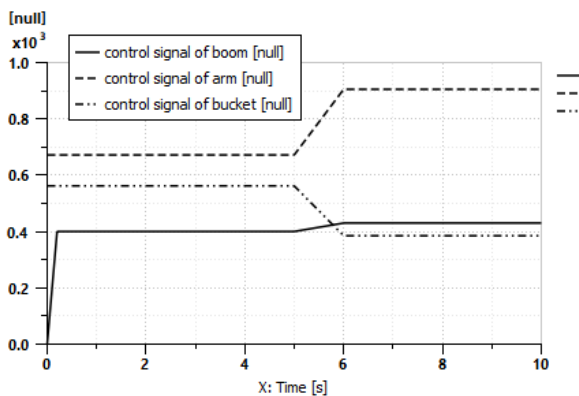
Các thông số của hệ thống thủy lực bao gồm các thông số chính của các phần tử thủy lực tham gia vào quá trình điều khiển thiết bị công tác trong các nguyên công đào đất, kẹp gấp bom và nâng hạ. Các thông số của các phần tử không tham gia vào điều khiển thiết bị công tác không được xem xét đến (quay sà, di chuyển, phanh, ...).

### 3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số đến quá trình điều khiển chính xác chiều sâu đào

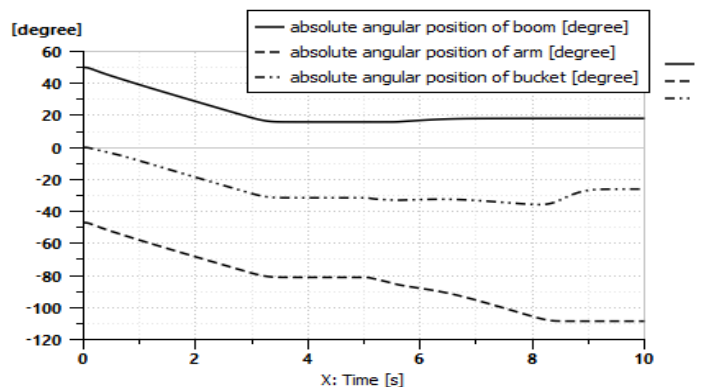
Trên cơ sở toán học phục vụ quá trình điều khiển chính xác chiều sâu đào đã thực hiện ở mục 2.1.2, nghiên cứu quá trình điều khiển chính xác chiều sâu đào được thực hiện với giả thiết xe cơ sở đứng trên mặt phẳng ngang tức là góc  $\varphi = 0^0$  và đánh giá theo góc nghiêng đào bề mặt đào  $\vartheta = 5^0$ . Nghiên cứu quá trình đào đất được thực hiện trong hai trường hợp:

- Nghiên cứu ảnh hưởng của độ trễ điều khiển tay trang điện (mức độ mở nhanh chậm khi điều khiển tay trang) đến độ chính xác chiều sâu đào từng lớp đất, xét trong trường hợp khi chưa có lực cản đào của đất;

- Nghiên cứu ảnh hưởng lực cản đào của đất đến độ chính xác chiều sâu đào từng lớp đất.

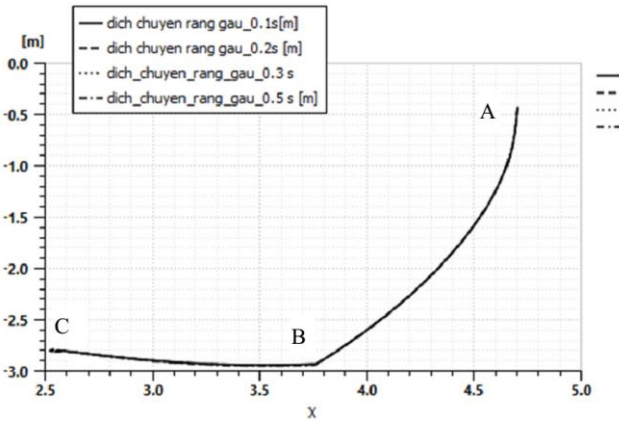


Hình 3.1. Tín hiệu điều khiển  $i_i$  cần, tay gầu và gầu với độ trễ 1s, 1 null = 1 mA

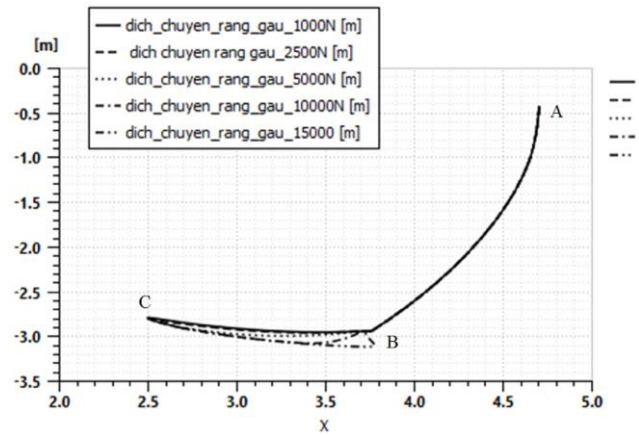


Hình 3.2. Dịch chuyển góc của cần, tay gầu và gầu

Ở trường hợp thứ nhất: Trên Hình 3.1, từ thời điểm 0 đến 5s là tín hiệu điều khiển để dịch chuyển răng gầu vào vị trí bắt đầu đào đất bằng cách hạ cần và giữ nguyên vị trí tương đối so với cần nâng của tay gầu, gầu. Khi đó các dịch chuyển góc quay tuyệt đối ( $q_1, q_2, q_3$ ) của cả ba cơ cấu cần, tay gầu và gầu đều thay đổi theo tương ứng (Hình 3.2). Quá trình điều khiển này cho kết quả là đưa độ cao gầu xúc từ tọa độ (4,7m; -0,4m) vào vị trí bắt đầu đào đất tại tọa độ (3,78m; -2,88m) tương ứng đoạn AB (Hình 3.3), từ điểm B bắt đầu thực hiện quá trình đào đất theo phương pháp đã nghiên cứu tại mục 2.1.2.



Hình 3.3. Dịch chuyển răng gầu trong mặt phẳng làm việc với các độ trễ điều khiển khác nhau



Hình 3.4. Dịch chuyển răng gầu trong mặt phẳng làm việc ở các lực cản đào khác nhau

Từ thời điểm 5s, quá trình đào được thực hiện theo phương pháp và các mối liên hệ động học đã nêu tại mục 2.1.2 với độ trễ điều khiển 1s ((Hình 3.1)). Theo đó, trên Hình 3.2, có thể nhận thấy cả 3 xy lanh dẫn động đều hoạt động với một độ trễ gần như nhau 4s để đạt được giá trị góc quay ( $q_1, q_2, q_3$ ) cần thiết, tương ứng với đoạn BC của dịch chuyển răng gầu trong mặt phẳng làm việc (Hình 3.3). Khi thay đổi tín hiệu điều khiển từ tay trang điện cấp cho van giảm áp điện tử để điều khiển tay gầu ở các mức độ trễ khác nhau (0,1s; 0,2s; 0,3s; 0,5s; v.v...), không làm ảnh hưởng đến quỹ đạo dịch chuyển của răng gầu trong mặt phẳng công tác. Đồng thời, sai số của chiều sâu đào từng lớp đất là nhỏ, nằm trong giới hạn  $\pm 5\text{cm}$  phù hợp với tiêu chuẩn SNIPOm4.02-91.

Ở trường hợp thứ hai: Theo Hình 3.4, quá trình điều khiển thiết bị công tác với các giá trị lực cản đào khác nhau, chiều sâu đào từng lớp đất đã có sự thay đổi theo lực cản đào. Với lực cản đào dưới 2500 N, quỹ đạo răng gầu đi theo quỹ đạo đặt ra với sai số cho phép nằm trong giới hạn  $\pm 5\text{cm}$  theo tiêu chuẩn SNIPOm4.02-91. Tuy nhiên, với giá trị lực cản đào lớn hơn 2500 N, răng gầu đi theo các quỹ đạo khác nhau với sai số đào trên  $\pm 10\text{cm}$ , không đảm bảo yêu cầu đặt ra.

### 3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số đến quá trình kẹp gấp bom

#### 3.3.1. Phương án sử dụng van servo kết hợp cảm biến áp suất

Nghiên cứu được thực hiện với khoảng cách dịch chuyển không tải của xy lanh kẹp  $l_0 = 200\text{ mm}$ , kẹp gấp quả bom lớn nhất MK-84 có trọng lượng 908 kg, áp suất kẹp cần thiết được tính toán là 167,5 bar (theo mục 2.1.3) và sơ đồ hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác như Hình 2.2.

Nghiên cứu được thực hiện trong hai trường hợp:

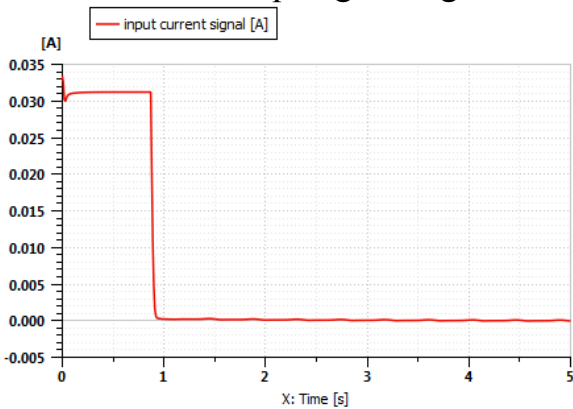
- Tay kẹp không có lớp đệm giảm chấn hoặc lớp đệm có độ cứng quá lớn;
- Tay kẹp có thiết kế lớp đệm giảm chấn với độ cứng khác nhau.

Ở trường hợp thứ nhất: (Hình 3.5, 3.6, 3.7), sự thay đổi áp suất và vận tốc diễn ra đột ngột, dễ hình thành xung va đập ở thời điểm tiếp xúc với bom. Do đó, bắt buộc phải thiết kế lớp đệm giảm chấn cho tay kẹp bom.

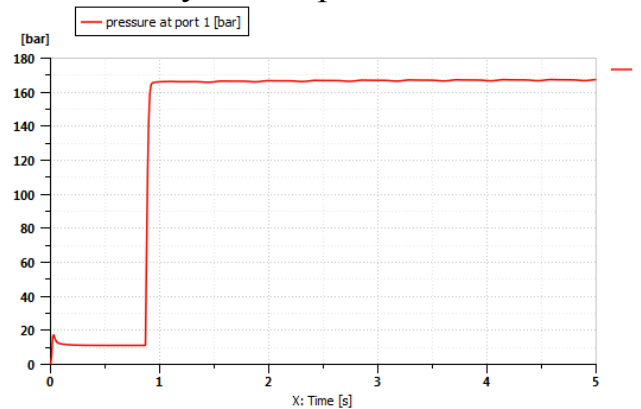
Ở trường hợp thứ hai: (Hình 3.8, 3.9), khi tay kẹp bom có thiết kế lớp đệm giảm chấn. Ta nhận thấy, lớp đệm giảm chấn với độ cứng nhỏ  $k = 10^6\text{ N/m}$  thì vận tốc giảm dần về 0 với quãng đường dịch chuyển có tải của cán xy lanh kẹp tương đối lớn khoảng 4 cm, còn với độ cứng lớn  $k = 3.10^6\text{ N/m}$  thì quãng đường dịch chuyển có tải của cán xy lanh kẹp đã giảm



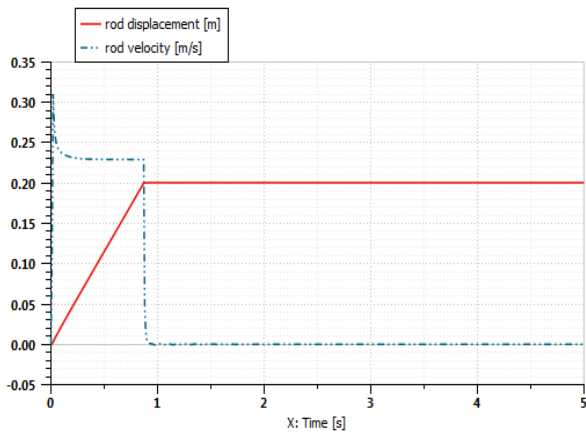
đáng kể còn 1 cm. Cũng theo đồ thị Hình 3.8, ta thấy với độ cứng  $k = 2 \cdot 10^6 \text{ N/m}$ , vận tốc giảm dần về 0 với quãng đường dịch chuyển có tải của cán xy lanh kẹp là 2 cm.



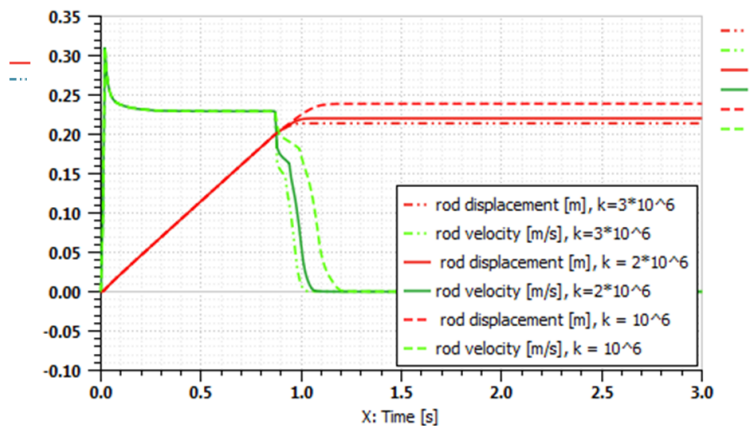
Hình 3.5. Tín hiệu vào cuộn điện van servo



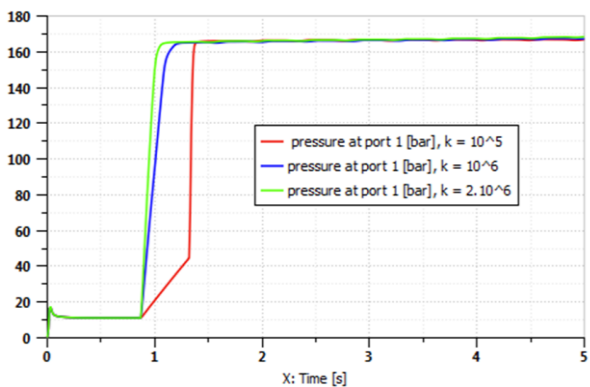
Hình 3.6. Áp suất trong khoang pít tông của xy lanh kẹp



Hình 3.7. Dịch chuyển, vận tốc đầu cán xy lanh kẹp



Hình 3.8. Dịch chuyển, vận tốc khi thay đổi hệ số đàn hồi



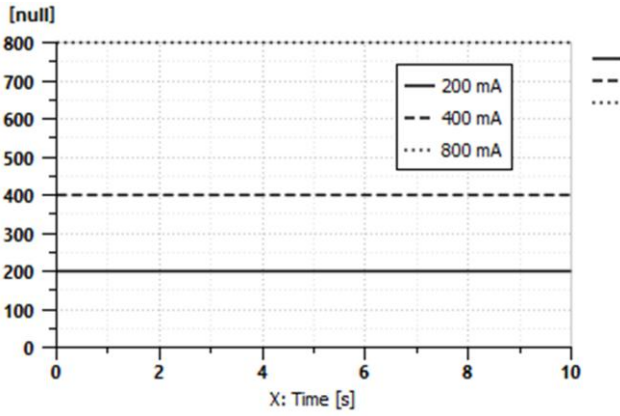
Hình 3.9. Sự thay đổi áp suất trong khoang pít tông của xy lanh kẹp

Với các độ cứng khác nhau của lớp đệm giảm chấn, luôn xuất hiện sự tăng áp suất (Hình 3.9) trong thời điểm đầu dịch chuyển pít tông. Điều này xảy ra do quá trình chuyển tiếp từ trạng thái tĩnh sang trạng thái động khi dòng điện vào van servo lớn nhất, làm xuất hiện xung áp suất. Tuy nhiên sự xuất hiện xung áp suất này sẽ làm ảnh hưởng đến quá trình điều khiển. Khi kẹp quả bom có trọng lượng nhỏ, áp suất trong khoang pít tông chỉ cần dưới 18 bar, khi đó xy lanh sẽ bị dừng sớm, trước khi kẹp được bom.

### 3.3.2. Phương án sử dụng van phân phối điện tỷ lệ kết hợp van giảm áp

Điều kiện nghiên cứu tương tự như mục 3.3.1. Nghiên cứu quá trình kẹp gấp bom sử dụng van phân phối điện tỷ lệ kết hợp van giảm áp dưới ảnh hưởng của các yếu tố sau:

- Dòng điện cấp từ tay trang điện đến cuộn điện của van phân phối điện tỷ lệ để điều khiển quá trình kẹp;
- Độ cứng khác nhau của lớp đệm giảm chấn tay kẹp bom.

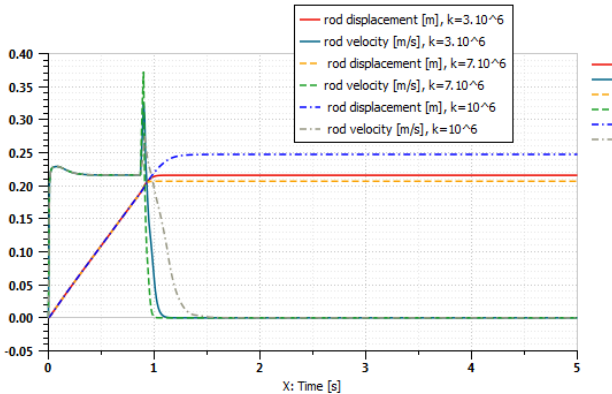


Hình 3.10. Tín hiệu điều khiển van giảm áp

Xét ảnh hưởng của yếu tố dòng điện điều khiển: Theo các Hình 3.10, Hình 3.11, kết hợp với Hình 3.13, ở các tín hiệu điều khiển van phân phối điện tỷ lệ nhỏ 200, 400 mA, có thể nhận thấy, áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom chỉ đạt tương ứng 5 bar và 40 bar là không đạt yêu cầu. Chỉ ở mức tín hiệu điều khiển van phân phối điện tỷ lệ 800mA, giá trị áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom mới đạt giá trị yêu cầu đặt ra là 167,5 bar.

Điều này có thể giải thích, khi tín hiệu điều khiển van phân phối điện tỷ lệ nhỏ, sự hình thành áp suất trong khoang pitt tông của xy lanh kẹp bom, cộng với độ mở về hồi nhất định của van phân phối điện tỷ lệ làm cho dòng dầu có xu hướng hồi về thùng và áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom không thể tăng đến giá trị yêu cầu.

Xét ảnh hưởng của độ cứng lớp đệm giảm chấn: Theo Hình 3.12, với độ cứng  $k = 10^6$  N/m, sau khi tiếp xúc, cán xy lanh còn tiếp tục dịch chuyển một đoạn khá dài 5 cm, còn với độ cứng  $k = 3 \cdot 10^6$  N/m, độ dịch chuyển thêm của cán xy lanh chỉ còn 1,7 cm và theo Hình 3.13 không xuất hiện xung áp suất trong quá trình kẹp bom.

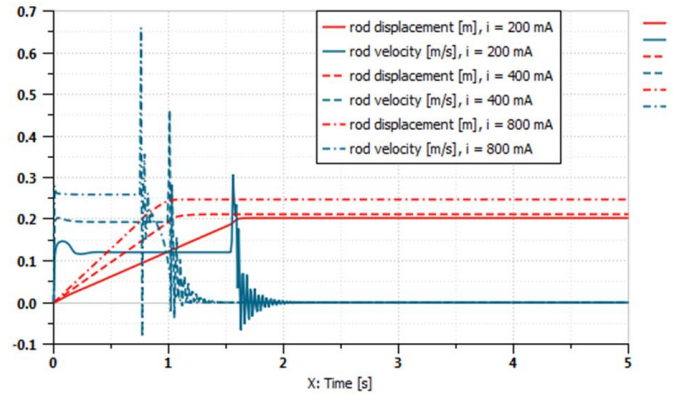


Hình 3.12. Dịch chuyển, vận tốc của xy lanh kẹp khi thay đổi hệ số đàn hồi

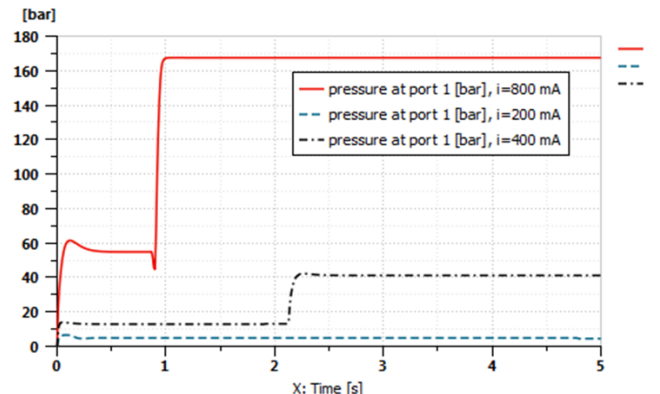
Việc lắp đặt lớp đệm giảm chấn cần lựa chọn độ cứng phù hợp, theo nghiên cứu thì với độ cứng  $k = 3 \cdot 10^6$  N/m đáp ứng tốt yêu cầu đặt ra về khoảng dịch chuyển có tải và vận tốc dịch chuyển.

### 3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số đến quá trình hạ đặt bom

Nghiên cứu quá trình hạ đặt bom được thực hiện đối với quả bom có kích thước, trọng lượng lớn nhất là MK-84, sơ đồ hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác theo Hình 2.1 và xét trong hai trường hợp: Hạ đặt bằng cần khi quả bom ở vị trí gần xe cơ sở và hạ đặt bằng cần khi quả bom ở xa xe cơ sở (ra thêm tay gầu). Cả hai trường hợp nghiên cứu được thực hiện theo độ dài hạ đặt đưa ra của cán xy lanh cần là 0,1 m.



Hình 3.11. Dịch chuyển, vận tốc của xy lanh kẹp ở các dòng điện điều khiển khác nhau

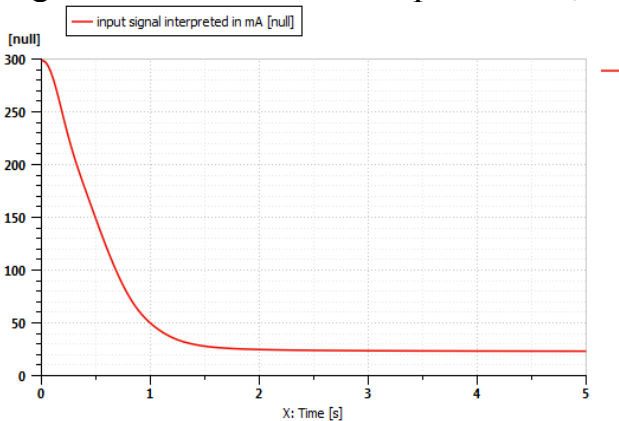


Hình 3.13. Áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom ở các dòng điện điều khiển khác nhau

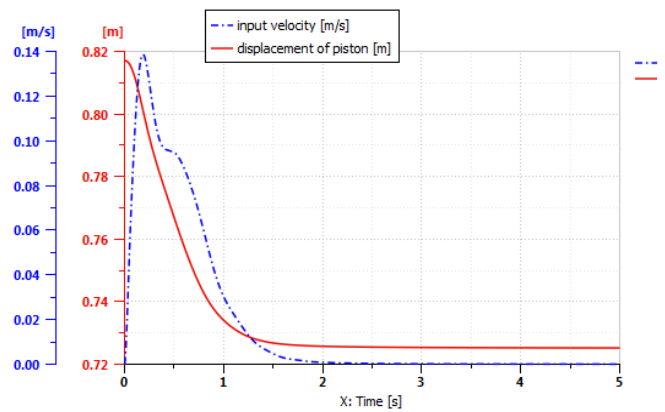
Trường hợp thứ nhất: Theo Hình 3.14, ở thời điểm ban đầu tín hiệu điều khiển là lớn nhất, sau đó tín hiệu điều khiển giảm dần khi cán xy lanh bắt đầu dịch chuyển và giảm về 25 mA khi cán xy lanh dừng hẳn. Theo Hình 3.15 dịch chuyển của cán xy lanh chưa đạt đến giá trị yêu cầu đặt ra là 0,1 m (từ 0,818 đến 0,718 m), điều này có thể giải thích theo Hình 3.16. Khi giá trị áp suất điều khiển van phân phối chính đạt đến giá trị 1,5 bar ở 1,5 s, ở giá trị áp suất này độ mở của van phân phối chính gần như bằng 0 và cán xy lanh nâng hạ cần không dịch chuyển thêm nữa.

Do đó, để đạt giá trị dịch chuyển, vận tốc hạ đặt của xy lanh theo yêu cầu cần có tín hiệu điều khiển van giảm áp điện tỷ lệ phù hợp, sao cho duy trì được áp suất điều khiển van phân phối giảm dần về giá trị 4 bar để duy trì độ mở của van phân phối, khi đạt giá trị dịch chuyển yêu cầu thì ngay lập tức giảm giá trị áp suất điều khiển này về 1,5 bar.

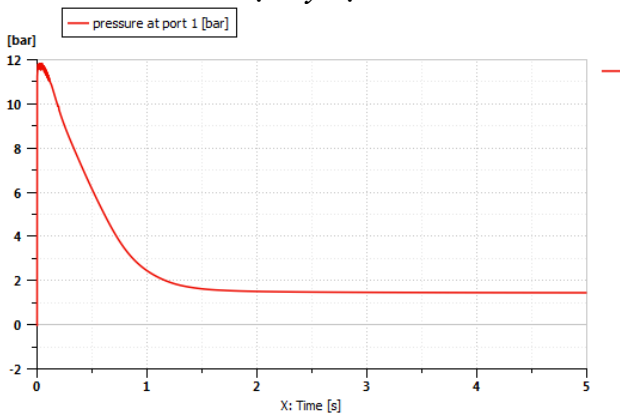
Theo Hình 3.17, dịch chuyển trọng tâm của cơ cấu đào đất – kẹp bom (cùng với bom) theo phương y – phương thẳng đứng của trọng tâm cơ cấu đào đất – kẹp bom là 0,85 m (từ độ cao 0,15 m xuống -0,7 m), còn dịch chuyển theo phương x – phương nằm ngang của trọng tâm cơ cấu đào đất – kẹp bom là 0,053 m (từ 4,716 m xuống 4,663 m).



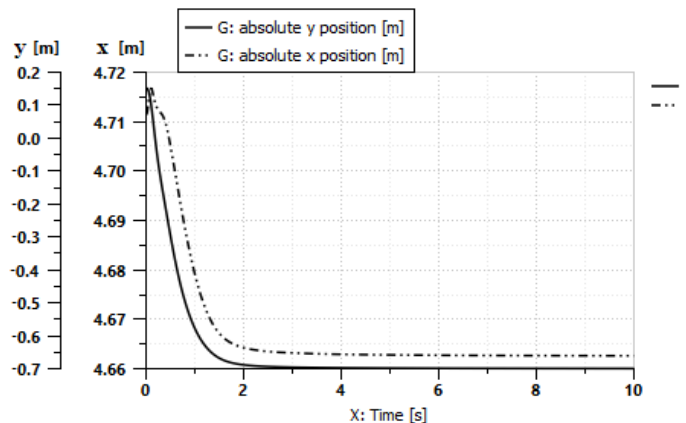
Hình 3.14. Tín hiệu điều khiển van giảm áp điện tỷ lệ



Hình 3.15. Dịch chuyển, vận tốc pít tông nâng hạ cần



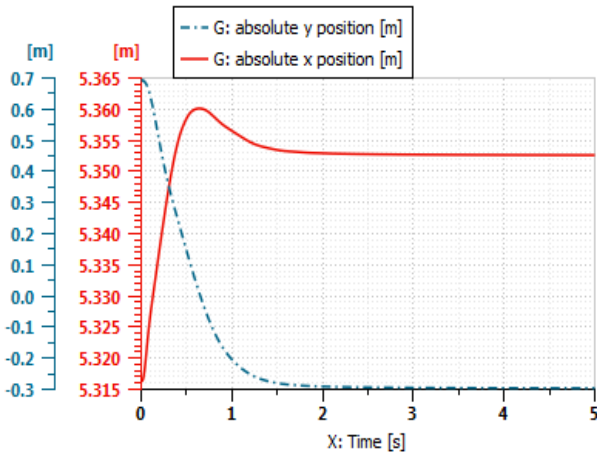
Hình 3.16. Áp suất điều khiển van phân phối chính



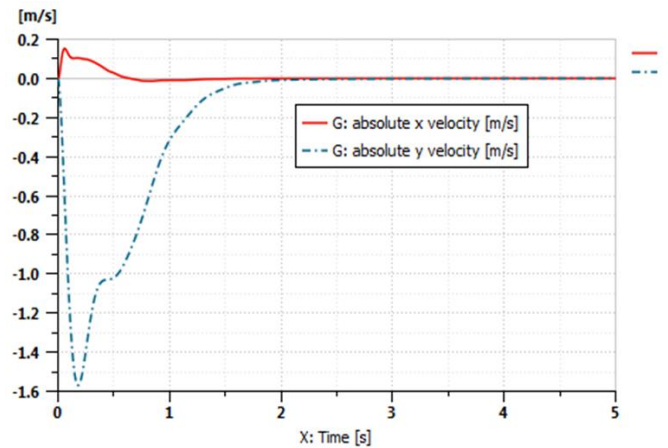
Hình 3.17. Dịch chuyển của điểm đặt trọng tâm cơ cấu đào đất – kẹp bom

Trường hợp thứ hai: Hình 3.18, khi ra thêm tay gầu 0,16 m, dịch chuyển theo phương y – phương thẳng đứng của trọng tâm cơ cấu đào đất – kẹp bom giảm 1,0 m (từ độ cao 0,7 m xuống -0,3 m), còn dịch chuyển theo phương x – phương ngang của trọng tâm cơ cấu đào đất – kẹp bom tăng 0,038 m (từ 5,315 m lên 5,353 m). Như vậy, độ lệch vị trí trọng tâm theo phương x giảm xuống dưới 0,05 m. Do đó, để hạ đặt bom chính xác vị trí mong muốn, người điều khiển từ xa cần ra tay gầu ở vị trí xa nhất có thể và hạ đặt bom bằng cách hạ cần

nhằm đảm bảo vị trí hạ đặt yêu cầu cũng như vận tốc hạ đặt đạt giá trị 0 khi quả bom tiếp cận vị trí hạ đặt như Hình 3.19.



Hình 3.18. Dịch chuyển của điểm đặt trong tâm cơ cấu đào đất – kẹp bom



Hình 3.19. Vận tốc hạ đặt bom

### KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Trên cơ sở phân tích, tính toán về động học, động lực học và xác định một số thông số đầu vào, tổ chức tính toán, mô phỏng hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác ở Chương 2, nội dung Chương 3 đã đi sâu và giải quyết được các vấn đề chính sau:

1- Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số điều khiển, thông số kết cấu, ngoại lực đến các quá trình đào đất và hạ bom. Từ nghiên cứu này có thể rút ra được các kết luận và khuyến nghị quan trọng:

Thứ nhất, đối với quá trình đào đất ở khu vực tiếp cận gần quả bom: Do nguồn thủy lực đảm bảo đủ công suất (áp suất và lưu lượng) nên khi điều khiển chiều sâu đào, độ trễ của thao tác điều khiển tay gầu không ảnh hưởng đến độ chính xác chiều sâu đào. Tuy nhiên, lực cản đào có ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác chiều sâu đào, đất càng cứng càng phải giảm chiều dày lớp đất đào hoặc cần có biện pháp làm mềm đất (phun tia nước áp suất cao). Cụ thể như sau: Đối với đất cấp I cần đào lớp đất có độ dày dưới 20 cm, đối với đất cấp II cần đào lớp đất có độ dày dưới 14 cm, đối với đất cấp III cần làm mềm đất trước khi đào.

Thứ hai, trong quá trình hạ đặt bom, để đơn giản trong thao tác điều khiển và đảm bảo hạ đặt chính xác, an toàn nên mở toàn bộ tay gầu và hạ đặt bằng cách hạ cần. Tín hiệu điện điều khiển van giảm áp điện tỷ lệ để hạ đặt bom phải đảm bảo khắc phục được độ trễ của van phân phối chính.

2- Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số điều khiển, thông số kết cấu đến quá trình kẹp gấp bom:

Quá trình kẹp gấp bom khi sử dụng van servo kết hợp cảm biến áp suất làm xuất hiện xung áp suất trong xy lanh kẹp, ảnh hưởng đến quá trình kẹp các quả bom có kích thước nhỏ (ví dụ bom MK-81). Vì vậy, cần thiết kế bộ điều khiển phù hợp nhằm khắc phục điều này khi kẹp gấp bom loại nhỏ như MK-81. Độ cứng của lớp đệm giảm chấn nên nằm trong khoảng giá trị  $k = (2.10^6 \div 3.10^6) N/m$ .

Quá trình kẹp gấp bom khi sử dụng van phân phối điện tỷ lệ kết hợp van giảm áp không làm xuất hiện xung áp suất trong xy lanh kẹp. Tuy nhiên cần lưu ý, khi tay kẹp chưa tiếp xúc bom cần cấp dòng điện nhỏ để tay kẹp di chuyển chậm để giảm vận tốc tiếp xúc còn khi đã tiếp xúc bom cần cấp dòng điện lớn nhất  $i = 800 \text{ mA}$  để kẹp đúng theo áp suất tính toán. Đối với lớp đệm giảm chấn ở tay kẹp nên lựa chọn độ cứng  $k = 3.10^6 N/m$  để đạt được yêu cầu về dịch chuyển và vận tốc tiếp xúc.



3- Các nghiên cứu lý thuyết đã thực hiện ở Chương này, được sử dụng làm cơ sở để so sánh, đánh giá với các kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở Chương tiếp theo. Ngoài ra, các nghiên cứu này đã được công bố trong các tạp chí khoa học trong và ngoài nước của tác giả, góp phần khẳng định tính đúng đắn của mô hình nghiên cứu đã xây dựng.

## CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

### 4.1. Mục tiêu, các thông số và trang thiết bị thực nghiệm

#### 4.1.1. Mục tiêu, các thông số nghiên cứu thực nghiệm

Mục tiêu của nghiên cứu thực nghiệm là:

- Xác định sự tương thích của tín hiệu áp suất điều khiển bằng tay trang cơ và tay trang điện có sử dụng van giảm áp điện tỷ lệ;
- Thí nghiệm kiểm chứng kết quả nghiên cứu về động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa.

Các thông số đo trực tiếp bao gồm: Góc nghiêng của tay trang; Áp suất điều khiển được đo tại cửa ra của cụm van điện tỷ lệ; Áp suất, lưu lượng kẹp gắp bom được đo ngay sau cụm van phân phối điện tỷ lệ; Áp suất, lưu lượng, dịch chuyển của quá trình hạ đặt bom được đo tại cửa nối với khoang xy lanh của xy lanh nâng hạ cần (từ chiều dài xy lanh 0,82 m). Các thông số được tính gián tiếp: Vận tốc kẹp gắp bom, vận tốc hạ đặt bom.

#### 4.1.2. Trang thiết bị làm thực nghiệm

##### a) Máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa

Máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa MĐB-01 được tích hợp các thiết bị như thiết bị dò tìm bằng sóng radar, thiết bị đào, gắp bom, hệ thống phun tia nước áp lực cao và búa thủy lực dự phòng. Ngoài ra, máy còn được trang bị hệ thống điều khiển từ xa hoàn chỉnh, cùng các camera quan sát có độ phân giải cao.



Hình 4.1. NCS cùng các thầy tại vị trí thực nghiệm



Hình 4.2. Cơ cấu đào đất – kẹp bom

##### b) Các đầu đo trực tiếp

Đo góc nghiêng của các tay trang điều khiển sử dụng 01 cảm biến đa năng DS-IMU1. Đo áp suất điều khiển, áp suất kẹp gắp bom và áp suất nâng hạ xy lanh nâng cần sử dụng 03 đầu đo OCM-511. Đo lưu lượng vào xy lanh nâng hạ cần, lưu lượng vào xy lanh kẹp gắp bom sử dụng 02 đầu đo R4S-7HD-25 hoặc R4S-7HD-50. Đo dịch chuyển xy lanh nâng hạ cần sử dụng 01 đầu đo xa laser H7.

##### c) Thiết bị ghi và xử lý tín hiệu

Bộ chuyển đổi tín hiệu NI-USB 6009, thông qua cổng kết nối USB, tín hiệu từ bộ thu thập dữ liệu NI-6009 được đưa vào máy tính có cài đặt sẵn chương trình DasyLab 11 và NI-DAQmx8.x để xử lý thông số đo ra các giá trị thực cần thiết.

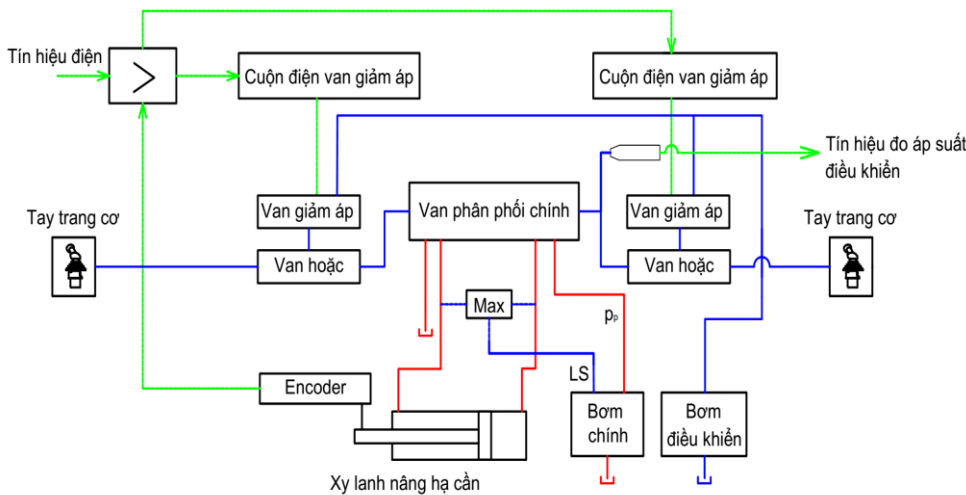
## 4.2. Các bước tổ chức thực nghiệm và xử lý kết quả thực nghiệm

### 4.2.1. Chuẩn bị làm thực nghiệm

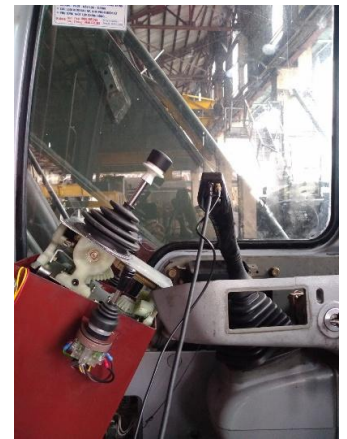
- Chuẩn bị vị trí có không gian đủ rộng để thực hiện các thao tác;
- Chuẩn bị mẫu thử có hình dáng, trọng lượng tương tự một loại bom xác định để thực nghiệm quá trình kẹp gấp bom;
- Chạy thử toàn bộ các hoạt động của máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa ở chế độ không tải nhằm đánh giá sự hoạt động trơn tru của máy;
- Chuẩn bị đầy đủ các công kết nối trên NI-6009 cho các cảm biến với các dạng tín hiệu phù hợp cũng như chế tạo đồ gá, cút nối để lắp đặt các cảm biến.

### 4.2.2. Bố trí các đầu đo và thiết bị đo

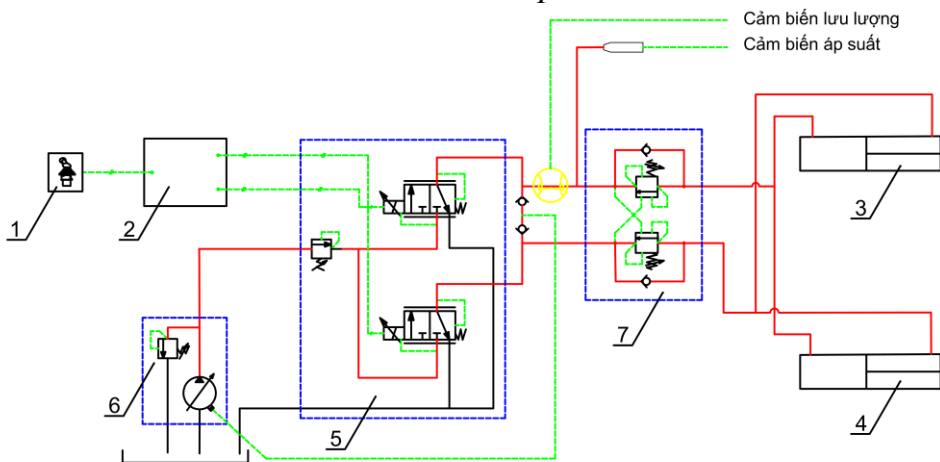
#### a. Sơ đồ bố trí các đầu đo



Hình 4.3. Bố trí đầu đo áp suất điều khiển



Hình 4.4. Lắp đặt cảm biến DS-IMU1 trên các tay trang cơ



Hình 4.5. Bố trí đầu đo các thông số của quá trình kẹp bom



Hình 4.6. Lắp đặt cảm biến áp suất và cảm biến lưu lượng

## 4.3. Tiến hành thực nghiệm

### 4.3.1. Trình tự tiến hành thực nghiệm

- Bước 1: Tập kết toàn bộ các máy móc thiết bị;
- Bước 2: Chạy thử toàn bộ các thao tác của máy tại vị trí tập kết;
- Bước 3: Lắp đặt toàn bộ các đầu đo vào các vị trí đã định trước, kết nối các đường tín hiệu với bộ thu thập dữ liệu và máy tính, vận hành thử nghiệm để kiểm tra;
- Bước 4: Đo góc nghiêng của từng tay trang điều khiển và đo áp suất điều khiển tương ứng cho thao tác nâng hạ cần bằng tay trang cơ và tay trang điện;
- Bước 5: Đo các thông số động lực học trong quá trình kẹp bom;
- Bước 6: Đo các thông số động lực học trong quá trình hạ đặt bom.



### 4.3.2. Phương pháp xử lý kết quả đo thực nghiệm

Các tín hiệu nhiễu do các yếu tố bên ngoài như sự rung động của máy trong quá trình hoạt động, sự rung động của cảm biến và nhiễu do kết nối tín hiệu được xử lý lọc trong chương trình DasyLab. Vận tốc kẹp bom và vận tốc hạ đặt bom được xác định bởi lưu lượng cấp vào các xy lanh kẹp bom và xy lanh nâng hạ theo công thức sau:

$$v = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q}{60 \cdot \pi \cdot k \cdot D^2}, \text{ [m/s]}$$

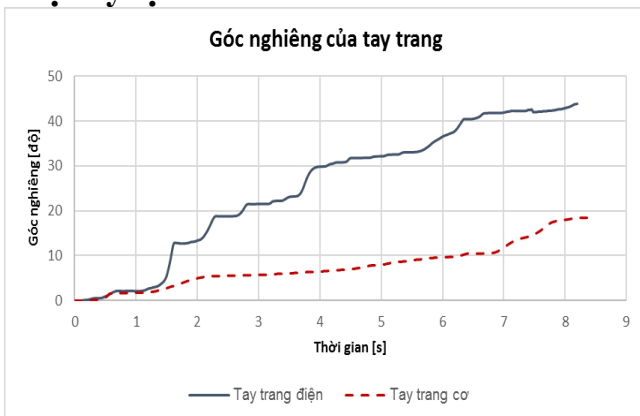
k – số xy lanh được cấp lưu lượng đo.

Số liệu đo đạc sau khi xử lý làm trơn, loại bỏ nhiễu và các số liệu không tin cậy được ghi lưu vào file Excel theo từng nội dung thực nghiệm để so sánh, đánh giá kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Sai số tương đối của các thông số giữa lý thuyết và đo đạc thực nghiệm tương ứng với các quá trình làm việc của máy được xác định như sau:

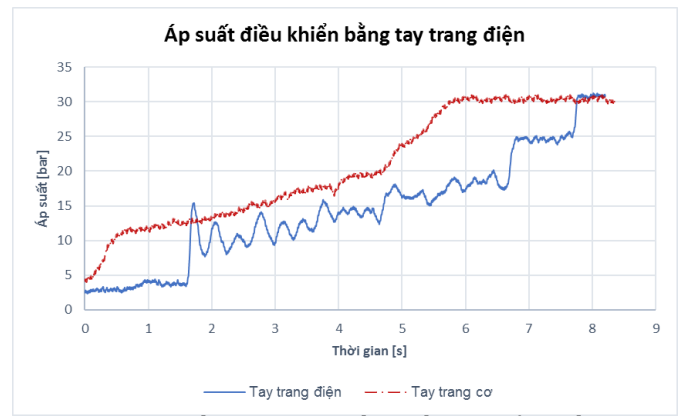
$$\delta = \frac{|x_{lt} - x_m|}{x_{lt}} \cdot 100\%; \quad x_{lt} - \text{Giá trị tính toán lý thuyết}; \quad x_m - \text{Giá trị đo thực nghiệm.}$$

### 4.3.3. So sánh và đánh giá kết quả đo thực nghiệm

a) So sánh và đánh giá sự tương thích của tín hiệu điều khiển sau khi thay thế mạch điều khiển cơ-thủy lực bằng mạch điều khiển điện thủy lực có sử dụng van giảm áp điện tỷ lệ.



Hình 4.7. Đồ thị góc nghiêng của tay trang cơ và tay trang điện



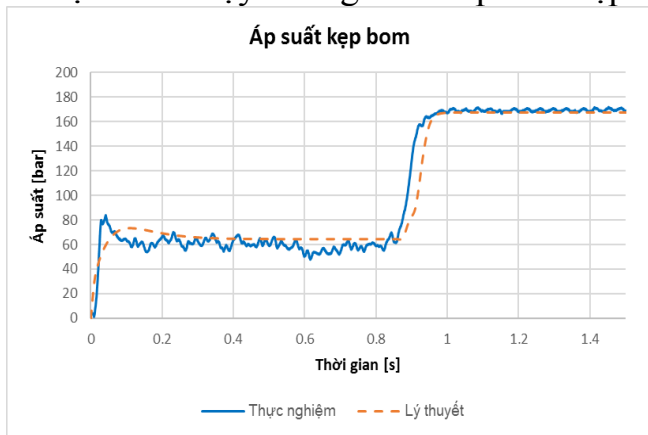
Hình 4.8. Đồ thị áp suất điều khiển bằng tay trang cơ và tay trang điện

**Nhận xét:** Về cơ bản việc thay thế tay trang điện và các van giảm áp điện tỷ lệ hoàn toàn đáp ứng được quá trình điều khiển máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa, tương đương với việc điều khiển bằng tay trang cơ-thủy lực của máy cơ sở. Tuy nhiên, khi vận hành bằng tay trang điện cần có quá trình huấn luyện để làm quen, vì góc mở và độ nhạy điều khiển của hai tay trang khác nhau. Bên cạnh đó, trong thực tế, có thể thiết kế bộ điều khiển phù hợp để giới hạn, hiệu chỉnh lại góc nghiêng và sự biến thiên áp suất điều khiển van phân phối chính của tay trang điện về tương đương tay trang cơ, nhằm tạo cảm giác lái tốt nhất cho người vận hành.

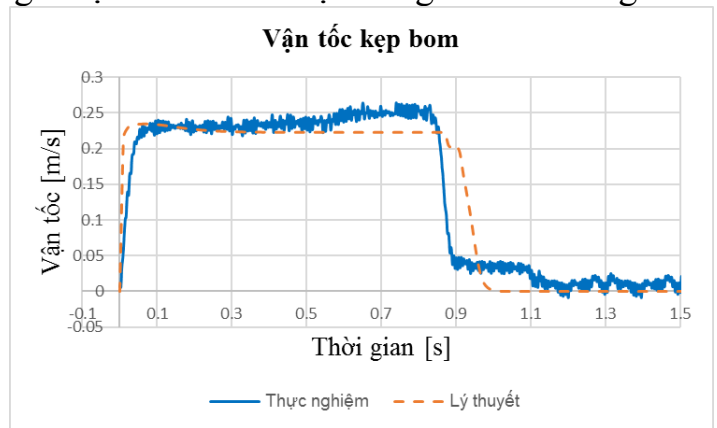
b) Nghiên cứu thực nghiệm quá trình kẹp gấp bom sử dụng van phân phối điện tỷ lệ kết hợp van giảm áp

**Nhận xét (Hình 4.9, 4.10):** Khi so sánh giữa kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm: - Về giá trị, áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom trong khoang xy lanh của xy lanh kẹp, vận tốc dịch chuyển của cán xy lanh kẹp trước và khi tiếp xúc bom không có sự sai khác lớn; - Về quy luật: là tương đồng và theo đúng yêu cầu đặt ra, áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom tăng dần từ không đến giá trị áp suất chạy không tải và khi tiếp xúc bom thì áp suất

kép tiếp tục tăng đến giá trị áp suất kép cần thiết, đồng thời vận tốc kép tăng từ 0 đến giá trị ổn định khi chạy không tải và áp suất kép đạt giá trị cần thiết thì vận tốc giảm về không.

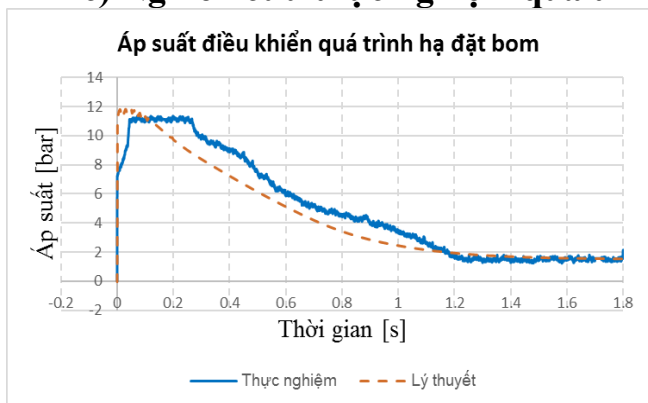


Hình 4.9. Áp suất dầu thủy lực khi kép bom

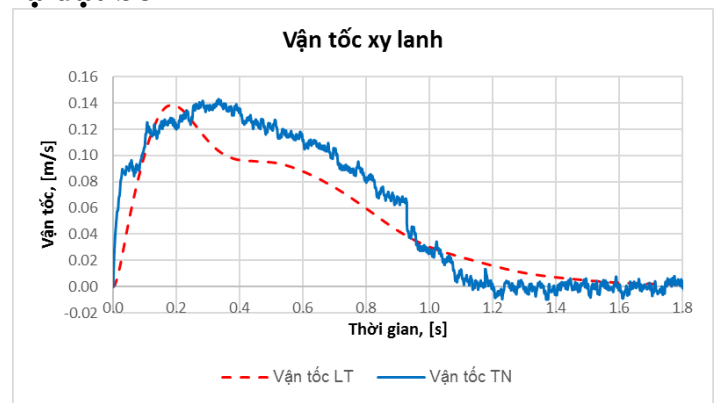


Hình 4.10. Vận tốc kép bom (quy đổi theo vị trí đo)

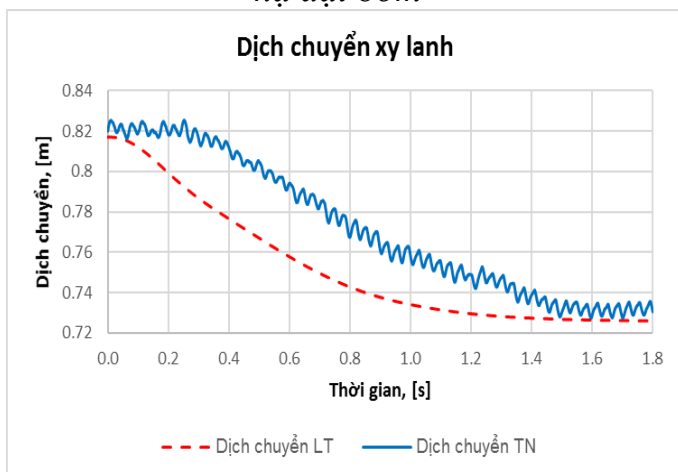
### c) Nghiên cứu thực nghiệm quá trình hạ đặt bom



Hình 4.11. Áp suất điều khiển quá trình hạ đặt bom



Hình 4.12. Vận tốc xy lanh trong quá trình hạ đặt bom



Hình 4.13. Dịch chuyển cần xy lanh nâng hạ cần trong quá trình hạ đặt bom

việc: Đối với quá trình kép gấp bom, sai số của áp suất dầu thủy lực khi kép bom là 2,71%, sai số của vận tốc cần xy lanh kép là 7,69%; Đối với quá trình hạ đặt bom, sai số của áp suất điều khiển là 6,67%, sai số của dịch chuyển, vận tốc là khoảng 3%. Bên cạnh đó, quy luật biến thiên của các thông số đo thực nghiệm là phù hợp với kết quả nghiên cứu lý thuyết.

**Nhận xét:** Sự thay đổi của áp suất điều khiển van phân phối chính, lưu lượng cấp vào xy lanh nâng hạ cần, dịch chuyển, vận tốc của cần xy lanh nâng hạ cần ở nghiên cứu thực nghiệm trong quá trình hạ đặt bom phù hợp với các kết quả nghiên cứu lý thuyết. Các sai số giữa thực nghiệm và lý thuyết ở các quá trình làm việc xuất hiện do một số giả thiết tính toán được đưa vào mô hình tính toán lý thuyết, do các sai số hệ thống (của thiết bị thí nghiệm, cảm biến, thiết bị đo ghi, ...) và các sai số ngẫu nhiên khác. So sánh về giá trị ở từng quá trình làm

## KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

Nội dung chương 4 đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm và đi sâu phân tích các kết quả nghiên cứu. Từ kết quả nghiên cứu có thể rút ra các kết luận sau:

- Việc sử dụng tay trang điện kết hợp van giảm áp điện tử lệ hoàn toàn đáp ứng được quá trình điều khiển máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa ở tất cả các thao tác. Về giá trị áp suất điều khiển lớn nhất sai số dưới 2%, về quy luật biến thiên áp suất điều khiển hoàn toàn tương thích. Tuy nhiên, khi vận hành bằng tay trang điện cần có quá trình huấn luyện để làm quen, do góc mở và độ nhạy điều khiển của hai tay trang khác nhau. Bên cạnh đó, để tạo cảm giác lái tốt nhất cho người vận hành, có thể thiết kế bộ điều khiển phù hợp cho tay trang điện nhằm hiệu chỉnh lại góc mở tay trang và sự biến thiên áp suất điều khiển về tương đương với tay trang cơ hiện có.

- Phương pháp và quy trình tiến hành thực nghiệm đã xây dựng là phù hợp với máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa. So sánh về giá trị ở từng quá trình làm việc, đối với quá trình kẹp gấp bom: Sai số của áp suất dầu thủy lực khi kẹp bom là 2,71%, sai số của vận tốc cán xy lanh kẹp là 7,69%; đối với quá trình hạ đặt bom: Sai số của áp suất điều khiển là 6,67%, sai số của dịch chuyển, vận tốc là khoảng 3%. Bên cạnh đó, quy luật biến thiên của các thông số đo thực nghiệm là phù hợp với kết quả nghiên cứu lý thuyết. Những giá trị sai số này có thể chấp nhận được trong điều kiện nghiên cứu thực nghiệm tại hiện trường có nhiều yếu tố ảnh hưởng cả về khách quan lẫn chủ quan.

- Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cùng với các phân tích, so sánh với các kết quả nghiên cứu lý thuyết đã góp phần khẳng định được tính đúng đắn, độ tin cậy của mô hình động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác đã xây dựng, cũng như của phương pháp tính và công cụ tính toán, mô phỏng đã sử dụng.

## KẾT LUẬN CHUNG

Nội dung luận án đã giải quyết cơ bản được mục tiêu và nội dung đề ra của Luận án. Những kết quả nghiên cứu của Luận án đạt được như sau:

1 - Luận án đã xây dựng hoàn chỉnh hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác cho máy đào gấp bom đạn điều khiển từ xa đảm bảo các yêu cầu đặt ra cho từng quá trình làm việc là đào đất, kẹp gấp và hạ đặt bom.

2 - Luận án đã xây dựng hoàn chỉnh các mô hình động lực học hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác và mô phỏng tính toán cho các công đoạn làm việc chính của máy gồm đào đất, kẹp gấp và hạ đặt bom. Từ mô hình mô phỏng tính toán này, luận án đã khảo sát được đầy đủ các thông số động lực học của các quá trình và đưa ra được các nhận xét và khuyến nghị quan trọng. Cụ thể như sau:

Khi đào đất: Ở ngoài vùng tiếp cận bom nguy hiểm, tiến hành đào đất theo phương pháp thông thường (như máy đào dân sự). Khi vào vùng tiếp cận bom nguy hiểm, cần đào theo từng lớp đất đào với chiều dày phù hợp để tránh sai lệch chiều sâu đào lớn hơn giá trị cho phép: Chiều dày lớp đất đào - đối với đất cấp I cần nhỏ hơn 20 cm, - đối với đất cấp II cần nhỏ hơn 14 cm, - đối với đất cấp III cần phải làm mềm đất trước khi đào (dùng tia nước áp lực cao đã tích hợp trên máy).

Khi kẹp gấp bom: Sử dụng van servo kết hợp cảm biến áp suất đối với bom từ MK-82 đến MK-84 là hoàn toàn phù hợp, tuy nhiên do xuất hiện xung áp suất ở thời điểm đầu nên sẽ ảnh hưởng đến việc kẹp gấp bom có kích thước nhỏ như bom MK-81. Độ cứng của lớp đệm giảm chấn tay kẹp  $k = (2.10^6 \div 3.10^6) N/m$  là phù hợp theo yêu cầu về dịch chuyển, vận tốc tiếp xúc của cơ cấu kẹp với bom.

Việc sử dụng van phân phối tỷ lệ kết hợp van giảm áp khi tiếp xúc bom cần cấp dòng điện lớn nhất  $i = 800 \text{ mA}$  để kẹp đúng theo áp suất yêu cầu. Hệ số giảm chấn của lớp đệm tay kẹp  $k = 3 \cdot 10^6 \text{ N/m}$  là phù hợp theo yêu cầu về dịch chuyển, vận tốc tiếp xúc của cơ cấu kẹp với bom.

Khi hạ đặt bom: Để đảm bảo hạ đặt an toàn, chính xác nên mở toàn bộ tay gầu và hạ đặt bằng cách hạ cần. Tín hiệu điện điều khiển xy lanh nâng hạ cần cần đảm bảo áp suất điều khiển luôn lớn hơn 4 bar và giảm về 0 bar khi dịch chuyển của cán xy lanh đạt giá trị đặt ra, nhằm khắc phục độ trễ của van phân phối chính.

3 - Luận án đã xây dựng quy trình và tiến hành thực nghiệm trên máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa MĐB-01 lần đầu tiên được chế tạo ở Việt Nam với các phương tiện đo ghi hiện đại. Qua nghiên cứu thực nghiệm đã đánh giá được sự tương thích điều khiển giữa tay trang cơ và tay trang điện. Đồng thời đã phân tích, so sánh các kết quả nghiên cứu thực nghiệm với các kết quả nghiên cứu lý thuyết ở các quá trình kẹp gắp và hạ đặt bom với các sai số từ  $2 \div 8,89\%$ , quy luật biên thiên của các thông số là phù hợp.

4. Từ các kết quả nghiên cứu của luận án, có thể kết luận được tính đúng đắn và độ tin cậy của các sơ đồ hệ thống thủy lực dẫn động thiết bị công tác, cũng như các mô hình động lực học đã xây dựng. Đồng thời, các kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng cho các quá trình:

- Thiết kế như: Thiết kế bộ điều khiển tay trang điện; Thiết kế bộ chuyển chế độ vùng làm việc trong quá trình đào đất; Thiết kế lớp đệm giảm chấn cho tay kẹp bom và thiết kế bộ điều khiển quá trình hạ đặt bom;

- Vận hành như: Quá trình đào đất với hai vùng làm việc (ngoài và trong vùng tiếp cận bom) và chiều dày lớp đất đào phù hợp với từng loại đất ở trong vùng tiếp cận bom; Quá trình kẹp bom với việc cấp dòng điện phù hợp cho từng giai đoạn kẹp bom.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của luận án:

- Tiếp tục xây dựng và hoàn thiện hệ thống thủy lực để dẫn động được đồng bộ, đầy đủ các thao tác của máy như nâng hạ bom chống ngập, nâng hạ Ra đa xuyên đất, dẫn động bơm xói đất (hiện nay đang sử dụng dẫn động điện với nguồn công suất hạn chế);

- Nghiên cứu thực nghiệm đối với quá trình điều khiển chính xác chiều sâu đào trên máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa phiên bản tiếp theo, sau khi lắp đặt đầy đủ các sensor và hệ thống điều khiển.

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Nguyễn Duy Đạt, Chu Văn Đạt (2020), “*Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số điều chỉnh đến đặc tính làm việc của bơm thủy lực có điều khiển kiểu ls-pc trên máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa bằng phần mềm Simcenter Amesim*”, Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học các nhà nghiên cứu trẻ Học viện KTQS lần thứ XV – năm 2020, ISBN: 978-604-51-5909-5, tr.282-293.
2. Nguyễn Duy Đạt, Chu Văn Đạt (2020), “*Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số điều chỉnh bơm thủy lực có điều khiển kiểu ls-pc trên máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa đến quá trình điều khiển thiết bị công tác*”, Tạp chí Khoa học và kỹ thuật Học viện KTQS, ISSN 1859-0209, Số 208, tr.27-38.
3. Nguyễn Duy Đạt, Chu Văn Đạt (2020), “*Sử dụng van servo trong quá trình điều khiển chính xác lực kẹp bom của máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa*”, Tạp chí cơ khí Việt Nam, ISSN 2615-9910, Số đặc biệt, tr. 47-54.
4. Dat Nguyen Duy, Dat Chu Van, Sy Le Van (2021), “*Modelling and simulation of the hydraulic system on EODM machine*”, Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development (MMMS2020), Springer Link, ISBN: 978-3-030-69610-8, pp. 483-488 (Scopus journal).
5. Dat Nguyen Duy, Dat Chu Van, Sy Le Van (2021), “*Dynamic analysis and simulation of the hydraulic control system on the remote-controlled explosive ordnance disposal machine*”, International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering (IJMMME), ISSN: 2156-1680, Volume 11, Issue 3, pp. 37-54 (ISI journal).
6. Nguyễn Duy Đạt, Chu Văn Đạt, Lê Văn Sỹ, Lê Văn Dưỡng (2021), “*Sử dụng van tỷ lệ và van giảm áp trong điều khiển chính xác lực kẹp bom của máy đào gắp bom đạn điều khiển từ xa*”, Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải (Hội nghị Khoa học và công nghệ Cơ khí – động lực), ISSN 1859-316X, Số đặc biệt 10/2021, tr. 407-411.